

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE DOUTORADO**

**VIABILIDADE DE INVESTIMENTO E ANÁLISE DE RISCO  
ECONÔMICO EM PROJETOS DE IRRIGAÇÃO PARA PRODUÇÃO  
DE TOMATE NO AGROPOLO IBICOARA-MUCUGÊ, BAHIA**

**MURILLO ANDERSON GONÇALVES BARBOSA**

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA  
MARÇO - 2015**

**VIABILIDADE DE INVESTIMENTO E ANÁLISE DE RISCO  
ECONÔMICO EM PROJETOS DE IRRIGAÇÃO PARA PRODUÇÃO  
DE TOMATE NO AGROPOLO IBICOARA-MUCUGÊ, BAHIA**

**MURILLO ANDERSON GONÇALVES BARBOSA**

Tecnólogo em Irrigação e Drenagem

Instituto Federal do Ceará, 2009

Tese submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Agricultura Irrigada e Sustentabilidade de Sistemas Hidroagrícolas.

**Orientador: Prof. Dr. Vital Pedro da Silva Paz**

**Coorientador: Prof. Dr. Jorge Luis Copquer dos Santos Júnior**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2015

## FICHA CATALOGRÁFICA

B238v	<p>Barbosa, Murillo Anderson Gonçalves.</p> <p>Viabilidade de investimento e análise de risco econômico em projetos de irrigação para produção de tomate no Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia / Murillo Anderson Gonçalves Barbosa._ Cruz das Almas, BA, 2015.</p> <p>114f.; il.</p> <p>Orientador: Vital Pedro da Silva Paz. Coorientador: Jorge Luis Copquer dos Santos Júnior.</p> <p>Doutorado (Tese) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.</p> <p>1.Irrigação – Análise. 2.Tomate – Cultivo. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 631.587</p>
-------	--



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE  
MURILLO ANDERSON GONÇALVES BARBOSA**

---

Membro Presidente: Prof. Dr. Vital Pedro da Silva Paz  
Instituição: UFRB

---

Membro Externo ao Programa: Prof. Dr. Tales Miler Soares  
Instituição: UFRB

---

Membro Externo ao Programa: Prof. Dr. Luiz Gonzaga Mendes  
Instituição: UFRB

---

Membro Externo à Instituição: Prof. Dr. Maurício Antonio Coelho Filho  
Instituição: Embrapa Mandioca e Fruticultura

---

Membro Externo à Instituição: Prof. Dr. Alisson Jadavi Pereira da Silva  
Instituição: IFBAIANO

Homologada em     /     /     .

À minha amada avó Cecília Barbosa,  
por sempre estar ao meu lado, pelos pensamentos,  
vibrações positivas e orações que me ajudam sempre.

**DEDICO**

À minha mãe, Maria Auxiliadora Barbosa,  
pelo apoio, cuidado e carinho.

**OFEREÇO**

Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.

**Madre Teresa de Calcutá.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela concessão da vida, por estar comigo em todas as horas e pela permissão da vitória.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, pela oportunidade concedida para realização do curso.

Ao Núcleo de Engenharia de Água e Solo, NEAS/UFRB.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela liberação do auxílio tese.

Ao Professor Vital Paz, pela orientação, cuidado, paciência, incentivo, atenção e compreensão.

Ao Professor Jorge Copquer pelo “pontapé” inicial, incentivo e amizade.

Ao Coordenador do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Professor Carlos Alfredo, e à secretária Deyse, pelo excelente trabalho prestado a comunidade acadêmica.

À Professora Patrícia Marques por todo apoio prestado e pelos excelentes ensinamentos durante minha permanência na ESALQ/USP. A ela pela sua personalidade amiga, transparente e atenciosa.

A Carlos Andrade, pelas diversas motivações para que eu continue na luta. Você, sem dúvidas, contribuiu muitíssimo na minha trajetória.

À Karoline Gonçalves pela amizade e enorme ajuda com as leituras e sugestões para melhoria do trabalho.

Ao Professor Tales Miler Soares por todos os incentivos, correções do trabalho, críticas construtivas, conversas inteligentes e pela simplicidade.

Aos Professores Maurício Coelho, Warli Anjos, Luiz Mendes pelas primorosas contribuições no trabalho.

Aos Professores Áureo Oliveira, Francisco Adriano, Hans Raj e Carlos Ledo.

Às minhas mães, Auxiliadora Barbosa e Cecília Barbosa, por sempre me apoiarem, motivarem e cuidarem de mim.

Aos meus bisavós Maria Fernandes Barbosa (*in memorian*) e José Barbosa (*in memorian*), com quem convivi e tenho como exemplos de vida.

Às minhas queridas tias, Maria Mirian, Maria Rosiane, Maria Rosemary, Maria Regiane e Eliane.

Aos meus irmãos, Márcia Aline, Mara Danielly, Lana Ribeiro, Djalma Dias e Alano Kaio.

Aos meus tios, Jociandre Barbosa, José Barbosa Neto (*in memorian*), Roberto Dias e Francisco Dias.

Aos meus queridos e amados sobrinhos, Carlos Henrique e Marcos Filho.

Aos meus padrinhos de batismo Marinete e Cimá.

Aos meus tios-avós Geneci Barbosa, Perpétua Barbosa, Carlos Barbosa (*in memorian*), Francisco Barbosa, Maria Eva e Lourdes Barbosa.

A todos os meus primos.

Aos meus queridos avós paternos, José Batista Dias (*in memorian*) e Benedita Dias.

Aos amigos e colegas da Pós-graduação Lucylia Suzart, Kelly Anselmo, Djalma Santos e Carina Pires, que me acompanharam desde a entrada no PPGCA. Agradeço pela amizade, motivação e momentos de lazer.

Aos colegas de UFRB, amigos e conterrâneos: Éder Rodrigues, Gerlange Soares, Mairton Gomes, Paula Viana e Ailton Jr.

Ao amigo João Lima e a amiga e vizinha Tatyana Keyty.

A todos os colegas da Pós-graduação, em especial: Karla Silva, Denize Chagas, Marina, Gustavo Cabral, Alisson Jadavi, Maria Augusta, Hélder, Arthur Pamponet e Bruce Mota.

Aos amigos Romário Andrade, Gustavo Lima e Williby, ao primeiro por ser contemporâneo de Pós-graduação e pela vivência e aos outros pelo coleguismo e momentos de descontrações.

Aos que foram meus Professores no IFCE-Campus Iguatu-CE e na UFERSA – Mossoró-RN.

A Mairi Santiago, Edilson Bastos (Boi) e Lene, pela amizade.

A todos os amigos da Academia Master Point, em especial, Beto Cerqueira, Nailton Cerqueira (Pelé), Alex Santana, Victor Paranhos, Rick, Marcos Buri, Robinson, Bruno Sá, Iago Brandão, Maurício e todos os outros. Obrigado pela companhia no esporte e pelas boas vibrações.

E a todos aqueles que acreditam em mim. A todos vocês sou muitíssimo grato!



## SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
<b>Capítulo 1</b>	
VIABILIDADE E RISCO ECONÔMICO DA IRRIGAÇÃO COM PIVÔ CENTRAL NA TOMATICULTURA DO AGROPOLO IBICOARA-MUCUGÊ, BAHIA .....	27
<b>Capítulo 2</b>	
RISCO ECONÔMICO DA IRRIGAÇÃO NA TOMATICULTURA COM SISTEMAS DO TIPO PIVÔ CENTRAL E ASPERSÃO CONVENCIONAL...	62
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	88
ANEXOS .....	89

# VIABILIDADE DE INVESTIMENTO E ANÁLISE DE RISCO ECONÔMICO EM PROJETOS DE IRRIGAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE TOMATE NO AGROPOLO IBICOARA-MUCUGÊ, BAHIA

Autor: Murillo Anderson Gonçalves Barbosa

Orientador: Vital Pedro da Silva Paz

**RESUMO:** O objetivo estabelecido para o desenvolvimento deste trabalho consistiu em analisar a viabilidade econômica sob condições de risco da irrigação na tomaticultura irrigada do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia, sob condições de risco. Os estudos foram realizados em lotes agrícolas comerciais de cultivo de tomate industrial na Fazenda Bagisa (13°17'S, 41°24'W). As análises foram realizadas com base em duas formas de bombeamento da água de irrigação (motor a diesel e motor elétrico), utilizando-se três modalidades de tarifação de energia elétrica vigentes no Estado da Bahia. Para a consecução do objetivo geral, este trabalho foi estruturado em dois capítulos que tratam da viabilidade da irrigação da área cultivada: o Capítulo 1 analisa o lucro de quatro anos de irrigação com sistema do tipo pivô central, utilizando-se de diferentes formas de bombeamento; e o Capítulo 2 compara o lucro advindo do sistema de aspersão convencional com o do sistema do tipo pivô central. De maneira geral, o bombeamento com motor elétrico, utilizando a tarifa verde, apresentou os melhores resultados. Os maiores custos totais anuais da irrigação estão associados ao uso de motor a diesel. Para o sistema do tipo pivô central, a mão de obra foi o fator econômico que menos influenciou no custo total anual, com 8,20%, seguido pelo custo com manutenção, com 16,63%. Para os dois sistemas e para todas as situações testadas os valores da relação benefício/custo (B/C) apresentaram-se superiores a 1, indicando viabilidade. O sistema de irrigação que apresentou a menor relação B/C, utilizando tarifa verde, foi o de aspersão convencional com valor de 1,62. Para todas as condições, o benefício líquido anual apresentou valores positivos, reforçando a viabilidade dos projetos.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum*, projetos de investimento, benefício líquido anual, irrigação por aspersão.

# INVESTMENT FEASIBILITY AND ANALYSIS OF ECONOMIC RISK IN IRRIGATION PROJECTS FOR TOMATO PRODUCTION IN THE AGRICULTURAL POLE OF IBICOARA-MUCUGÊ, BAHIA

Author: Murillo Anderson Gonçalves Barbosa

Adviser: Vital Pedro da Silva Paz

**ABSTRACT:** The objective was to analyze the economic viability of irrigation, including economic risk in irrigated tomato production in the Ibicoara-Mucugê region, in the state of Bahia, Brazil. The studies were conducted in commercial agricultural areas of tomato (*Lycopersicon esculentum*) production in the Bagisa Farm (13°17 'S, 41°24'W). The analyses were performed based on two forms of pumping irrigation water (diesel engine and electric motor), using three types of electricity pricing in force in the State of Bahia, Brazil. To achieve the overall objective, this study was divided into two chapters that deal with the viability of irrigation in the cultivated area. Chapter I analyzes the profit of four years of irrigation with center pivot system and Chapter II compares the profits of a conventional sprinkler irrigation system and the center pivot system. In general, the pumping with electric motor using the green tariff showed the best results. The highest total annual costs of irrigation are associated with the use of diesel engine. For the center pivot system, labor was the economic factor that least influenced the total annual cost with 8.20%, followed by the maintenance cost, with 16.63%. For both systems and for all the tested situations, the values of the benefit/cost ratio (B/C) were greater than 1, indicating viability. The irrigation system with the lowest benefit/cost ratio, using the green tariff, was the sprinkler, with a value of 1.62. All systems and situations tested had annual net benefit with positive values, strengthening the viability of the projects.

Keywords: *Lycopersicon esculentum*, project investment, annual profit, sprinkler irrigation.

## **1 INTRODUÇÃO**

A ciência tem avançado consideravelmente nos últimos anos, determinando o desenvolvimento de novos métodos de análise de fenômenos, exigindo o emprego de inovação aliado à informática para a análise de dados, criando a necessidade de busca de informações especializadas que alimentem esses processos, processos que promovem o desenvolvimento científico e a produção tecnológica.

Apesar da expansão da tomaticultura, da grande demanda para uso de tecnologia na agricultura do Agropolo Ibicoara-Mucugê (BA) e do crescente acesso à tecnologia por parte dos produtores, poupando tempo e evitando desperdícios, existem poucas informações disponíveis sobre custo e viabilidade econômica da irrigação. No que diz respeito ao uso de métodos para os cálculos de custos, benefícios e sua relação, pouco se conhece em âmbito regional quando relacionados à agricultura.

O Agropolo Ibicoara-Mucugê pertence ao território da Chapada Diamantina e está localizado na mesorregião Oeste, no Centro do Estado da Bahia. As principais culturas produzidas na região são batata e tomate. No que tange à tomaticultura da região, há uma importante representatividade em nível estadual.

De acordo com Duarte (2008), a demanda por indicadores de eficiência da produção agrícola, em situação de unidade produtiva, tem crescido muito, fato que pode ser comprovado pelo interesse dos agricultores em conhecer o custo de determinada tecnologia e seus resultados, assim como o incremento da receita pelo seu uso. Ainda de acordo com o autor supracitado, essa demanda geralmente não tem sido atendida, por falta de levantamento frequente dos sistemas de produção, dos seus custos e dos resultados financeiros proporcionados.

Em se tratando de uma análise privada, a análise de elementos que envolvem os custos, benefícios e riscos na agricultura irrigada é de imensa relevância, uma vez que poderá ser utilizada pelo produtor como indicador para a tomada de decisão e alocação dos recursos.

Conforme explicam o IPEA (2010) e Duarte (2008), estudos como o que ora se apresenta tem importância tanto para análise do produtor, quanto para o órgão governamental e órgão de representação dos produtores, visto que poderá atuar como bases na formulação de políticas creditícias e como instrumento de pressão para alcançar demanda de ações públicas por parte dos produtores. No caso da pesquisa, o conhecimento dos custos de produção serve como elemento de análise para identificar o sistema de produção usado pelos agricultores, gerando subsídios para o desenvolvimento de novas pesquisas (REIS, 1986).

A adequabilidade da avaliação da análise econômica de projetos de irrigação tem como função a análise da sua viabilidade. Gittinger (1978) afirma que a análise econômica tem por objetivo determinar o retorno econômico de um projeto para o grupo social, cujo ponto de vista é adotado: privado ou da sociedade como um todo. Na configuração da viabilidade econômica, verificam-se os custos do projeto e se estes são superados por seus benefícios; também se considera se correspondem à forma de investimento economicamente mais eficiente.

Um projeto é um conjunto de informações internas e/ou externas, coletadas e processadas com objetivo de analisar uma decisão de investimento (FRIZZONE, 2005). A análise econômica tem o propósito de determinar como um projeto contribuirá para as metas econômicas de planejamento do grupo social sob cujo ponto de vista se faz a análise e se justifica economicamente o projeto, verificando se os bens líquidos são positivos (LANNA, 2000). Além disso, permite a hierarquização dos projetos alternativos não excludentes, possibilitando a seleção dos investimentos realizados (JOBIM, 2007).

Há vários estudos sobre análise de viabilidade econômica de cultivos irrigados, dentre eles: Jobim (2009) que testou a viabilidade econômica e o risco da irrigação no feijoeiro; Finger (2012) que trabalhou a gestão do risco no cultivo de arroz irrigado; Zou (2012) que analisou o custo da irrigação em resposta às mudanças climáticas na China; Machado Neto (2014) que abordou a viabilidade agroeconômica da produção de tomate; Marques, Marques e Frizzone (2006) que

realizaram estudo de viabilidade da irrigação da cana-de-açúcar no município de Piracicaba (SP); Souza (2013) que tratou sobre avaliação econômica da irrigação em pomares de açaí. Porém, não foram encontrados estudos para a região objeto de análise deste estudo, o Agropolo Ibicoara-Mucugê (BA).

Para que as informações de viabilidade econômica e análises de risco no empreendimento cheguem ao investidor, é preciso levantar diversas informações, em função das características regionais (disponibilidade hídrica, clima, solo, tipo de cultivo), características técnicas do sistema de irrigação (vazão, potência da moto bomba, eficiência de aplicação de água), além dos fatores financeiros (custo total), como taxa de juros, custo da manutenção do sistema, da água, mão de obra do sistema de irrigação, entre outros.

A disponibilidade de água e terra, com vistas aos sistemas produtivos locais, requerimento de capital, investimento e estruturas necessárias, bem como a projeção dos benefícios e custos, são itens levados em conta na realização de estudos de viabilidade econômica. Com isso, o técnico poderá fazer uma cuidadosa análise de viabilidade do uso da irrigação, de modo a perceber se os benefícios dela advindos superam os custos fixos e variáveis envolvidos no decorrer da vida útil do sistema. Leva-se, ainda, em consideração a possibilidade de aceitar ou rejeitar o projeto, dependendo das informações a que se tem acesso e da capacidade de avaliar as incertezas.

Devido à escassez de informações de viabilidade de projetos em operação na região, o objetivo geral deste estudo consiste em analisar a viabilidade econômica da irrigação na tomaticultura do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia, sob condições de risco, em distintos cenários econômicos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Esta seção aborda os aspectos econômicos do tomateiro, sua representatividade na região, a água, irrigação, caracterização da região, análise e risco econômico, além de questões técnicas que envolvem a tomada de decisões.

### 2.1 ORIGEM E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO TOMATEIRO

O tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) é uma das espécies hortícolas de maior importância no mundo, utilizada tanto para consumo *in natura*, como para a indústria. É originário da América do Sul, entre o Equador e o norte do Chile, portanto, uma planta de clima tropical de altitude, que se adapta a quase todos os tipos de clima, exceto as temperaturas extremas, e está amplamente distribuído pelo mundo inteiro (LOPES; STRIPARI, 1998).

No Brasil, o tomateiro constitui uma das hortaliças de fruto mais importantes comercialmente (AGRIANUAL, 2008), com uma produção anual de 4,1 milhões de toneladas, numa área plantada em torno de 65 mil hectares e rendimento médio, próximo a 64 toneladas por hectare (IBGE, 2014). Esses dados caracterizam o país como o nono produtor mundial de tomate.

Ainda segundo dados do IBGE, a Bahia se destaca no cenário nacional, sendo o quinto Estado que mais produz, com uma média de 303,4 mil toneladas, o que representa uma participação nacional de 7,5% (Tabela 1). Em se tratando da região Nordeste, a Bahia assume o primeiro lugar em produção, tendo produzido, em 2011, cerca de 340 mil toneladas, ou seja, mais de 50% de toda produção nordestina.

**Tabela 1** - Quantidade produzida de tomate por unidade de federação no período de 2008 a 2011.

Ranking	UF e Brasil	Produção média (t)	Participação (%)
1	GO	1.304.154,25	32,10
2	SP	703.007,00	17,30
3	MG	477.482,00	11,75
4	PR	312.548,25	7,69
5	BA	303.475,75	7,47
6	RJ	206.253,00	5,08
7	SC	168.767,25	4,15
8	PE	140.202,75	3,45
9	ES	127.291,50	3,13
10	CE	111.921,00	2,75
-	Outros	208.005,50	5,12
-	Brasil	4.063.108,25	100,00

Fonte: Agriannual (2014).

Um dos principais fatores para a expansão da cultura é o crescimento do consumo. Entre 1983 e 2003, o consumo mundial de tomate *per capita* cresceu 45,5%, passando de 11 kg por pessoa por ano para 16 kg (FAO, 2007). Apesar dos avanços na produtividade em muitos países, o rendimento médio mundial pouco avançou do século passado para o início deste século, passando de 23 t ha<sup>-1</sup> no ano de 1980 para apenas 27 t ha<sup>-1</sup> em 2001. Posteriormente, de acordo com dados do IBGE (2014), o rendimento médio mundial saiu de 27,8 e passou para 33,6 t ha<sup>-1</sup> no período de 2004 a 2011. Parte dos maiores produtores mundiais de tomate ainda apresenta pequeno rendimento, por conta da baixa tecnologia aplicada e do uso de variedades menos produtivas.

O tomate é um produto bastante presente na dieta dos baianos. Mas é também um cultivo caro: cada hectare irrigado custa em média R\$ 15,6 mil, conforme dados da SEAGRI (2014). Assim o sucesso financeiro do plantio pode ser facilmente afetado por má condução da lavoura. Cultivar tomate tanto pode gerar grande prejuízo econômico, como lucro significativo ao produtor.

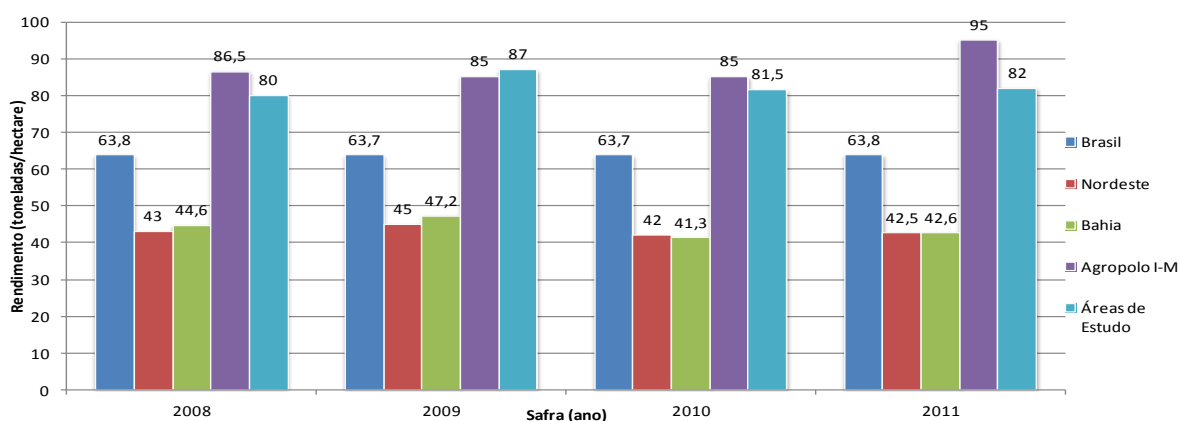
O cultivo do tomateiro é favorável em regiões de dias quentes e noites frias, por isso a fruta encontrou, na parte central do Estado da Bahia, o seu lugar



ideal. Empresários de São Paulo vêm trocando o tradicional Estado produtor pela região da Chapada Diamantina. Os municípios que mais produzem tomate na Bahia são Mucugê e Ibicoara, dois dos 23 municípios pertencentes à região da Chapada Diamantina: são responsáveis por uma produção anual média de 71 mil toneladas (IBGE, 2012), o que representou, em 2011, 1,6% da produção nacional e 21% da produção estadual. O rendimento médio da cultura na região chega a aproximadamente 88 toneladas por hectare de área colhida, no período de 2008 a 2011, média superior à da Califórnia (EUA), a mais importante área de produção de tomate industrial no mundo. A produção nesse período movimentou cerca de R\$ 1,8 bilhão, equivalendo a 16% de todo o PIB gerado pela produção de hortaliças no país, onde 1,2, dos 16%, foi somado pelo Estado da Bahia (AGRIANUAL, 2014). Com base nos mesmos dados, 18% do PIB gerado pela produção de hortaliças no Estado têm origem no Polo Agrícola Ibicoara-Mucugê.

## 2.2 REPRESENTATIVIDADE DA ÁREA DE ESTUDO NO CENÁRIO ESTADUAL

A Figura 1 representa o rendimento médio anual de tomate no Agropolo Ibicoara-Mucugê, denotando seu destaque nos cenários regional, estadual e nacional.



**Figura 1** - Comparativo anual do rendimento médio de tomate no território brasileiro, Nordeste, Bahia, Agropolo Ibicoara-Mucugê e área de estudo.

Fonte: Elaboração com base em IBGE 2014, Fazenda Bagisa e Agrianual 2014.

As Tabelas 2 e 3 mostram a representatividade da área de estudo, como responsável por aproximadamente 1/3 de toda produção de tomate da região do Agropolo Ibicoara-Mucugê.

**Tabela 2** - Comparativo de participação da produção no território brasileiro, no Nordeste, Bahia, Agropolo Ibicoara-Mucugê e área de estudo.

Ano	Participação na produção (%)				
	Brasil em relação ao mundo	Nordeste em relação ao Brasil	Bahia em relação ao Nordeste	Agropolo I-M* em relação à Bahia	AE** em relação ao Agropolo
2008	2,80	14,43	41,51	14,12	30,65
2009	2,50	15,27	45,15	16,64	27,53
2010	2,40	16,14	49,11	18,99	24,39
2011	2,80	13,82	50,83	20,91	8,81
Média	2,64	14,92	46,65	17,67	22,84

\*Ibicoara-Mucugê / \*\* Área de estudo

Fonte: IBGE (2014), Irriger (2013) e Agriannual (2014).

**Tabela 3** - Produção de tomate, em toneladas, no território brasileiro, no Nordeste, Bahia, Agropolo Ibicoara-Mucugê e na área de estudo.

Ano	Produção (t)				
	Brasil	Nordeste	BA	Agropolo I-M*	AE**
2008	3.931.205	567.335	256.158	36.175	11.088
2009	4.204.638	642.241	315.430	52.500	14.452
2010	3.691.316	595.695	302.783	57.500	14.023
2011	4.425.274	611.764	339.532	71.000	6.254
Média	4.063.108	303.476	604.259	54.294	11.454

\*Ibicoara-Mucugê

\*\* Área de estudo

Fonte: IBGE (2013), Irriger (2013) e Agriannual (2014).

### 2.3 IRRIGAÇÃO NO CULTIVO DO TOMATEIRO

Sendo uma planta que exige muita água, é imprescindível a irrigação do tomateiro no Estado da Bahia, onde as precipitações pluviométricas são espacial e temporalmente mal distribuídas. No Agropolo Ibicoara-Mucugê, as precipitações

variam, de acordo com dados do INEMA (2014), de 1000 a 1400 mm, sendo possível o cultivo sem irrigação pela agricultura familiar, mas não viável pelas empresas agrícolas, o que poderia restringir a época de plantio e ocasionar uma redução brusca na produtividade. Conforme informações da EMBRAPA (2011), o *déficit* hídrico prolongado limita o desenvolvimento e a produtividade, principalmente na fase de florescimento e de desenvolvimento dos frutos, períodos mais críticos a serem considerados.

De forma generalizada, a irrigação do tomateiro pode ser realizada pelo método de superfície, localizada ou aspersão. A pré-seleção do sistema para o cultivo envolve: gotejamento, pivô central, sistema linear e aspersão convencional, feita comparando-se as características e potencialidades de cada método com os objetivos do empreendimento e com as condições do local onde será instalado (ANDRADE; BORGES JÚNIOR, 2008). Para o cultivo do tomate com fins industriais a irrigação costuma ser realizada pelo método de aspersão, utilizando o sistema do tipo pivô central.

#### 2.4 A CHAPADA DIAMANTINA, IBICOARA E MUCUGÊ

A Chapada Diamantina está localizada na Mesorregião Oeste no centro do Estado da Bahia, é composta de 23 municípios, com uma superfície territorial de 30.458,89 km<sup>2</sup>, correspondente a quase 6% da área total do Estado (IBGE, 2014), entre as latitudes de 11°36' e 13°56'S, longitudes de 40°40' e 43°56'W e altitudes que variam de 400 a 2.000 m. A população total da Chapada, de acordo com o IBGE (2010) é de 359.678 habitantes, sendo 51,41% de população rural. A área agrícola que envolve o território da Chapada, segundo dados da FAEB (2014) alcançou 331.340 hectares, onde 55,36% está sob o cultivo de pastagem e 44,64% sob o cultivo de lavouras. É ocupada em cerca de 10% do seu território pelo Parque Nacional da Chapada Diamantina (CEI, 1994). O bioma predominante é a Caatinga (JUNCA et al., 2005). O clima da região é do tipo Aw (KOTTEK et al., 2006), com um a três meses secos, precipitação em torno de 1.200 mm, temperatura mínima de 13°C e máxima de 30°C, caracterizando-se por dois períodos de chuva: um de verão e outro de inverno, segundo classificação de Köppen (SEI, 1998). Os solos Latossolos Vermelho-Amarelos e Amarelos são

predominantes, sendo os de maior potencial para agricultura os Vermelho escuros e Cambissolos (PASSOS et al., 2009).

Os municípios que compõem a área, de acordo com o IBGE (2014), são: Abaíra, Andaraí, Barra da Estiva, Boninal, Bonito, Ibicoara, Ibitiara, Iraquara, Itaeté, Jussiape, Lençóis, Marcionílio Souza, Morro do Chapéu, Mucugê, Nova Redenção, Novo Horizonte, Palmeiras, Piatã, Rio de Contas, Seabra, Souto Soares, Tapiramutá, Utinga, Wagner.

Os municípios de Ibicoara e Mucugê representam uma fatia de aproximadamente 10,1% do território da Chapada Diamantina, somam uma área de 3304,88 km<sup>2</sup>, população de 27827 habitantes, sendo 46% pertencentes ao meio rural (IBGE, 2013).

No aspecto econômico, de acordo com o IBGE (2014), o PIB de Ibicoara e Mucugê somou em 2011 um valor próximo a R\$ 594 milhões, deste total 67% foi adicionado pelo setor agropecuário e os outros 37% da indústria e serviços.

## 2.5 IRRIGAÇÃO NO AGROPOLO IBICOARA-MUCUGÊ, BAHIA

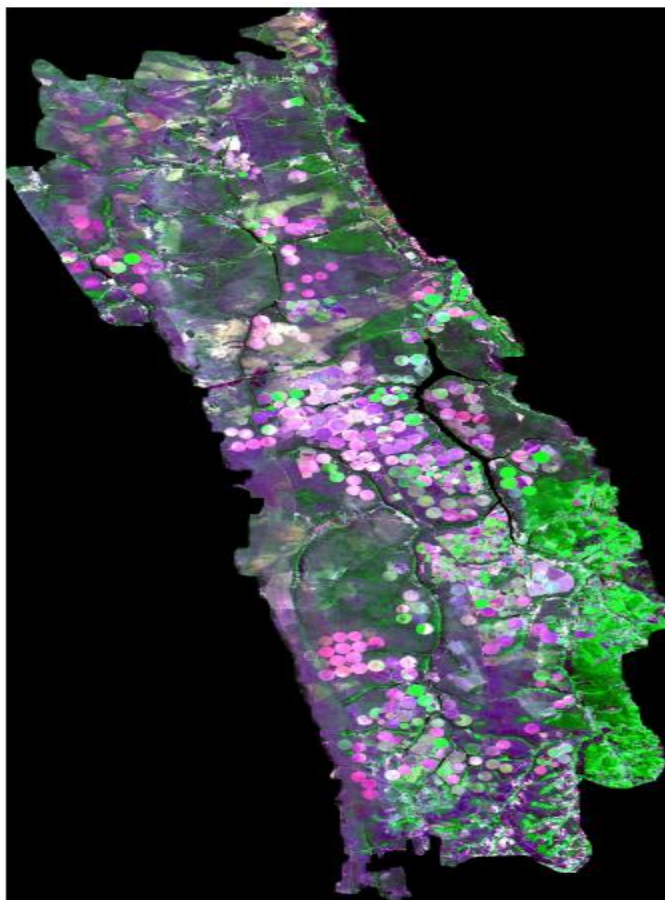
O agronegócio avançou em Mucugê e Ibicoara devido a uma combinação de condições propícias, tais como relevo plano, terras abundantes, clima ameno, com temperatura média anual de 18°C, solos profundos, disponibilidade de água e mão de obra barata e numerosa (BORGES, 2008).

Além das características físicas, os fatores políticos e econômicos também exerceram papel relevante. A construção da barragem do Apertado, por exemplo, com a finalidade principal de irrigação culminou para que a região assumisse o caráter eminentemente agrícola. Construída em 1990, no alto do Rio Paraguaçu, dentro dos limites municipais de Mucugê, a Barragem do Apertado possibilitou o aumento da oferta de água para os irrigantes nas terras planas das proximidades do distrito de Cascavel, Ibicoara - Bahia (MIRANDA, 2012). A Barragem é operada pela Secretaria de Recursos Hídricos do Estado tem uma capacidade de aproximadamente 109 milhões de metros cúbicos e potencial para irrigação de 2500 hectares.

Segundo moradores locais, antes da instalação da barragem, os pequenos produtores dos povoados próximos à barragem utilizavam as partes úmidas do Rio Paraguaçu, hoje inundadas pelas águas da barragem, para o

plantio de produtos agrícolas, tais como feijão e arroz. Além de terem perdido as áreas de plantio, os produtores familiares venderam as terras das partes planas aos grandes produtores que cultivam no Pólo Agrícola Mucugê-Ibicoara (MIRANDA, 2012).

O cultivo comercial da região está quase na sua totalidade sob condições de irrigação. O principal método de irrigação empregado na região é o de aspersão, sendo o principal sistema o de pivô central. A Figura 2 aponta o uso da irrigação do tipo pivô central no Agropolo.



**Figura 2** - Imagem de satélite da área irrigada por pivô central no Agropolo Ibicoara-Mucugê em 04/08/2008.

Fonte: Borges (2009).

## 2.6 ÁGUA E AGRICULTURA IRRIGADA

No ano de 1996, aproximadamente 230 milhões de pessoas no mundo já sofriam com escassez de água e estimava-se que, por volta de 2025, 1/4 da população mundial vivenciaria severas restrições, com disponibilidade hídrica *per*

*capita* bem abaixo do mínimo sugerido por organismos internacionais de saúde (SECKLER, 1996). A escassez de água já é uma realidade para mais de 760 milhões de pessoas (FAO, 2013). Dados da ONU de 2006 revelam que até 2050 mais de 45% da população mundial não terá acesso à água potável (PEREIRA, 2013).

Visto que a água é um bem mundial e que a boa qualidade da mesma vem se tornando cada vez mais escassa, pode-se afirmar, com base na lei da oferta e da demanda, que a tendência é que os valores econômicos e financeiros desse líquido sejam, a cada dia, aumentados. O maior problema enfrentado, nesse contexto, é o crescente aumento da demanda hídrica atrelada ao crescimento demográfico. Cosgrove e Rijsberman (2000) afirmam que há muitos indícios de que os recursos hídricos estão se esgotando ou, pelo menos, estão se tornando muito menos abundante em muitos lugares à medida que as populações crescem.

O crescimento da população mundial foi alarmante no último século. Atualmente, há cerca de 7,1 bilhões pessoas (IPC, 2013), ou seja, cinco vezes mais do que a um século (COTTON; PIELKE, 1995); e as estimativas de crescimento indicam uma população de aproximadamente 9,2 bilhões de pessoas na Terra, em 2050 (US CENSUS, 2013), ou seja, um acréscimo de aproximadamente 2,1 bilhões de habitantes, sendo a taxa de crescimento de 0,7% ao ano.

Conforme dados do censo demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), a população total do Brasil é de 190.732.694 habitantes. Esse elevado contingente populacional coloca o país entre os mais populosos do mundo. O Brasil ocupa, na atualidade, o quinto lugar dentre os mais populosos, sendo superado somente pela China (1,3 bilhão), Índia (1,2 bilhão), Estados Unidos (316 milhões) e Indonésia (251 milhões).

O Estado da Bahia, entre 2000 e 2010, teve a sua população total aumentada de 13.070.250 habitantes para 14.016.906 habitantes (IBGE, 2010), o que significa um acréscimo de 946.656 habitantes em 10 anos, indicando, uma taxa média geométrica de crescimento de 0,70% ao ano.

Além do crescimento populacional, outros fatores influenciam as demandas por recursos hídricos. Como exemplo, pode-se citar que, devido às mudanças climáticas, o padrão de chuvas ficará mais alterado, gerando

incertezas e riscos para os agricultores. Para a agricultura dependente de chuvas, a situação é preocupante, pois as secas e inundações se tornarão mais frequentes e amplas e o aumento das temperaturas acelerará a evaporação da água (FAO, 2013).

As alterações climáticas, os limites de abastecimento de água e o contínuo crescimento da população intensificaram a busca de medidas para economizar água na agricultura irrigada, o maior usuário de água do mundo (WARD; VELAZQUEZ, 2008).

Segundo dados da FAO (2013), a parte da água disponível para agricultura irrigada cairá em 40% até 2050. Há água suficiente em nível mundial, mas distribuída de forma desigual. Como exemplo, pode-se citar que, no Brasil, com disposição de 12% da água doce do mundo, há áreas com acentuada escassez e conflitos (MARENGO; SILVA, 2006). A visão de abundância de água é enganosa, haja vista a concentração de 74% da oferta hídrica situar-se na Amazônia, onde habita somente 5% da população do país (ANA, 2007).

A distribuição irregular das chuvas, durante o ciclo de desenvolvimento da planta, pode explicar a variabilidade do seu rendimento ao longo dos anos (BERGAMASCHI et al., 2007). No entanto, há um crescente investimento dos produtores em sistemas de irrigação como tentativa de manter a produtividade dos cultivos em períodos de escassez hídrica (MARTIN et al., 2012). A agricultura irrigada é conhecida como a maior usuária de água doce no mundo, como dito anteriormente, sendo responsável pelo consumo de aproximadamente 69%. O consumo da água por outros setores, como as indústrias e para uso doméstico, perfaz 31% (PIRES, 2008). Para que haja agricultura irrigada são necessários altos investimentos que representam custos, os quais devem ser pagos pela produtividade das culturas, proporcionada pelo suprimento de água às plantas.

Os investidores em agricultura irrigada, na maioria das vezes, têm que optar pelo destino do uso da água como: reduzir a área irrigada, suprimindo totalmente a necessidade hídrica da cultura, ou aumentar a área irrigada e suprir parcialmente a necessidade hídrica de forma a obter retorno econômico que pague o investimento. Determinar a melhor opção não é uma tarefa fácil, uma vez que poderia exigir a análise econômica complexa para maximizar os retornos financeiros (MARTIN, 2012).

## 2.7 ÁGUA: BEM ECONÔMICO MUNDIAL

Um bom gerenciamento dos recursos hídricos depende exclusivamente da ação dos agentes que lidam com tais recursos. A utilização da água com maior eficiência, controlando melhor as quantidades aplicadas, é ressaltada de forma clara na Lei 9.433/97 - criada em 8 de janeiro de 1997 – a qual institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal, e altera o artigo 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei número 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

A ideia de que a água deve ser tratada como um “bem econômico” originou-se na Conferência de Dublin (ICWE, 1992). Mas qual o valor econômico da água? Perry (1997) explica que existe, no entanto, uma diferença entre o valor econômico e o valor financeiro de um bem. O autor afirma que valor econômico é representado não pelo valor monetário e sim pelo valor estimado de um determinado bem, ou seja, o grau de importância desse bem para a sociedade. Valor financeiro indica quantas unidades monetárias (quantos Reais, Dólares ou Euros) seriam cobradas para se ter a propriedade desse bem.

De acordo com Paz (2000), o conceito econômico da água de irrigação segue os princípios da teoria da produção, em que a aplicação às culturas ocorre segundo os critérios de comportamento empresarial, buscando-se a maximização dos rendimentos ou benefícios; deste modo, a água é um fator de produção agrária ao qual está associado diversos custos. Quando considerada um bem independente da terra, pode ser objeto de valorização diferente, cujo valor primário é definido pelo custo de obtenção.

## 2.8 QUALIDADE DA IRRIGAÇÃO

A demanda hídrica para irrigação supera a soma de todas as demandas dos demais setores usuários da água, no contexto de uma bacia hidrográfica. Em termos globais, aproximadamente 69% dos recursos hídricos disponíveis são utilizados para irrigação, em detrimento dos demais setores. Na medida em que estes se desenvolvem, a disponibilidade de água para irrigação tende a diminuir no futuro. Por outro lado, a importância da agricultura irrigada é inegável, tendo



em vista que 36% da produção mundial de alimentos e fibras originam-se de apenas 15% de área irrigada em relação ao total agricultável.

Sob esta perspectiva, se a água é importante para a agricultura de regiões úmidas e subúmidas, totalmente dependente da chuva, é criticamente importante para a agricultura de regiões semiáridas, e explicitamente importante para a agricultura irrigada (HOWELL, 2001).

Estima-se que em média 45% da água derivada da natureza para fins de irrigação não é efetivamente aproveitada pelas culturas, no atendimento de suas necessidades hídricas. Porém, nem toda a água perdida é efetivamente desperdiçada, levando à definição de usos benéficos e não benéficos da água no contexto da agricultura irrigada bem como das definições de uso consuntivo e não consuntivo da água (BURT et al., 1997).

A irrigação é uma alternativa que visa o aumento da produtividade das culturas, porém, apenas com um planejamento racional da agricultura irrigada, baseado em um projeto bem elaborado, é que os benefícios advindos da irrigação poderão ser obtidos (CASTRO et al., 2002). Devido às características estruturais dos projetos de irrigação e com o aumento gradativo das áreas cultivadas, é necessária a programação visando melhor alocação dos recursos, buscando-se uma produção eficiente e rentável (RODRIGUEZ, 1990; FRIZZONE et al., 1997; GENTIL, 2000).

De acordo com Frizzone et al. (1994), a irrigação justifica-se como recurso tecnológico indispensável ao aumento da produtividade das culturas em regiões onde a insuficiência ou má distribuição das chuvas inviabiliza a exploração agrícola. Conforme Bastos et al. (2000), a viabilidade econômica é um fator indispensável para sua adoção entre os agricultores. Precisa-se adotar medidas que viabilizem técnica e economicamente o projeto. Para tanto se faz necessário uma análise detalhada e cuidadosa dos fatores climáticos, agronômicos e econômicos envolvidos. Analisar um projeto implica em identificar as possibilidades econômicas, decorridas do investimento, de modo que se permita tomar decisões das alternativas mais viáveis.

Todo e qualquer sistema de irrigação tem por objetivo final a reposição da quantidade de água requerida, procurando manter elevados os níveis de eficiência de aplicação e uniformidade, sem comprometer a qualidade dos recursos naturais, e ao menor custo possível.

A qualidade da irrigação pode ser avaliada através de índices de produtividade da água que relacionam o rendimento das culturas e o valor econômico da produção por unidade de lâmina d'água aplicada e/ou consumida (MOLDEN, 1997; HOWELL, 2001; LORITE et al., 2004).

A avaliação contínua e sistemática da qualidade da irrigação, no espaço e no tempo, no âmbito tanto da parcela irrigada quanto dos distritos com múltiplos usuários, bem como da bacia hidrográfica, é uma etapa importante no confronto entre as perdas de água na agricultura irrigada e a crescente demanda e competição pelo seu uso por outros setores.

As oportunidades de aperfeiçoamento requerem investimentos geralmente em montante maior do que o disponível no orçamento. Isso caracteriza um dilema no momento de decidir, quando, quanto, como e onde investir, já que o que se visa é a otimização da alocação eficiente dos recursos (MOREIRA, 1981; ALBERTON, 1996).

## 2.9 ANÁLISE ECONÔMICA NA AGRICULTURA IRRIGADA

A análise econômica de um projeto sob o ponto de vista privado compara os benefícios e os custos, em termos monetários, numa base de tempo comum. Segundo Frizzone (2005), os custos de produção podem ser classificados como fixos e variáveis. Os custos fixos não variam com a quantidade produzida e, nos projetos de irrigação, incluem impostos e taxas, contribuições, depreciações e juros sobre o capital investido, entre outros, e correspondem aos custos de investimento ou de capital. Os custos variáveis se alteram de acordo com o nível de produção da empresa e, no projeto de irrigação, correspondem aos dispêndios com a operação do sistema de irrigação, com manutenção e reparos do equipamento, com a infra-estrutura utilizada na operação, com a mão de obra e com a água (JOBIM; MATTUELLA; LOUZADA, 2009). Estes custos operacionais são funções do volume de água requerido, que depende da necessidade hídrica da cultura, da condição climática e da eficiência da irrigação. Na análise econômica, os benefícios representam o valor bruto da produção que, em projetos de irrigação, correspondem ao acréscimo de produção, devido à irrigação, multiplicado pelo preço pago ao produtor (JOBIM, 2007).

Para que o sistema de irrigação seja economicamente viável é necessário que os benefícios econômicos líquidos gerados pelo seu uso sejam positivos e superiores aos provenientes da produção não irrigada, ou seja, que o benefício monetário gerado pela elevação da produtividade seja maior que a elevação no custo de produção ocasionada pela implantação e operacionalização do sistema de irrigação (ARÊDES et al., 2009).

## 2.10 RISCO ECONÔMICO NA AGRICULTURA IRRIGADA

A agricultura irrigada exige alto investimento, o que representa importantes custos adicionais, os quais devem ser pagos pelo incremento de produtividade proporcionado pelo fornecimento de água às plantas, definindo-se criteriosamente todos os fatores de custo e receita; esta última normalmente é variável de acordo com o mercado. Deve a irrigação ser considerada como uma atividade economicamente justificável. Frizzone e Andrade (2005) explicam que a água é um dos principais insumos da agricultura e muitas vezes, por ser escassa, pode apresentar-se como um fator limitante nos sistemas agrícolas.

Garcia e Ruas (1981) afirmam que existe evidência de aversão ao risco por parte dos agricultores e é pouco provável que se conheça perfeitamente o resultado final de uma atividade que é, na maioria dos casos, fortemente afetada por condições aleatórias de clima. A partir dessa consideração, tem-se tentado introduzir considerações com respeito ao risco nas análises de tomada de decisão na agricultura.

No setor agrícola, o conhecimento exato dos coeficientes dos rendimentos das várias atividades constitui um problema, pois a produção e até a utilização dos fatores são fortemente dependentes da chuva, da temperatura e de vários outros fatores não controláveis (DIAS, 1996; PEREIRA et al., 2002).

A condução de análises que consideram o risco na agricultura é dificultada pela raridade de dados com dimensão suficiente para caracterizar uma distribuição de probabilidade (GARCIA; RUAS, 1981). A situação da informação incompleta do produtor, relativamente aos meios a empregar e aos resultados a obter, faz com que o processo decisório, na agricultura, seja sempre limitado pela insegurança. Em razão disso, os economistas têm se preocupado em desenvolver modelos que incorporem situações de incerteza (MOREIRA, 1981).

Os riscos da adoção de uma agricultura irrigada devem ser criteriosamente estudados e analisados, objetivando-se sempre que os incrementos nas receitas sejam superiores aos custos.

## 2.11 MODELOS PARA TOMADAS DE DECISÕES

Os modelos de simulação são ferramentas de grande importância no estudo do processo de tomada de decisão, uma vez que possibilitam considerar um grande número de fatores, o que seria impossível em experimentos convencionais em razão dos altos custos e do longo tempo demandado para obtenção de resultados de pesquisa. Porém, a condução de análises na agricultura é dificultada pela raridade de dados, com dimensões suficientes para caracterizar uma distribuição de probabilidade (JUST; POPE, 2003).

Um modelo pode ser considerado como uma representação simplificada da realidade, auxiliando no entendimento dos processos que envolvem esta realidade (LIMA, 2010). Os modelos estão sendo cada vez mais utilizados em estudos econômicos, pois ajudam a entender os cenários e prever alterações futuras. Modelos de simulação, para avaliar cenários alternativos, têm sido usados na hidrologia (MOORMAN, 1999; KITE et al., 2001), uso do solo (STOORVOGEL, 1995; VELDKAMP; FRESCO, 1996), agronomia (FERERES et al., 1993; THORNTON et al., 1995) e sustentabilidade (BARTOLINI et al., 2007). Heinemann et al. (2002) estudaram as variações na demanda de irrigação, escoamento superficial e lixiviação de nitrato usando um sistema de apoio à decisão para um período de 20 anos.

Lorite et al. (2004) desenvolveram um modelo para avaliar o desempenho de irrigação de um grande número de agricultores em uma área sujeita à irrigação com déficit. Alguns trabalhos em otimização da alocação de água têm-se centrado no desenvolvimento de técnicas diferentes para obter uma solução ótima para o problema de selecionar a gestão da água mais adequada para condições específicas. A ênfase tem sido dada para resolver o problema de otimização, seja ele programação linear (CARVALLO et al., 1998), programação dinâmica (KIPKORIR et al., 2001) ou algoritmos genéticos (ORTEGA et al., 2004). Muito menos ênfase foi colocada em combinação com abordagens de otimização com análise de cenários alternativos.

Maya (2003) estudou a viabilidade da pastagem irrigada por meio de simulações determinísticas e estocásticas. Marques (2005) desenvolveu uma ferramenta na forma de modelo computacional para determinação do risco econômico em culturas irrigadas. O modelo permite simular os fatores que promovem risco na aquisição de um sistema de irrigação e observar suas consequências econômicas sob horizontes de risco. A utilização de tais modelos permite, portanto, uma economia de tempo, recursos financeiros e humanos (FREITAS et al., 2001; IGLESIAS et al., 2003).

## 2.12 SIMULAÇÃO DE DADOS E MÉTODO DE MONTE CARLO

Pereira et al. (1995) afirmam que simular significa imitar, reproduzir resultados, aparentar semelhanças, fazer analogias, prática esta que é comum a várias áreas do conhecimento. Na agricultura, a simulação tem sido uma importante ferramenta para a previsão de resultados do manejo de sistemas sob determinadas condições ambientais (JOBIM, 2007).

De acordo com Bruni (1998), ao imaginar que cada fluxo de caixa (entradas e saídas de dinheiro) pode ser resultante de um conjunto de fatores de risco (como preços praticados, quantidades vendidas, custos e despesas), o tratamento matemático convencional seria muito complexo e, portanto, quase impossível na maioria das vezes, já que boa parte dos tomadores de decisão ou analistas de projetos não teriam condições de realizá-lo. Dessa maneira, o Método de Monte Carlo (MMC) no cálculo da variabilidade do benefício líquido anual (BLA) de um projeto serve como alternativa prática na resolução desse problema.

O MMC envolve utilização de números aleatórios nas simulações, associados a planilhas eletrônicas, através de linguagem de programação, o que pode facilitar os cálculos do risco, permitindo a geração automática dos resultados. Hertz (1964) descreveu as etapas desse método: inicialmente é necessário identificar a distribuição de probabilidade das variáveis mais relevantes do fluxo de caixa do projeto, ou seja, as variáveis de entrada; em seguida, aleatoriamente, seleciona-se um valor de cada variável de entrada, dentro de sua distribuição de probabilidade; para cada valor selecionado, calcula-se o valor de uma ou mais variáveis de saída do fluxo de caixa, como o benefício

líquido anual; por fim, promovem-se repetições do processo até que se encontre a distribuição de probabilidade adequada para as variáveis de saída, para que se obtenham informações para a tomada de decisão.

## 2.13 MODELO COMPUTACIONAL PARA DETERMINAÇÃO DO RISCO ECONÔMICO EM CULTURAS IRRIGADAS

Desenvolvido por Marques (2005), o Modelo Computacional para Determinação do Risco Econômico em Culturas Irrigadas (MCDRECI) é uma ferramenta para o ambiente Windows em linguagem Delphi 7.0, que permite simular situações de implantação e manejo da irrigação e suas consequências econômicas sob o horizonte de risco. Esse modelo considera, na forma de um projeto, as características agrônômicas pertinentes ao solo, a cultura e ao clima, para estudar, de maneira regional, o armazenamento de água no solo, a evapotranspiração, o desenvolvimento da cultura durante as fases fenológicas e o preço de venda do produto. Para atingir o objetivo o modelo realiza simulações dos parâmetros de preço de venda do produto, taxa de manutenção do sistema de irrigação, horas de trabalho necessárias por hectare e por irrigação realizada, preço da água, vida útil do sistema de irrigação e taxa de juros; as quais são classificadas em classes, sendo: cinco classes para a vida útil, taxa de manutenção, horas de trabalho necessárias por hectare e por irrigação realizada, preço da água e juros, e 10 classes para o preço de venda do produto. Com esses parâmetros o MCDRECI gera 31.250 valores de benefícios líquidos anuais combinados das classes com suas respectivas probabilidades de ocorrência, permitindo assim um estudo probabilístico dos possíveis resultados da decisão de aquisição do sistema de irrigação.

## REFERÊNCIAS

AGRIANUAL 2008. FNP. Consultoria e comércio. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo, 502 p, 2008.

AGRIANUAL 2014. FNP. Consultoria e comércio. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo, 502 p, 2014.

ALBERTON, A. **Uma metodologia para auxiliar no gerenciamento de riscos e na seleção de alternativas de investimentos em segurança**. Florianópolis, 1996. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta96/anete/indexane.htm>>. Acesso em: 12 jun. 2013.

ANDRADE, C. L. T.; BORGES JÚNIOR, J. C. F. Seleção do Método de irrigação. In: ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. (Ed.). **Uso e manejo de irrigação**. Brasília: Embrapa, Cap. 7. p. 317-400, 2008.

ANA. 2007. **GEO Brasil**: recursos hídricos: resumo executivo. Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional das Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente: Brasília, 60 p, 2007.

ARÊDES, A. F. et al. Análise econômica da irrigação na cultura do maracujá. **Revista de Economia da UEG**, Anápolis, v. 5, n. 1, p. 66-86, jan./jun., 2009.

BARTOLINI, F. et al. The impact of water and agriculture policy scenarios on irrigated farming systems in Italy: an analysis based on farm level multi-attribute linear programming models. **Agric. Syst.** v. 1, n. 93, p. 90-114, 2007.

BASTOS, E. A. et al. Manejo econômico da irrigação em feijão caupi via modelo de simulação. **IRRIGA**, v. 5, n. 2, p. 84-98, 2000.

BERGAMASCHI, H. et al. Maize yield and rainfall on different spatial and temporal scales in Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 603-613, 2007.

BORGES, E. F. **Aplicação das Geotecnologias para a definição do Zoneamento Geoambiental do Município de Mucugê – Ba**. 2008.147f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Modelagem de Ciências da Terra e do Ambiente. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.

BORGES, E. F.; ANJOS, C. S.; SANTOS, P. S. Estudos de Detecção de Mudança da Paisagem no Pediplano Cimeiro - Chapada Diamantina (BA). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: Inpe, p. 5657-5662, 2009.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R.; SIQUEIRA, J. O. Análise do risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do método de Monte Carlo. **Caderno de Pesquisa em Administração**, São Paulo, v. 1, n. 6, p. 62-75, 1998.

BURT, C. M. et al. Irrigation performance measures: efficiency and uniformity. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 123, n. 6, p. 432-442, Nov./Dec., 1997.

CARVALLO, H. O. Irrigated cropping optimization. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, n. 124 v. 2, p. 67-72, 1998.

CASTRO, M. C.; FARAI, M. A.; SILVA, A. M. Sistema computacional para a determinação da lâmina ótima econômica em irrigação pressurizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 372-378, 2002.

CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÕES (CEI). **Informações básicas dos municípios baianos**: Região Chapada da Diamantina. Salvador, v. 13, 1994.

COSGROVE, W. J.; RIJSBERMAN, F. R. **World Water Vision: Making Water Everybody**. London: Earthscan Publications Ltd, 2000. Disponível em: <<http://www.worldwatercouncil.org/media/library/world-water-vision/vision-report/>>. Acesso em: 10 jun. 2013.

COTTON, W.R., PIELKE, R.A. **Human impacts on weather and climate**. Cambridge: Cambridge University Press, 288 p, 1995.

DIAS, C.T.S. **Planejamento de uma fazenda em condições de risco**: programação linear e simulação multidimensional. Piracicaba, 1996. 100p. Tese (Doutorado) – Curso de Doutorado em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, 1996.

DUARTE, J. O. Seleção do Método de irrigação. In: ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. (Ed.). **Uso e manejo de irrigação**. Brasília: Embrapa, Cap. 12, p. 507-527, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Árvore do conhecimento**: tomate. 2011. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tomate/arvore/CONT000fa2qor2r02wx5eo01xezlsj4uen4.html>>. Acesso em: 01 maio 2014.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Production Yearbook 57**. 2007.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Statistical Yearbook 2013**. Disponível em: <http://www.fao.org/economic/ess/ess-publications>>. Acesso em: 20 jun. 2013.

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DA BAHIA (FAEB). **Informe FAEB/SENAR**. 2014. Disponível em:



<[http://www.faeb.org.br/fileadmin/Arquivos\\_internos/Informativo\\_Sistema\\_FAEB\\_SENAR/2014/AGOSTO 2014.pdf](http://www.faeb.org.br/fileadmin/Arquivos_internos/Informativo_Sistema_FAEB_SENAR/2014/AGOSTO 2014.pdf)>. Acesso em: 01 set. 2014.

FERERES, E.; ORGAZ, F.; VILLALOBOS, F. J. Water use efficiency in sustainable agricultural systems. In: BUXTON, D.R., SHIBLES, R., FORSBERG, R.A., BLAD, B.L., ASAY, K.H., PAULSEN, G.M., WILSON, R.F. (Eds.), **International Crop Science I**: Crop Science Society of America Inc., Madison, p. 83–89, 1993.

FINGER, M I F. **Percepção e medidas de gestão de riscos por produtores de arroz irrigado na fronteira-oeste do Rio Grande do Sul**. 2012. 113f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Agronegócios, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FREITAS, P. S. L. et al. Análise econômica de lâminas de água e de doses de nitrogênio, na cultura do milho, *Zea mays L.*, utilizando o modelo CERES-Maize. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 5, p. 1139-1147, 2001.

FRIZZONE, J. A. et al. Linear programming model to optimize the water resource use in irrigation projects: an application to the Senador Nilo Coelho Project, **Science Agricola**, v. 54, n. especial, p.136-148, jun. 1997.

FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A.; FREITAS, H. A. C. Análise comparativa dos custos de irrigação por pivô-central, em culturas de feijão, utilizando energia elétrica e óleo diesel. **Engenharia Rural**, v. 5, n. 1, p. 34-53, jul., 1994.

FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JR., A.S.; de (Eds.). **Planejamento de irrigação: análise de decisão e investimento**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 626 p, 2005.

FRIZZONE, J. A. **Análise de decisão econômica em irrigação**. Piracicaba: ESALQ/LER, 371p, 2005.

GARCIA, J. C.; RUAS, D. G. G. Seleção de sistemas de produção para milho em condições de risco. **Revista de Economia Rural**, v. 19, n. 4, p. 585-595, out./dez.,1981.

GENTIL, V. L. **Pivot central para empresários agrícolas**. Brasília: Universidade de Brasília, 81p, 2000.

GITTINGER, J. P. **Análisis económico de proyectos agrícolas**. 4. reimp. Madrid: Editorial Tecnos, 241p, 1978.

HEINEMANN, A. B.; HOOGENBOOM, G.; DE FARIA, R. T. Determination of spatial water requirements at county and regional levels using crop models and GIS. An example for the State of Parana, Brazil. **Agric. Water Manage**, n. 52, p. 177–196, 2002.

HERTZ, D. B. Risk analysis in capital investment. **Harvard Business Review**, v. 42, n. 95, p. 95-106, 1964.

HOWELL, T. A. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, p. 281-289, 2001.

ICWE - INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER AND THE ENVIRONMENT (Geneva). **The Dublin statement and report of the conference**. Geneva, 1992. Disponível em: <<http://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/documents/english/icwedece.html>>. Acesso em: 20 jun. 2013.

IGLESIAS, E.; GARRIDO, A.; GÓMEZ-RAMOS, A. Evaluation of drought management in irrigated áreas. **Agricultural Economics**, v. 29, n. 2, p. 211-229, 2003.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (INEMA). **Caracterização da Bacia**. Salvador: Inema, 2014. Disponível em: <<http://www.inema.ba.gov.br/>>. Acesso em: 03 maio 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agrícola municipal**. 2014. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01 jun. 2014.

\_\_\_\_\_. **Produção agrícola municipal**. 2013. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01 mai. 2014.

\_\_\_\_\_. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em 20 jun. 2013.

\_\_\_\_\_. **Produção agrícola municipal**. 2012. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01 jun. 2014.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Brasil em Desenvolvimento: Estado, planejamento e políticas públicas**. Brasília: Ipea, 270 p, 2010.

IPC. **World population information**. U.S. Census Bureau, Population Division/International Programs Center, 2013. Disponível em: <<http://www.census.gov/popclock/>> Acesso em 20 de jun. 2013.

IRRIGER. **Gerenciamento e engenharia de irrigação**. 2013. Disponível em: <[www.irriger.com.br](http://www.irriger.com.br)>. Acesso em: 01 jun. 2014.

JOBIM, C. I. P. **Análise de viabilidade econômica da irrigação em face de cenários econômicos: aplicação ao feijão irrigado no RS**. 2007. 138f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

JOBIM, C. I.; MATTUELLA, J.; LOUZADA, J. A. Viabilidade econômica da irrigação do feijão no Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista de Gestão de água da América Latina**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 5-15, jan./jun., 2009.

JUNCA, F. A.; FUNCH, L.; ROCHA, W. **Biodiversidade e conservação da Chapada Diamantina**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, Série Biodiversidade 13, 2005.

JUST, R. E.; POPE, R. D. Agricultural risk analysis adequacy of models, data and issues. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 85, n. 5, p.1249-1256, Dec., 2003.

KIPKORIR, E.C.; RAES, D.; LABADIE, J. Optimal allocation of short-term irrigation supply. **Irrigation and Drainage Systems**, n. 15, p. 247–267, 2001.

KITE, G. et al Modeling scenarios for water allocation in the Gediz Basin, Turkey. Research Report 50. **International Water Management Institute**. Colombo, Sri Lanka , 2001.

KOTTEK M, GRIESER J, BECK C, RUDOLF B, RUBEL F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorol Z.**, v. 15, p. 259–263, 2006.

LANNA, A. E. **Economia dos recursos hídricos**. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 301p., 2000.

LIMA, S. C. R. V. et al. Desempenho da Irrigação em um projeto hidroagrícola no sul da Espanha: metodologia para análise da eficiência de uso da água. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 2, p. 59–77, 2010.

LOPES, M. C.; STRIPARI, P.C. **Produção de hortaliças em ambientes protegidos: condições subtropicais**. GOTO, R.; TIVELLI, S.W. São Paulo: Fundações Editoras da UNESP, p. 258, 1998.

LORITE, I. J.; MATEOS, L.; FERERES, E. Evaluating irrigation performance in a Mediterranean environment. I. Model and general assessment of an irrigation scheme. **Irrigation Science**, v. 23, p. 77-84, 2004.

MACHADO NETO, A S. **Viabilidade agroeconômica da produção de tomate de ‘mesa’ sob diferentes sistemas de cultivo e manejo de adubação**. 2014. 107f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2014.

MARENGO J. A. ; SILVA DIAS M. Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos. **Águas Doces no Brasil-capital ecológico usos múltiplos, exploração racional e conservação**. 3. ed.: IEA/USP, v. 2, p. 63-109, 2006.

MARQUES, P. A. A. **Modelo computacional do risco econômico em culturas irrigadas**. 2005. 142f. Tese (Doutorado) – Curso de Doutorado em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

- 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, jan./mar., 2006.
- MARTIN, J. D. et al. Irrigação deficitária para aumentar a produtividade da água na produção de silagem de milho. **Irriga**, Botucatu, Edição especial, p.192-205, 2012.
- MAYA, F. L. A. **Produtividade e viabilidade econômica da recria e engorda de bovinos em pastagens adubadas intensivamente com e sem o uso da irrigação**. Piracicaba, 2003. 83p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2003.
- MIRANDA, R. M. **Para onde vai a microbacia do rio Capãozinho?** Questão agrária na expansão do Pólo Agrícola Mucugê – Ibicoara. TCC (Graduação) - Curso de Geografia. Universidade Católica do Salvador, Salvador, 2012.
- MOLDEN, D. Accounting for water use and productivity. **Colombo**: International Irrigation Management Institute (SWIM Paper 1). 16 p, 1997.
- MOREIRA, H. M. Combinação ótima de atividades e efeito de risco de preços nos planos de produção para as pequenas empresas rurais. **Informe Agropecuário**, v. 7, n. 83, p. 79-86, 1981.
- MOORMAN, J. H. N. Analytical element model analysis of the influence of different scenarios for the water level in a future retention basin. **Journal of Hydrology**, v. 226, p.144–151, 1999.
- ORTEGA, J. F.; et al. MOPECO: an economic optimization model for irrigation water management. **Irrigation Science**, n. 23, p. 61–75, 2004.
- PASSOS, O. S.; ALMEIDA, C. O.; SOARES FILHO, W. S. **Desenvolvimento da citricultura na Chapada Diamantina**. 2009. Disponível em: <<http://noticiasderiodecontas.blogspot.com.br/2009/09/desenvolvimento-da-citricultura-na.html>>. Acesso em 10 de junho de 2012.
- PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos Hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.
- PEREIRA, L. S. et al. (Eds.). **Crop-water simulation models in practice**. Wageningen Pers, Wageningen, 1995.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaira: Agropecuária, 478p., 2002.
- PEREIRA, O. **Falta de água será problema mundial para o século XXI**. Disponível em: <<http://www.metodista.br/cidadania/numero-41/falta-de-agua-sera-problema-mundial-para-o-seculo-xxi>>. Acesso em: 06 jun., 2013.

PERRY, C. J.; ROCK, M.; SECKLER, D. **Water as an economic good: a solution, or a problem** Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, Research Report, 14, 16p, 1997.

PIRES, R. C. M. et al. Agricultura Irrigada. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, São Paulo, n. 2, p. 98-111, jun., 2008. Disponível em: <<http://www.dge.apta.sp.gov.br/publicacaoe>>. Acesso em: 27 jun. 2013.

REIS, A. J.; GUIMARÃES, J. M. P. Custo de produção na agricultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 143, p. 15-22, 1986.

RODRIGUEZ, F. Custos e benefícios da irrigação no Brasil. **ITEM: Irrigação e Tecnologia Moderna**, n. 41, p. 6-11, 1990.

SECKLER, D. **The new era of water resources management**: from “dry” do “wet” water savings. Colombo: International Irrigation Management Institute (Research Report 1), 16 p, 1996.

SEAGRI, Secretaria da Agricultura, Pecuária, Irrigação, Reforma Agrária, Pesca e Aquicultura. Governo do Estado da Bahia. **Relatório técnico de ATER**. Salvador: Seagri, 2014.

SOUZA, R. O. M. et al. Avaliação econômica da irrigação em pomares de açaí. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 7, n. 1, p. 54-65, mar., 2013.

STOORVOGEL, J. J. Integration of computer-based models and tools to evaluate alternative land-use scenarios as part of an agricultural systems analysis. **Agricultural Systems**, n. 49, p.353–367, 1995.

SUPERINTENDÊNCIA DOS ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI). **Análise dos atributos climáticos do Estado da Bahia**. (Série Estudos e Pesquisas, 38), 85p, 1998.

U. S. **Census Bureau**. 2013. Disponível em:<<http://www.internetworldstats.com/stats8.htm>> Acesso em: 20 jun. 2013.

VELDKAMP, A.; FRESCO, L. O. CLUE-CR: an integrated multiscale model to simulate land use change scenarios in Costa Rica. **Ecological Modelling**, n. 91, p. 231–248, 1996.

WARD, F. A.; VELAZQUEZ, M. P. Water conservation in irrigation can increase water use. **Pnas**, Cambridge, v. 105, n. 47, p. 18215-18220, nov., 2008.

ZOU, X. X. et al. How water saving irrigation contributes to climate change resilience – a case study of practices in China. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, n. 1, v. 17, p. 111–132, 2012.

# **CAPÍTULO 1**

## **VIABILIDADE E RISCO ECONÔMICO DA IRRIGAÇÃO COM PIVÔ CENTRAL NA TOMATICULTURA DO AGROPOLO IBICOARA-MUCUGÊ, BAHIA<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo a ser submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Pesquisa Agropecuária Brasileira.

## **Viabilidade e risco econômico da irrigação com pivô central na tomaticultura do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia**

**RESUMO:** O sistema de irrigação do tipo pivô central é empregado em grande parte das lavouras empresariais de tomate do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia, região que responde a 18% da produção total de tomate do Estado. O presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade econômica, sob condições de risco, da irrigação na tomaticultura do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia. A metodologia baseou-se em análises dos efeitos dos fatores econômicos, custos fixos e variáveis, sobre o custo total. Os custos fixos estão relacionados ao pivô central (custo de aquisição, taxa de juros, vida útil e valor residual). Já os custos variáveis estão concatenados aos custos de manutenção, mão de obra e custo de bombeamento a diesel e elétrico. A modelagem dos dados foi realizada através da ferramenta computacional MCDRECI 2005. Os resultados obtidos indicam que os custos variáveis superaram os custos fixos, ocupando uma participação de 64,60% no custo total, utilizando motor elétrico, e 74,48% empregando-se motor a diesel. A relação benefício/custo média foi de 1,62 e 1,40, para motor elétrico e a diesel, respectivamente. O maior valor de risco de investimento encontrado foi traduzido através do desvio padrão R\$ 712,10 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e o maior lucro gerado foi de R\$ 4.504,11 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, para motor elétrico. O fator econômico que mais sensibilizou o lucro foi o valor de venda do produto. O bombeamento foi o fator que mais influenciou no custo variável, representando maior participação no custo total dos projetos.

**Palavras-chave:** Projeto de investimento, risco econômico, *Lycopersicon esculentum*.

## Feasibility and economic risk of center pivot irrigation in a tomato production of the Agricultural pole of Ibicoara-Mucugê, Bahia, Brazil

**ABSTRACT:** Irrigation with center pivot system is used in the majority of the Ibicoara-Mucugê, region which represents 18% of the total tomato production in the state of Bahia, Brazil. This study aimed at analyzing the economic feasibility of irrigation, under risk conditions, in the tomato production of the Ibicoara-Mucugê region, Bahia, Brazil. The methodology was based on analysis of the effects of economic factors, fixed and variable costs, on the total cost. Fixed costs are related to the center pivot (cost, interest rate, useful life and residual value). Variable costs are related to costs of maintenance, labor and diesel and electrical pumping. Data modeling was performed by the computational tool MCDRECI 2005. The results indicated that the variable costs exceeded the fixed costs, representing 64.60% of the total cost, using electric motor, and 74.48% using diesel engine. The average benefit/cost ratio was 1.62 and 1.40, for electric motor and diesel engine, respectively. The highest investment risk value was expressed by the standard deviation of US\$ 320,05 ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> and the largest profit generated was US\$ 2,024.32 ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> for the electric motor. The most sensitive economic factor to the profit was the sale price of the product. Pumping was the factor that most influenced the variable cost, accounting for the greatest participation in the total cost of the project.

**Keywords:** Investment project, economic risk, *Lycopersicon esculentum*.



## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura sempre foi fortemente afetada pela escassez de água. O problema é ainda mais intensificado pela considerável variação na precipitação sazonal e a incerteza de uma gestão eficiente da água, tornando-se difícil para os agricultores planejarem seus investimentos em termos de escolha da cultura e tecnologia (KHAN et al., 2010).

O Brasil é o nono maior produtor mundial de tomate, *Lycopersicon esculentum*, atingindo uma área total cultivada de aproximadamente 57,2 mil hectares, com uma produção anual que ultrapassa 3,86 milhões de toneladas; 7,47% dessa produção vêm do Estado da Bahia (AGRIANUAL, 2014), onde se destaca o Agropolo Ibicoara-Mucugê, que representa um quinto de toda produção estadual (IBGE, 2013).

Praticamente todo o tomate produzido no Agropolo Ibicoara-Mucugê, para fins industriais, é cultivado com o emprego da técnica da irrigação. O cultivo do tomateiro irrigado é baseado no princípio de que a irrigação é economicamente viável para as condições edafoclimáticas locais, chegando a dobrar ou triplicar a produção. Apesar da representatividade da tomaticultura e do crescente acesso à tecnologia na agricultura local, pouco se conhece sobre custos e viabilidade econômica da irrigação em âmbito regional.

Jobim (2007) considera que a viabilidade dos empreendimentos de irrigação pode ser adequadamente avaliada através da análise econômica de projetos. Tendo a análise o objetivo de determinar o retorno econômico dos projetos, que sob o ponto de vista privado, compara os benefícios e os custos em termos monetários, numa base de tempo comum, e é desenvolvida através de coletas de diversas informações para posteriores comparações com projetos alternativos, aplicando critérios de seleção de maior mérito econômico (FRIZZONE; ANDRADE JÚNIOR, 2005).

Risco significa a possibilidade de ocorrência de um evento adverso (REILLY, 1994). Para Frizzone (2005) risco é uma estimativa do grau de incerteza que se tem com respeito à obtenção dos resultados futuros desejados. Um fator de risco é qualquer evento que possa prejudicar, total ou parcialmente, as chances de sucesso do projeto, isto é, as chances do projeto realizar o que foi

proposto dentro do prazo e fluxo de caixa que foram estabelecidos (ALENCAR; SCHMITZ, 2006).

A tomada de decisão é um dos processos no qual o analista pode estar envolvido a todo o momento, e muitas vezes, não se dá conta de sua importância e necessidade. É cada vez mais evidente a necessidade de melhores condições, ferramentas e facilidade de acesso à informação para os tomadores de decisão (SHIMIZU, 2001; GOMES, 2002; BAZERMAN, 2010). O decisor aceitará ou rejeitará o projeto de acordo com sua capacidade de avaliar incertezas e baseado nas informações a que tem acesso, considerando que os benefícios futuros são incertos.

Dentro dos cenários de tomada de decisão, encontra-se a agricultura irrigada, onde os analistas dos processos de investimento são os agricultores e técnicos. Os projetos de irrigação necessitam ser avaliados economicamente de forma cuidadosa na medida em que exigem investimentos significativos e intensa utilização de insumos, que devem ser remunerados pelo incremento de rendimento proporcionado pela irrigação (MARQUES, 2005).

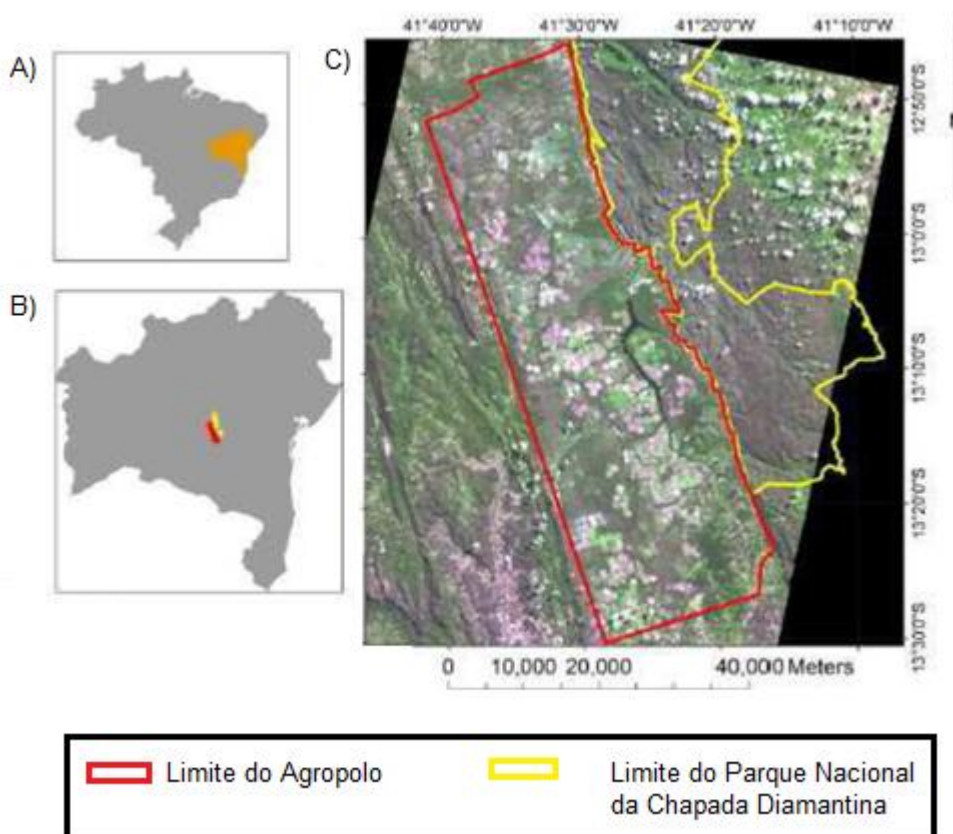
O presente estudo justifica-se pelo fato da análise de viabilidade econômica sob condições de risco representar o principal elemento na adoção da agricultura irrigada, visto que a irrigação é um recurso tecnológico indispensável ao aumento da produtividade das culturas em regiões onde a insuficiência ou má distribuição das chuvas inviabiliza a exploração agrícola.

Tendo em vista a importância da irrigação para o incremento da produtividade do tomateiro no Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia, e consequente incremento monetário, o presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade econômica do uso da irrigação, através de sistemas do tipo pivô central, de projetos já implantados e em operação, na cultura do tomateiro industrial. Para isso, leva em conta os riscos na aquisição e condução de sistemas de irrigação e suas consequências econômicas sob o horizonte de risco no que tange o efeito dos fatores econômicos, custo fixos e variáveis sobre o custo total, bem como os diferentes custos das formas de bombeamento. A ideia consistiu em analisar os anos anteriores de condução dos projetos com finalidade de identificar a realidade e forma de bombeamento de maior retorno econômico.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em lotes agrícolas comerciais de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*) industrial na Fazenda Bagisa S/A Agropecuária e Comércio, latitude 13°17'S, longitude 41°24'W e altitude de 1100 m. A propriedade pertence ao município de Ibicoara, região da Chapada Diamantina, Bahia (Figura 1) e foi escolhida como objeto da análise por produzir tomate irrigado com alta tecnologia de produção e por ser responsável por um terço de toda produção do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia, que por sua vez, responde a um quinto da produção do Estado.



**Figura 1.** A) localização do Estado da Bahia; B) Mapa da Bahia, indicando o Parque Nacional da Chapada Diamantina e o Agropolo de Ibicoara-Mucugê; e C) Imagem de satélite destacando os limites do Parque e do Agropolo (41° 28'40''S e 13° 09'10''W).

O clima é do tipo Aw (KOTTEK et al., 2006), cuja precipitação média é de 1100 mm anuais e temperaturas que variam de 13 a 30°C. O principal sistema de irrigação utilizado é o do tipo pivô central.

O Agropolo Ibicoara-Mucugê tem uma área projetada de 158 mil hectares, cuja vocação agrícola da região é olericultura, fruticultura, floricultura e cafeicultura, além de turismo histórico-ecológico. Quanto à infraestrutura, o acesso se dá pela Rodovia BA 142. A principal fonte de abastecimento hídrico da região é a Barragem do Apertado - Rio Paraguaçu com capacidade de aproximadamente de 109 milhões de metros cúbicos. O potencial de irrigação da região é de 15 a 20 mil ha ano<sup>-1</sup>. A principal fonte de energia empregada na irrigação é a elétrica rural, implantada na região em julho de 2007. A área com cultivo de tomate na Fazenda Bagisa, atualmente é 162 ha e representa 30% da área total cultivada da propriedade.

## **2.2 Avaliação econômica sob o ponto de vista privado**

A avaliação econômica, sob o ponto de vista privado, considerou os custos e benefícios de lavouras de tomate industrial irrigadas, com dados anuais econômicos e climáticos. A análise considerou um período de quatro anos de cultivo de tomate (2008 a 2011) em áreas de 100 hectares por ano avaliado, utilizando-se de sistemas de irrigação do tipo pivô central.

## **2.3 Levantamento dos dados para análise da viabilidade econômica e dos coeficientes de risco**

### **2.3.1 Características edáficas e da cultura de interesse na análise**

As características de solo empregadas na análise estão relacionadas apenas a umidade na capacidade de campo e ponto de murcha. Foram coletadas amostras de solo em quatro profundidades na área de cultivo comercial de tomate industrial e levadas ao Laboratório do Núcleo de Engenharia de Água e Solo (NEAS) para determinação das umidades nas diferentes camadas, obtendo-se a representação da Tabela 1.

**Tabela 1.** Dados dos solos utilizados para cálculo da disponibilidade real de água em cada camada.

Camada	Profundidade (cm)	$\theta_{cc}^*$ (%)	$\theta_{pm}^{**}$ (%)
0-20	20	39	25
20-40	40	40	26
40-60	60	42	30
60-80	80	38	28

\*Umidade volumétrica na capacidade de campo (tensão 0,1 bar)

\*\* Umidade volumétrica no ponto de murcha permanente (tensão 15 bar)

Dados da cultura, tais como, data do plantio, duração das fases fenológicas e coeficientes da cultura ( $K_c$ ) por fase e profundidade efetiva do sistema radicular, podem ser visualizado nas Tabelas do Anexo A. Os valores de  $K_c$  foram estimados e ajustados de acordo com a variação climática da região, seguindo a metodologia proposta por Allen et al. (1998).

Para calcular a disponibilidade real de água no solo (DRA), considerou-se a Equação 1.

$$DRA = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) \cdot z \cdot f \quad (1)$$

em que:

$DRA$  – disponibilidade real de água no solo para cada fase fenológica ( $\text{mm cm}^{-1}$ );

$\theta_{cc}$  – umidade do solo à capacidade de campo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$\theta_{pmp}$  – umidade do solo no ponto de murcha permanente ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$z$  - profundidade efetiva do sistema radicular para cada fase fenológica (mm)

(Tabela A5 do Anexo A);

$f$  – fator de esgotamento de água do solo (DOORENBOS e PRUITT, 1984).

O fator de esgotamento de água no solo utilizado como uma constante nas análises foi de 0,4 para o cultivo do tomate (DOORENBOS e PRUITT, 1984).

### 2.3.2 Características do sistema de irrigação

A Tabela 2 traz as informações técnicas dos pivôs empregados nos projetos de irrigação. É importante destacar que a área total é de 100 ha, irrigada com quatro pivôs de características técnicas idênticas.

**Tabela 2.** Características técnicas dos sistemas de irrigação do tipo pivô central.

Característica	Descrição
Marca do equipamento	Valley/Valmont
Área irrigada	25 ha
Lâmina de água para funcionamento de 21 h dia <sup>-1</sup>	8,0 mm
Desnível geométrico - centro do pivô à moto bomba	45 m
Altura manométrica total	125,69 mca
Bomba	centrífuga
Motor	
Fonte de acionamento	Elétrico
Consumo de energia elétrica	2,0 kWh ha <sup>-1</sup>
Potência	2,8 cv ha <sup>-1</sup>
Vazão	12 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
Eficiência de aplicação	90%

Fonte: Valmont Indústrias e Comércio LTDA (2014); Irriger (2013).

### 2.3.3 Cálculo da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>)

Para determinação da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi utilizado o método Penman – Monteith (Equação 2), preconizado pela FAO e de utilização mundial (MEDEIROS, 2002; TURCO e FERNANDES, 2003), descrito por Doorenbos e Kassam (2000) e Pereira et al. (2002), que considera para a estimativa da evapotranspiração de referência os dados de radiação líquida total diária, fluxo de calor no solo, temperaturas média, mínima e máxima diária, umidade relativa e velocidade do vento.

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot s \cdot (R_n - G) + \frac{\gamma \cdot 900 \cdot U_2 \cdot (e_s - e_a)}{T_d + 273}}{s + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)} \quad (2)$$

$$G = 0,38 \cdot (T_d - T_{3d}) \quad (3)$$

em que:

ET<sub>o</sub> – evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>);

- Rn – radiação líquida total diária ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );  
 G – fluxo total diário de calor no solo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );  
 $\gamma$  – constante psicrométrica =  $0,063 \text{ kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ ;  
 Td – temperatura média diária ( $^\circ\text{C}$ );  
 $U_2$  – velocidade do vento ( $\text{m s}^{-1}$ ) a 2 m de altura da superfície do solo;  
 $e_s$  – pressão de saturação de vapor (kPa) (Equação 4);  
 $e_a$  – pressão parcial de vapor (kPa) (Equação 5);  
 s – declividade da curva de pressão de vapor ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) (Equação 6).

$$e_s = \frac{(0,6108 \cdot e^{\left[\frac{17,27 \cdot T_{\text{mín}}}{237,7 + T_{\text{mín}}}\right]} + 0,6108 \cdot e^{\left[\frac{17,27 \cdot T_{\text{mín}}}{237,7 + T_{\text{mín}}}\right]})}{2} \quad (4)$$

$$e_a = \frac{(UR \cdot e_s)}{100} \quad (5)$$

$$s = \frac{4098 e_s}{(Td + 237,3)^2} \quad (6)$$

em que:

UR - umidade relativa média (%);

Tmín – temperatura mínima ( $^\circ\text{C}$ ).

Os dados meteorológicos para obtenção da evapotranspiração de referência foram obtidos através de estação meteorológica local (Tabelas A1 a A4, Anexo A).

### 2.3.4 Balanço hídrico

Estimou a necessidade de irrigação por meio do balanço hídrico diário, considerando-se a época de plantio e as fases fenológicas da cultura. Utilizou-se a adaptação do balanço hídrico climatológico sequencial (PEREIRA et al., 2002). A somatória dos déficits hídricos diários, referentes a cada mês, correspondem à necessidade mensal de irrigação (RAJU; KUMAR, 1999; FRIZZONE et al., 1994).

A evapotranspiração de cultura (ETc) é a quantidade de água utilizada por uma cultura, em qualquer fase de seu desenvolvimento quando não houver

restrição hídrica (MARQUES, 2005). Para o cálculo da evapotranspiração da cultura utilizou-se da Equação 7.

$$ET_c = E_{T_o} \cdot K_c \quad (7)$$

em que:

$ET_c$  – evapotranspiração da cultura ( $\text{mm dia}^{-1}$ );

$K_c$  – coeficiente de cultura, varia com as fases fenológicas e também entre espécies e variedades/cultivares (DOORENBOS; KASSAM, 2000).

A evapotranspiração real ( $ET_r$ ) é aquela que realmente ocorre em função da disponibilidade de água no solo nas condições normais de cultivo, sendo menor ou igual à  $ET_c$ . Seu cálculo (Equação 8) foi baseado na alteração no armazenamento de água no solo (PEREIRA et al., 2002).

$$\begin{cases} \text{se } P - ET_c > 0 \rightarrow ET_r = ET_c \\ \text{se } \Delta t < 0 \rightarrow ET_c = P + |\Delta t| \end{cases} \quad (8)$$

em que:

$ET_r$  – evapotranspiração real diária ( $\text{mm dia}^{-1}$ );

$P$  – precipitação diária ( $\text{mm dia}^{-1}$ );

$\Delta t$  – alteração no armazenamento de água no solo diária ( $\text{mm dia}^{-1}$ ).

A duração das fases fenológicas do tomateiro sofreu mudanças nos anos de cultivo, bem como o coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) e o ciclo total da cultura (Anexo A). Já a profundidade efetiva do sistema radicular, na fase final foi de 50 cm (IRRIGER, 2013).

Para otimização dos benefícios econômicos advindos da irrigação, realizou-se o balanço hídrico diário, calculando-se o déficit hídrico diário ou necessidade de irrigação diária. Com tais valores obteve-se a necessidade de irrigação mensal e a partir desta foi calculada a lâmina líquida mensal necessária (Equação 9).



$$LLm = \sum_{i=1}^n (NIdi) \quad (9)$$

em que:

LLm – lâmina líquida de irrigação mensal (mm mês<sup>-1</sup>);

NIdi – necessidade de irrigação diária (mm);

n = número de dias do mês.

Para obtenção da lâmina bruta mensal de irrigação (LBm), em mm, dividiu-se a lâmina líquida mensal (LLm), em mm, pela eficiência de aplicação do sistema de irrigação (Ea), %, mostrado na Equação 10, no caso do estudo, os sistemas de pivôs eram avaliados periodicamente e sua eficiência era mantida sempre próxima a 90%, conforme explicado anteriormente.

$$LBm = \frac{LLm}{Ea} \quad (10)$$

### 2.3.5 Produtividade de sequeiro

Pela indisponibilidade de informações sobre a produtividade sem uso da irrigação no cultivo do tomateiro para região de estudo, realizaram-se estimativas por meio do fator de resposta da cultura (Ky), que relaciona a queda do rendimento relativo e o déficit de evapotranspiração relativa (DOORENBOS e KASSAM, 2000). O Ky refere-se a um ciclo total por ano da cultura (SOUZA, 2001) e ETr<sub>a</sub> representa o somatório das ETr diárias, durante o período de um ciclo anual da cultura. O valor de Ky utilizado na estimativa da produtividade de sequeiro foi 1,05 para o período total de crescimento do tomateiro (DOORENBOS e KASSAM, 2000).

A estimativa da produtividade de sequeiro foi realizada pela Equação 11, adaptada de Mannocchi e Mecarelli (1994).

$$Ys = Yi \cdot \left[ 1 - Ky \cdot \left( 1 - \frac{ETr_a}{ETm_a} \right) \right] \quad (11)$$

em que:

Y<sub>s</sub> – produtividade sem irrigação para um ciclo por ano da cultura ( $t\ ha^{-1}ano^{-1}$ );  
 Y<sub>i</sub> – produtividade com irrigação para um ciclo por ano da cultura ( $t\ ha^{-1}ano^{-1}$ );  
 K<sub>y</sub> – fator de resposta da cultura para um ciclo por ano (DOORENBOS; KASSAM, 2000);  
 ETr<sub>a</sub> – evapotranspiração real da cultura para um ciclo da cultura ( $mm\ ano^{-1}$ );  
 ETm<sub>a</sub> – evapotranspiração máxima para um ciclo da cultura ( $mm\ ano^{-1}$ ).

### 2.3.6 Custos e benefícios dos projetos

Como os custos e os benefícios de um projeto de irrigação ocorrem em diferentes períodos do desenvolvimento do mesmo, as receitas e as despesas anuais são avaliadas ano a ano, considerando da vida útil do projeto (JOBIM, 2007). Para tanto, procedeu-se uma análise do tipo “ex-post” para os custos e benefícios de 2008 a 2011.

#### 2.3.6.1 Benefícios

O preço recebido pelo produtor de tomate do Agropolo Ibicoara-Mucugê, foi obtido através dos valores mínimo, modal e máximo, tendo como referência o período de 2008 a 2011 (Tabela 3), principal benefício do projeto.

**Tabela 3.** Resumo do preço pago ao produtor para os anos de projetos.

Preço pago ao produtor ( $R\$ t^{-1}$ )		
Mínimo	Modal	Máximo
170,00	190,00	250,00

\*Atualizado em julho de 2014. Na ocasião, o dólar médio norte americano estava cotado em R\$ 2,225.

Fonte: Escritório da propriedade agrícola de análise, Cascavel, Ibicoara, Bahia, 2014.

O valor da sucata ou residual do equipamento de irrigação, que representa um valor de mercado, foi computado como benefício no final da vida econômica, admitindo-se para a análise um valor de 10% do investimento no pivô central.

#### 2.3.6.2 Obtenção do custo total

O custo total da irrigação constitui-se na soma dos custos fixos e variáveis (Equação 12).

$$CTA = CFA + CVA \quad (12)$$

em que:

CTA – custo total (R\$ ano<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>)

CFA – custo fixo (R\$ ano<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>)

CVA - custo variável (R\$ ano<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>)

### i) Custo variável anual (CVA)

No cálculo do CVA da irrigação (Equação 13), utilizam-se os fatores: custo anual de manutenção (CAM), custo anual de bombeamento (CAB) e custo anual da mão de obra (CAMO), ambos em R\$ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

$$CVA = CAM + CAB + CAMO \quad (13)$$

A Tabela 4 mostra os itens computados nos custos variáveis e utilizados na análise através do método de Monte Carlo:

**Tabela 4.** Parâmetros econômicos utilizados na simulação por Monte Carlo para os custos variáveis.

Parâmetro	Valor		
	Mínimo	Modal	Máximo
Taxa de manutenção do sistema de irrigação (% do valor inicial)	4	5	6
Horas de trabalho (h ha <sup>-1</sup> irrigação <sup>-1</sup> )	0,1	0,4	0,7

Fonte: Marques, Marques, Frizzone (2006), Faveta (1998) e realidade experimental.

O horizonte de planejamento considerado foi o equivalente ao ciclo da cultura que sofreu variações anuais (Anexo A).

O custo básico de produção da cultura do tomate, espaçamento de plantio e número de plantas por hectare, pode ser verificado na Tabela C1 do Anexo C. Os parâmetros econômicos utilizados para o cálculo do custo operacional da irrigação relacionados à mão de obra são apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5.** Parâmetros econômicos da análise dos custos praticados na área de estudo referentes à mão de obra.

Parâmetro	Valor
Salário líquido do irrigante* (R\$)	952,80
Encargo relativo a férias (% do salário)	7,10
13° salário (% do salário)	4,90
INSS/FGTS (% do salário)	8,10
INSS/FGTS sobre 13° e Férias (%)	1,44

\* Atualizado em julho de 2014. Na ocasião, o dólar médio norte americano estava cotado em R\$ 2,225.

Fonte: Escritório da propriedade agrícola de análise, Cascavel, Ibicoara, Bahia, 2014.

Para o cálculo do custo de bombeamento com motor elétrico foram utilizadas as tarifas elétricas vigentes no Estado da Bahia e para o cálculo do bombeamento com motor a diesel utilizou-se o valor médio de venda do óleo diesel na região de R\$ 1,90 (valor atualizado para julho de 2014) por litro com um consumo específico de  $170 \text{ g cv}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .

A Tabela 6 resume o preço final de energia elétrica paga pelo produtor, de acordo com a COELBA (2014), através da RESOLUÇÃO 1.714 de 15.04.2014, para a tarifação convencional, horosazonal azul e horosazonal verde, ambas pertencentes ao grupo A4 Rural para Irrigação, de acordo com o Art. 109, RN 414/10.

**Tabela 6.** Custos das tarifações de energia elétrica utilizados nas análises.

Período	Preço da Tarifa* (R\$ kWh)		
	Tarifa verde	Tarifa azul	Tarifa convencional
Horário de ponta**	1,17374923	0,23340377	-
Horário fora de ponta	0,14734505	0,14734505	0,15208200
Horário reservado***	0,01637167	0,01716927	-

\* Atualizado em julho de 2014. Na ocasião, o dólar médio norte americano estava cotado em R\$ 2,225. \* Alíquotas: PIS/COFINS de 1,58% e isento de ICMS.

\*\*Horário de ponta: das 18:30 às 21:30. \*\*\*Horário reservado: das 21:30 às 06:00

Fonte: COELBA (2014).

A irrigação na propriedade ocorre, preferencialmente, em horário reservado (Lei nº 12.873/2013, implantação da ampliação do horário reservado para a irrigação).

## ii) Custo fixo anual (CFA)

O custo de aquisição e implantação do sistema de irrigação do tipo pivô central foi estimado na média de R\$ 6.200,00 ha<sup>-1</sup> (Tabela 7).

**Tabela 7.** Custo do sistema de irrigação do tipo pivô central por hectare irrigado\*.

Item	Descrição	Valor (R\$)
1	Unidade de irrigação	3.330,00
2	Unidade adutora	1.464,00
3	Unidade de bombeamento	858,00
4	Cabos elétricos	448,00
5	Construções civis	100,00
Total		6.200,00

\*Atualizado em julho de 2014. Na ocasião, o dólar médio norte americano estava cotado em R\$ 2,225. A instalação do equipamento está incluída nos valores.

Fonte: Valmont Indústrias e Comércio LTDA (2014); Irriger (2013).

Para obtenção dos custos fixos anuais da irrigação empregou-se o custo anual uniforme que considera o valor residual do sistema de irrigação. Para isso utilizou do fator de recuperação do capital (FRC), que pressupõe a reserva de uma quantidade suficiente de dinheiro em cada ano para possibilitar a reposição do bem em n anos mais os encargos dos juros sobre o capital investido (MARQUES, 2005; FRIZZONE, 2005). Na obtenção do FRC (Equação 14) foi considerada a taxa de juros atual vigente no país, ajustada aos custos de administração e supervisão (BUARQUE, 1991).

$$FRC = \frac{i \cdot (i + 1)^n}{(i + 1)^n - 1} \quad (14)$$

em que:

FRC – fator de recuperação do capital (decimal);

i – taxa de juros ao ano (decimal);

n – vida útil do equipamento (anos).

A taxa de juros adotada (Tabela 8) é equivalente ao valor do rendimento líquido oferecido pela caderneta de poupança, por ser a aplicação mais segura e estável do mercado financeiro, conforme aplicado em Westphal e Lamberts (1999).

**Tabela 8.** Parâmetros econômicos utilizados na simulação por Monte Carlo para custos fixos.

Parâmetro	Valor		
	Mínimo	Modal	Máximo
Vida útil do sistema de irrigação (anos)	12	15	18
Taxa de juros (% ao ano)	3	6	12

Fonte: Valmont (2014); Marques (2005); Faveta (1998).

Com a Equação 15 obteve-se valores de custo fixo anual referente ao investimento.

$$CF_a = FRC \cdot PS - \frac{VR \cdot i}{(i + 1)^n - 1} \quad (15)$$

em que:

$CF_a$  – custo fixo anual da irrigação (R\$ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>);

PS – preço de aquisição e instalação do equipamento de irrigação (R\$ ha<sup>-1</sup>);

VR – valor residual do sistema de irrigação (R\$ ha<sup>-1</sup>).

O custo total do cultivo de sequeiro foi deduzido após a subtração dos custos com a irrigação (Tabela C1 do Anexo C), obtendo-se um valor de R\$ 13.441.35 ha<sup>-1</sup>.

## 2.4 Processamento dos dados

Para obtenção dos resultados das análises empregou-se o Modelo Computacional para Determinação do Risco Econômico em Culturas Irrigadas (MCDRECI) de Marques (2005). Os dados foram salvos em um banco de dados

interno do programa, para serem acessados e alterados a qualquer momento pelo usuário. O modelo consta de 19.116 linhas de programação e 18 tabelas interligadas. Foi alimentado com dados do projeto, do solo, do clima, da planta e do sistema de irrigação, para realização do balanço hídrico, obtendo-se lâminas de irrigação. Em seguida o sistema iniciou os cálculos dos benefícios e custos da irrigação através da inserção custos fixos e custos variáveis e da produtividade e custo de produção sem uso da irrigação. Com os dados dos custos fixos anuais da irrigação realizou-se a análise por Monte Carlo da taxa de juros e da vida útil do sistema de irrigação, com estes valores foram calculados os 25 valores de custo fixo anual da irrigação e respectivas probabilidades de ocorrência.

Com os custos fixos calculados e armazenados em banco de dados, prosseguiu-se para o cálculo dos custos variáveis anuais da irrigação. E então, realizou-se a simulação por Monte Carlo da taxa de manutenção, do custo da mão de obra e do custo do bombeamento.

Com os custos variáveis também calculados e armazenados em banco de dados, o modelo computacional seguiu para o cálculo do custo total anual da irrigação pela combinação de 3.125 valores. Em seguida obteve-se, como saída o benefício líquido anual (BLA), a relação benefício/custo, os coeficientes econômicos, a distribuição de frequência para posterior teste de aderência da distribuição de probabilidades do BLA (Teste de Kolmogorov-Smirnov), cálculo da probabilidade do  $BLA > 0$ .

#### 2.4.1 Cálculo do benefício líquido anual (BLA)

Para calcular o BLA utilizou-se a Equação 16.

$$BLA = (R_i - C_p \cdot Y_i - CT_a) - (R_s - C_p \cdot Y_s) \quad (16)$$

em que:

BLA – benefício líquido anual da irrigação (R\$ ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>);

R<sub>i</sub> – receita bruta anual com irrigação (R\$ ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>);

C<sub>p</sub> – custo de produção independente de irrigação (R\$ t<sup>-1</sup>);

Y<sub>i</sub> – produtividade com irrigação (t ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>);

CT<sub>a</sub> – custo total anual da irrigação (R\$ ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>);

R<sub>s</sub> – receita bruta anual sem irrigação (R\$ ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>);

$Y_s$  – produtividade sem irrigação ( $t\ ha^{-1}ano^{-1}$ ).

#### 2.4.2 Relação benefício/custo

A relação benefício/custo (B/C) consiste na razão entre os benefícios e os custos anuais e avalia quanto o projeto remunera por unidade de investimento. A relação B/C é calculada de acordo com a Equação 17.

$$B/C = \frac{B_i}{C_i} \quad (17)$$

em que:

B/C – relação benefício/custo;

$B_i$  – benefício bruto anual da irrigação ( $R\$ ha^{-1}ano^{-1}$ );

$C_i$  – acréscimo no custo anual promovido pelo uso da irrigação ( $R\$ ha^{-1} ano^{-1}$ ).

#### 2.5 Processo de decisão sob condições de risco

Existe um grau considerado de incerteza no que diz respeito aos custos e às receitas futuras, isso quer dizer que não é possível ter certeza do valor real do benefício líquido anual (BLA), sendo necessária a determinação do risco através dos coeficientes de risco, os quais são: a) variância (Equação 18) que é a média dos quadrados dos desvios dos resultados de benefícios líquidos em relação ao valor esperado de benefício líquido, b) desvio padrão (Equação 19), c) desvio médio absoluto (Equação 20) e da probabilidade de BLA positivo ou negativo.

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^{31.250} (X_i - E(X))^2 \cdot f_i \quad (18)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \quad (19)$$

$$DM = \sum_{i=1}^{31.250} |X_i - E(X)| \cdot f_i \quad (20)$$

em que:

$\sigma^2$  – variância ( $R\$^2 ha^{-1} ano^{-1}$ );

$\sigma$  – desvio padrão ( $R\$ ha^{-1} ano^{-1}$ );

DM – desvio médio absoluto ( $R\$ ha^{-1} ano^{-1}$ );



$X_i$  – valor da variável  $i$  ((R\$ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>);

$f_i$  – frequência relativa da variável  $X_i$ .

A porcentagem de participação no custo total da irrigação para os fatores custo fixo, custo de mão de obra, custo do bombeamento e custo da manutenção foi calculada de acordo com a Equação 21.

$$P_{\text{custo total}} = \frac{E(X)}{E(X)_{\text{custo total}}} \cdot 100 \quad (21)$$

em que:

$P_{\text{custo total}}$  – participação no custo total (%);

$E(X)_{\text{custo total}}$  – valor esperado do custo total da irrigação (R\$ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>).

Os cenários considerados dentro dos quatro anos de análise (cada ano de análise foi considerado como um projeto), tidos como eventualidades causadoras de risco foram: variação da fonte de energia (elétrica ou a diesel) e variação anual na produtividade média de tomate nas áreas de cultivo. Para cada cenário obteve-se o BLA, a relação B/C, a análise de sensibilidade e os coeficientes de risco.

## 2.6 Análise de sensibilidade do benefício líquido anual (BLA)

A análise de sensibilidade do BLA foi realizada pela variação percentual dos fatores econômicos: taxa de juros, preço de venda do produto, vida útil, taxa de manutenção e horas de trabalho necessárias por hectare e por irrigação. Para cada fator selecionado, são fixados os demais com seu valor modal, e então são calculados 200 valores de benefícios líquidos, os quais são visualizados graficamente em função da variação percentual. São apresentados os valores de variação percentual do BLA pela variação de -20% e +20% dos fatores.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A discussão dos resultados está baseada no pressuposto de que em se tratando de uma análise privada, a análise de elementos que envolvem custos, benefícios e riscos, na agricultura irrigada, é de imensa relevância, uma vez que poderá ser utilizada pelo produtor como indicador para a tomada de decisão e alocação de recursos financeiros.

#### 3.1 Lâminas de irrigação e produtividades

A Tabela 9 apresenta dados médios anuais dos elementos relacionados ao clima, solo, irrigação e produtividade da cultura utilizados na análise ex-post.

**Tabela 9.** Dados médios de precipitação, evapotranspiração da cultura (ETc), lâmina bruta de irrigação (LB), número de dias de irrigação (DI), produtividade com irrigação (PCI) e produtividade sem o uso da irrigação (PSE).

Projeto	Precipitação (mm ciclo <sup>-1</sup> )	ETc (mm ciclo <sup>-1</sup> )	LB (mm ciclo <sup>-1</sup> )	DI (dias)	PCI (t ha <sup>-1</sup> )	PSE (t ha <sup>-1</sup> )
2008	285,80	460,83	324,90	45	89,62	49,44
2009	508,35	405,54	458,27	48	97,42	50,56
2010	179,50	320,23	291,44	31	88,86	42,39
2011	401,30	467,17	320,23	39	80,00	55,23

Fonte: Irriger (2013), Ibicoara – Bahia.

As lâminas de irrigação (ANEXO B) foram obtidas com base na capacidade de armazenamento de água no solo e com base na necessidade hídrica da cultura, através de dados edafoclimáticos e da eficiência do sistema de irrigação, embutidos no cálculo do balanço hídrico para cada ano de projeto, sendo que a variabilidade espacial de umidade não foi considerada nesta análise.

#### 3.2 Benefícios econômicos dos projetos

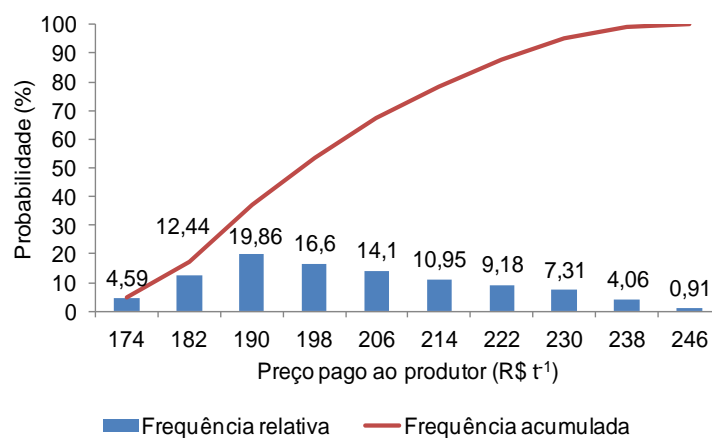
Os benefícios dos projetos estão diretamente ligados à produtividade da cultura, visto que é através da venda do produto que é conseguido pagar os custos com o sistema de irrigação e obter lucros. Sabe-se que a forma de

bombeamento preferida pelos irrigantes da região é utilizando motor elétrico, na modalidade horosazonal verde, por apresentar um menor valor monetário.

### 3.2.1 Preço pago ao produtor

Conforme dados da Irriger (2013), o preço da caixa de 23 kg de tomate industrial recebido pelo produtor do Agropolo Ibicoara-Mucugê variou entre R\$ 3,91 e R\$ 5,75, com R\$ 4,37 representando o valor mais comum.

As distribuições de frequência relativa e acumulada, também denominadas distribuições empíricas dos dados simulados, do preço do tomate pago ao produtor são mostradas na Figura 2. Ocorreram flutuações no valor de mercado do preço. O fato do preço do tomate oscilar evidencia que na produção agrícola, assim como nos demais ambientes decisórios, o produtor rural ou o técnico responsável pela área, enquanto decisor, não tem conhecimento de todas as informações, tampouco tem acesso a todas as alternativas, no momento da sua decisão. Sendo assim a alta dependência do preço pago ao produtor provoca incertezas nas análises feitas pelos investidores.



\* Atualizado em julho de 2014. Na ocasião, o dólar médio norte americano estava cotado em R\$ 2,225.

**Figura 2.** Distribuição de probabilidade dos dados simulados para o preço pago ao produtor no período de 2008 a 2011.

### 3.2.2 Benefício líquido anual (BLA)

Observando os valores de BLA (Tabela 10), todas as análises indicaram ocorrência de lucro, ou seja, os valores foram sempre maiores que zero, mostrando que os investimentos em irrigação são favoráveis ao investidor,

justificando a hipótese de que a agricultura irrigada teria um lucro atraente e que os benefícios cobririam os custos.

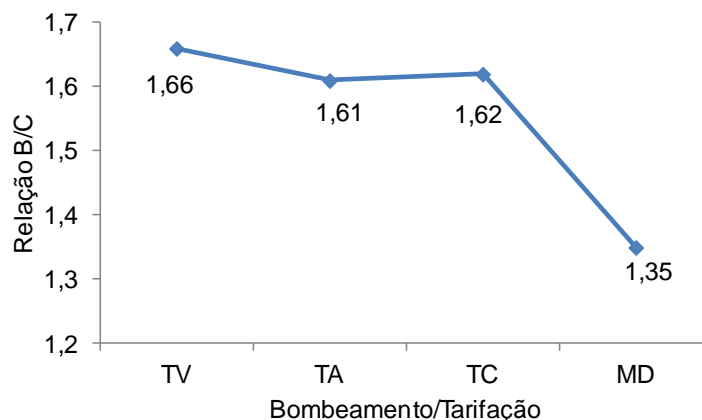
**Tabela 10.** Valores do benefício líquido anual (BLA) da irrigação e probabilidades de serem maiores ou iguais a zero (PBLA  $\geq 0$ ), em função do tipo de motor e tarifa, na tomaticultura do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia.

	Ano de análise			
	2008		2009	
	PBLA $\geq 0$ (%)	BLA (R\$ ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> )	PBLA $\geq 0$ (%)	BLA (R\$ ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> )
MD	100	3.713,79	94,44	2.418,34
ME	100	4.390,05	100	3.335,24
TV	100	4.400,15	100	3.352,18
TA	100	4.384,65	100	3.343,86
TC	100	4.385,37	100	3.309,69
	2010		2011	
MD	100	4.050,02	96,35	764,27
ME	100	4.492,74	98,71	1.454,11
TV	100	4.504,11	98,61	1.454,33
TA	100	4.491,42	98,59	1.457,47
TC	100	4.482,70	98,93	1.450,54

MD: motor a óleo diesel; ME: motor a energia elétrica (média de TV, TA e TC); TV: tarifa verde; TA: tarifa azul; TC: tarifa convencional.

Em relação à probabilidade de ocorrência de benefício líquido anual (PBLA  $\geq 0$ ) (Tabela 10), todas as análises indicaram altas chances de retorno econômico positivo. Não ocorreu probabilidade de 100% na obtenção do benefício líquido anual, utilizando motor elétrico, apenas para o ano 2011, indicando menos de 2% de chance de não ocorrer um BLA positivo, o que indica sucesso na execução dos projetos para todos os anos onde se empregou o bombeamento utilizando-se de energia elétrica. Para o motor a diesel, o ano de 2011 demonstrou uma queda na probabilidade de BLA positivo com um valor de 94,44%. Essa queda de probabilidade está atrelada a queda na relação B/C, conforme Figura 3.

### 3.2.3 Relação benefício/custo (B/C)



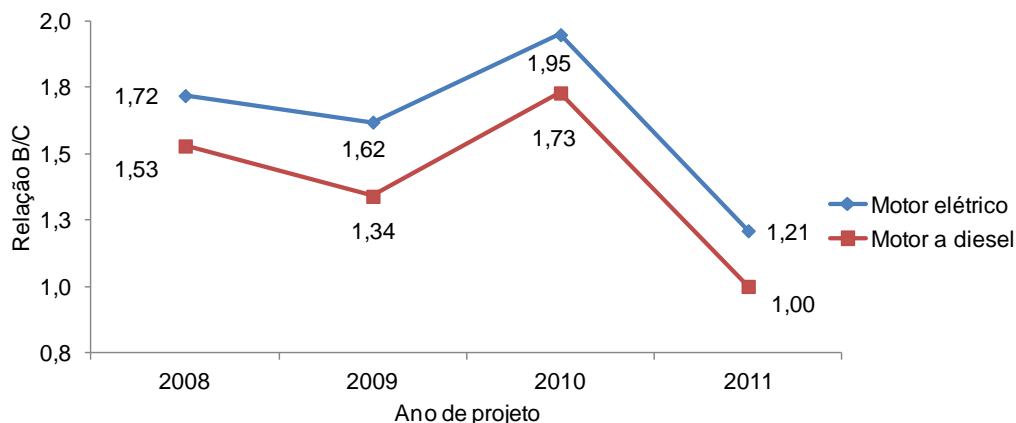
**Figura 3.** Relação B/C para irrigação com sistema do tipo pivô central, utilizando motor a diesel (MD) e elétrico, nas modalidades de tarifação: tarifa verde (TV), azul (TA) e convencional (TC), na tomaticultura do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia.

Para as duas formas de bombeamento, as análises realizadas indicaram que com uso da irrigação os valores de B/C foram superiores a 1 (Figura 3), ou seja, ocorreu viabilidade econômica. Xue (2014), trabalhando com irrigação no cultivo de fumo, encontrou relação B/C de 1,86 e classificou o projeto, sob o ponto de vista econômico, como razoável e possível, pois obteve um número superior a 1. Frizzone (2005), afirma que entre as várias alternativas, a melhor é aquela com maior valor de B/C e que se  $B/C = 1$  há uma igualdade dos benefícios com os custos.

É importante salientar que no local de estudo costumava-se irrigar nos horários reservados, fazendo com que, ocorressem descontos no consumo de energia elétrica. A forma de bombeamento mais atrativa consiste no uso do motor elétrico na modalidade horosazonal verde, por expressar uma maior relação B/C (Figura 3). Isso mostra para o produtor local que ao fazer o emprego de energia elétrica, mantendo a alta produtividade e irrigando no horário adequado (fora de ponta e reservado), é possível ter um maior lucro.

A Figura 4 apresenta um demonstrativo da relação B/C ano a ano de projeto, evidenciando que através do motor de acionamento elétrico a relação é mais vantajosa por apresentar maiores valores quando comparado ao motor a diesel. A explicação para o fato está associada ao preço do combustível no

Estado da Bahia. O mesmo ocorre no estudo realizado por Marques (2005), também para irrigação do tomateiro.



**Figura 4.** Relação benefício/custo da irrigação com pivô central de acionamento elétrico e a diesel, na tomaticultura do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia.

As diferenças entre os maiores e os menores valores das relações B/C, ano 2010 e 2011, foram de 0,74 e 0,73, para os motores de acionamento elétrico e a diesel, respectivamente (Figura 4). A diferença significa que para cada 100 reais investidos, o projeto 2010 teve 74 ou 73 reais de lucro a mais que o projeto 2011, o que representou uma grande vantagem de um sobre o outro.

### 3.3 Indicadores de risco dos projetos

Em se tratando dos coeficientes médios de risco (variância, desvio padrão e desvio absoluto) (Tabela 11), observa-se que os mesmos se tornaram decrescentes com os anos de cultivo.

**Tabela 11.** Coeficientes de risco para o sistema de irrigação do tipo pivô central, considerando o cultivo do tomate industrial do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia.

Valores	2008	2009	2010	2011
Variância ( $R\$^2 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ )	523.420,80	491.047,80	468.566,30	225.391,00
Desvio padrão ( $R\$ \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ )	712,10	700,60	681,30	473,20
Desvio absoluto ( $R\$ \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ )	521,50	580,90	580,90	390,10

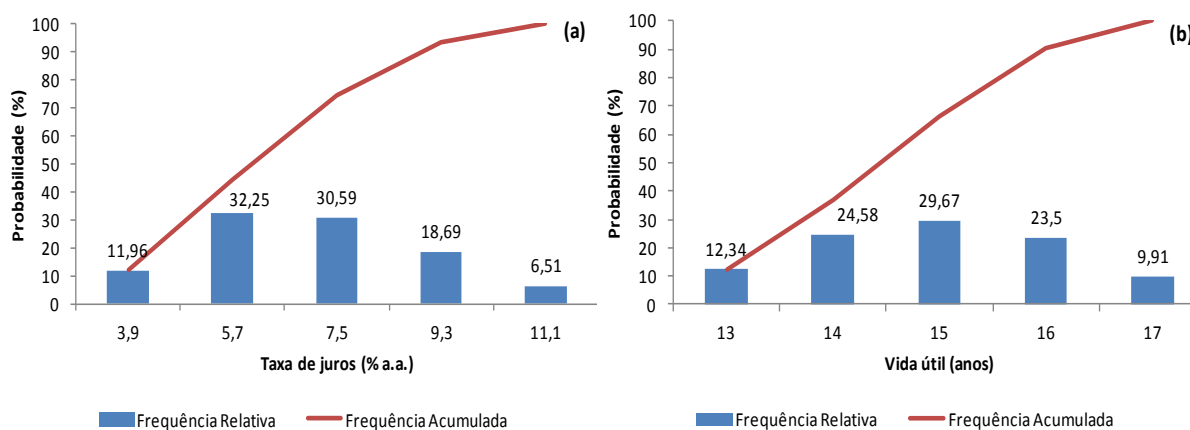
O fato do risco econômico de irrigação do tomateiro ter-se reduzido anualmente poderia estar diretamente associado à aversão ao risco por parte do

produtor. Experiência na atividade e aversão ao risco são fatores que podem interferir em investimentos futuros (GOODWIN; SCHROEDER, 1994; ISENGILDINA; HUNDSON, 2001). O ano de menor risco econômico de irrigação foi 2011, porém, este foi o ano de projeto com menor lucro (BLA) e menor relação B/C, o que mostra que correr risco pode implicar em maiores ganhos econômicos, já que no presente estudo a variância representa a média dos quadrados dos desvios dos resultados de benefícios líquidos em relação ao valor esperado do benefício líquido.

### 3.4 Custos dos projetos

Este item trata dos custos incorridos com o uso da irrigação, ou seja, os custos que o produtor tem com o sistema de irrigação.

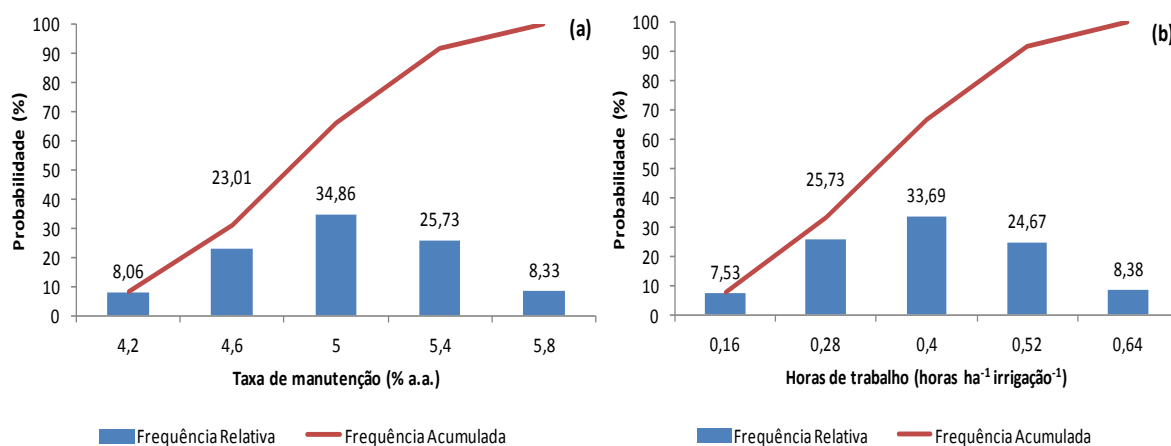
As distribuições de frequências relativa e acumulada da vida útil do sistema de irrigação e a taxa de juros anuais são mostradas na Figura 5, divididas em cinco classes. Com taxa de juros anual de 5,7% (Figura 5a) e vida útil de 15 anos (Figura 5b), obteve-se um custo fixo total de R\$ 661,66 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, com 9,57% de probabilidade, maior número entre os vinte e cinco valores de probabilidade, obtidos entre as combinações de 2000 valores através da Simulação por Monte Carlo, (Tabela D1, Anexo D). Sendo este, conforme Frizzone (2005), o montante que possibilitará a reposição do pivô central no final dos 15 anos de vida útil do sistema.



**Figura 5.** Distribuição de frequência dos dados simulados para as variáveis: taxa de juros anual (a) e vida útil do sistema de irrigação (b), para cálculo do custo fixo anual.

Quanto à variabilidade da vida útil do sistema de irrigação (Figura 5b), esta ocorre em razão das condições físicas de operação, da manutenção e das horas que o sistema é usado a cada ano (SILVA et al., 2003).

Com relação aos custos variáveis, a Figura 6 apresenta a distribuição de frequência da taxa de manutenção (Figura 6a) e horas de trabalho por hectare por irrigação (Figura 6b), no formato de distribuição triangular com 5 classes. Para a taxa de manutenção encontrou-se o valor de 5% com uma probabilidade de 34,86%, o que significa, de acordo com Maya (2003) e Marques (2005), um valor gasto de 5% do investimento inicial feito no sistema de irrigação para manter o sistema em condições adequadas de uso. Já para a taxa mão de obra, o valor obtido foi 0,4 horas  $\text{ha}^{-1}$  irrigação $^{-1}$ .



**Figura 6.** Distribuição de frequência dos dados simulados para as variáveis: taxa de manutenção (a) e horas de trabalho (b) para cálculo dos custos variáveis anuais.

Em relação aos custos totais da irrigação dos projetos, o maior valor anual encontrado está relacionado ao ano 2011 (Tabela 12). Isso explica o fato de 2011 apresentar nos itens anteriores o projeto de menor lucro e menor relação B/C. A explicação da variação anual dos custos variáveis está relacionada à lâmina bruta de irrigação aplicada que variou de acordo com as condições climáticas e as épocas do plantio do tomateiro.



**Tabela 12.** Custos anuais advindos da irrigação utilizando sistemas com bombeamento por meio de motor elétrico, na tomaticultura do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia, para cada ano de projeto.

Valores (R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	2008	2009	2010	2011	Média
Custo variável	1.243,29	1.322,42	880,34	2.035,22	1.370,32
Custo total	1.904,95	1.984,08	1.542,00	2.696,88	2.031,98

A Tabela 13 é referente aos percentuais dos investimentos realizados no pivô central e no custo operacional efetivo da irrigação computado a partir do requerimento bruto de água, considerando as despesas com mão de obra, energia elétrica e manutenção do sistema. Os percentuais com os custos variáveis foram maiores, para todas as condições de projeto/anos, com o bombeamento sendo o fator de maior participação. O custo de mão de obra apresentou pouca influência com valores sempre inferiores a 10% do custo total da irrigação, a mesma situação ocorre no estudo feito por Jobim (2007), Frizzone (2005) e Marques (2005), também para pivô central.

**Tabela 13.** Participação percentual, no custo total, dos custos advindos da irrigação no cultivo do tomateiro industrial, utilizando motor elétrico no Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia, para cada ano de projeto.

Participação no custo total da irrigação com motor elétrico (%)					
	2008	2009	2010	2011	Média
Custos fixos	36,25	35,16	43,08	27,13	35,41
Custos variáveis	63,80	64,84	56,91	72,87	64,60
Mão de obra	9,51	8,72	8,79	5,78	8,20
Manutenção	16,98	16,50	20,20	12,83	16,63
Bombeamento	37,31	39,63	27,92	54,26	39,78

Para o motor a óleo diesel os custos da irrigação e sua participação percentual no custo total da irrigação são apresentados nas Tabelas 14 e 15, respectivamente. Em relação aos custos variáveis (Tabela 14) os valores são superiores aos obtidos por motor elétrico (Tabela 12), como também observado por Marques (2005) e Frizzone (2005); isso ocorreu devido ao alto custo do óleo diesel e da não possibilidade de desconto através da tarifa reduzida, como ocorre

quando se utiliza de motor elétrico. Os custos com bombeamento representam as maiores participações no custo total da irrigação, chegando a um valor percentual médio altíssimo e próximo a 67% do custo total com a irrigação em 2011 (Tabela 15). O custo de bombeamento destaca-se sempre como o fator de maior influência para o motor a diesel. Já o fator de menor influência, foi também o custo de mão de obra.

**Tabela 14.** Custos anuais advindos da irrigação, utilizando sistemas com bombeamento por meio de motor a diesel, na tomaticultura do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia, para cada ano de projeto.

Valores (R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	2008	2009	2010	2011	Média
Custo variável	1.970,12	2.330,06	1.331,24	2.716,83	2.087,06
Custo total	2.631,78	2.991,72	1.992,90	3.378,49	2.748,72

**Tabela 15.** Participação percentual, no custo total, dos custos advindos da irrigação no cultivo do tomateiro industrial, utilizando motor a diesel no Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia, para cada ano de projeto.

	Participação no custo total da irrigação com motor a diesel(%)				
	2008	2009	2010	2011	Média
Custos fixos	25,18	23,77	33,24	19,86	25,51
Custos variáveis	74,82	76,22	66,76	80,15	74,48
Mão de obra	6,77	5,89	6,84	4,26	5,94
Manutenção	6,58	11,16	15,57	9,32	10,66
Bombeamento	61,47	59,17	44,36	66,56	57,89

Para todas as análises o bombeamento apresentou uma grande participação no custo total da irrigação no cultivo do tomateiro industrial, sendo a participação média de 57,89% para motor a diesel (Tabela 15) e 39,78% para elétrico (Tabela 13). De maneira geral, o custo da mão de obra foi o que menos influenciou e o custo de manutenção aparece em segundo lugar na participação dos custos variáveis no custo total, média de 10,66% para diesel (Tabela 15) e 16,63% para motor elétrico (Tabela 13).

Na Tabela 16 é apresentada a análise de custo em função do tipo de motor e da tarifa, mostrando que os maiores custos estão associados ao motor a

diesel; o mesmo ocorre em estudos realizados por Frizzone (2005) e Alves Júnior et al. (2004). O custo do bombeamento utilizando motor a diesel representou valor próximo a 1,7 vezes o custo do bombeamento de acionamento elétrico, na média dos anos de projeto.

**Tabela 16.** Custo do bombeamento para o sistema de irrigação do tipo pivô central, em função do tipo de motor e de tarifa, na tomaticultura do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia.

	Custo do bombeamento (R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )				
	2008	2009	2010	2011	Média
Motor diesel	1.490,13	1.678,69	865,62	2.263,86	1.602,73
Motor elétrico	751,49	881,79	434,96	1.582,47	966,41
Tarifa verde	746,82	873,73	432,07	1.567,76	957,85
Tarifa azul	749,10	877,39	433,43	1.575,09	961,97
Tarifa convencional	758,55	894,25	439,38	1.604,57	979,40

Para o motor elétrico, a tarifa convencional, que não contempla tarifas diferenciadas (período de ponta, fora de ponta e horário reservado), apresentou os maiores valores de custos.

### 3.5 Análise de sensibilidade

A Tabela 17 apresenta os valores da análise de sensibilidade do benefício líquido anual (BLA) da irrigação, com variação dos fatores econômicos utilizados.

**Tabela 17.** Análise de sensibilidade do BLA da irrigação, com variação de  $\pm 20\%$ , utilizando sistema do tipo pivô central na tomaticultura do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia.

Fatores econômicos	Variação do benefício líquido anual (%)							
	2008		2009		2010		2011	
	-20%	20%	-20%	20%	-20%	20%	-20%	20%
Vida útil do sistema de irrigação (anos)	-2,32	1,51	-2,71	1,76	-2,34	1,52	-4,98	3,24
Taxa de juros (% a.a.)	1,30	-1,17	1,31	-1,36	1,13	-1,18	2,42	-2,51
Taxa de manutenção (% do valor inicial)	1,42	-1,42	1,66	-1,66	1,43	-1,43	3,05	-3,05
Valor de venda do produto (R\$ t <sup>-1</sup> )	-36,08	36,86	-41,18	41,18	-36,07	36,07	-46,31	46,31
Mão de obra (horas ha <sup>-1</sup> irrigação <sup>-1</sup> )	0,80	-0,80	0,85	-0,85	0,53	-0,53	1,33	-1,33

Nota-se que o valor de venda do tomate foi o fator econômico que mais sensibilizou o BLA da irrigação, onde com uma variação de  $\pm 20\%$  promoveu uma variação média no BLA de 39,91% (valor médio de 2008 a 2011, Tabela 17), concordando com as asserções feitas por Paz et al. (2002) e Marques (2005). Em segundo o lugar na análise de sensibilidade está a vida útil do sistema de irrigação, com variações médias do BLA de -3,09 e 2,01 (valor médio de 2008 a 2011, Tabela 17) para variações respectivas de -20% e +20% da vida útil.

## CONCLUSÕES

1. O bombeamento apresentou uma grande participação no custo total da irrigação para tomaticultura do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia. O custo da mão de obra foi o que menos influenciou e o custo de manutenção aparece em segundo lugar, na participação dos custos variáveis no custo total.
2. Os valores da relação benefício/custo para todos os anos de projetos foram superiores a 1 e o benefício líquido anual sempre apresentou valor positivo, indicando viabilidade.
3. A forma de bombeamento que se mostrou mais viável economicamente foi utilizando energia elétrica, através da modalidade horosazonal verde.
4. O fator econômico que mais sensibilizou o lucro foi o valor de venda do produto ou preço pago ao produtor.

## REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL 2014. FNP. Consultoria e comércio. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo, 502p, 2014.
- ALVES JÚNIOR, J. et al. **Quanto custa a energia na irrigação**. In: FNP Consultoria e Comércio. Agriannual 2004: anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo, 2004.
- ALENCAR, A. J.; SCHMITZ, E. A. **Análise de Risco em Gerência de Projetos**. Rio de Janeiro, Editora Brasport, 2006.
- ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and drainage, 56).
- BAZERMAN, M. H. **Processo decisório**. 3ª reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- BUARQUE, C. **Avaliação econômica de projetos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 266p, 1991.
- COMPANHIA DE ELETRICIDADE DO ESTADO DA BAHIA (COELBA). **Tabela de tarifa e preço final de energia elétrica**. Salvador, 2014. Disponível em: <<http://servicos.coelba.com.br/>>. Acesso em: 01 jun. 2014.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. 2. ed. Trad. de H. R. Gheyj; A. A. Souza; F. A. V. Damasceno e J. F. Medeiros. Campina Grande: UFPB, 2000. 221p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1984. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).
- FAVETA, G. M. **Estudo econômico do sistema de adução em equipamentos de irrigação do tipo pivô central**. 1998. 110f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- FRIZZONE, J. A. **Análise de decisão econômica em irrigação**. Piracicaba: ESALQ/LER, 371p, 2005.
- FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. (Eds.). **Planejamento de irrigação: análise de decisão e investimento**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 626 p, 2005.
- FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A.; FREITAS, H. A. C. Análise comparativa dos custos de irrigação por pivô-central, em culturas de feijão, utilizando energia elétrica e óleo diesel. **Engenharia Rural**, v. 5, n. 1, p. 34-53, jul., 1994.

GOODWIN, B. K. SCHROEDER, T. C. Human capital, producer education programs, and the adoption of forward-pricing methods. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 76, n. 4, p. 936-947, 1994.

GOMES, L. F. A. M. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. São Paulo: Atlas, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agrícola municipal**. 2013. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01 jun. 2014.

IRRIGER. **Gerenciamento e engenharia de irrigação**. 2013. Disponível em: <[www.irriger.com.br](http://www.irriger.com.br)>. Acesso em: 01 jun. 2014.

ISENGILDINA, O.; HUDSON, M. D. Factors affecting hedging decisions using evidence from the cotton industry. In: **NCR-134 Conference on Applied Commodity Price Analysis, Forecasting, and Market Risk Management**, St. Louis, Missouri, 2001.

JOBIM, C. I. P. **Análise de viabilidade econômica da irrigação em face de cenários econômicos**: aplicação ao feijão irrigado no RS. 2007. 138f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

KHAN, S.; RANA, T.; HANJRA, M. A. A whole-of-the-catchment water accounting framework to facilitate public private investments: an example from Australia. **Water Policy**, London, v. 12, n.3, p. 336-356. 2010.

KOTTEK M, GRIESER J, BECK C, RUDOLF B, RUBEL F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorol. Z.**,v. 15, p. 259–263, 2006.

MANNOCCHI, F.; MECARELLI, P. Optimization analysis of déficit irrigation systems. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 120, n. 3, p. 484-503, May/Jun., 1994.

MARQUES, P. A. A. **Modelo computacional do risco econômico em culturas irrigadas**. 2005. 142f. Tese (Doutorado) – Curso de Doutorado em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

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, jan./mar., 2006.

MAYA, F. L. A. **Produtividade e viabilidade econômica da recria e engorda de bovinos em pastagens adubadas intensivamente com e sem o uso da irrigação**. Piracicaba, 2003. 83p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

- MEDEIROS, A. T. **Estimativa de evapotranspiração a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Panaipaba, CE.** 2002. 103p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- PAZ, V. P. S. et al. Otimização do uso da água em sistemas de irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 404-408, 2002.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Guairá: Agropecuária, 478p, 2002.
- RAJU, K. S.; KUMAR, D. N. Multicriterion decision making in irrigation planning. **Agricultural Systems**, v. 62, p. 117-129, 1999.
- REILLY, F. K. **Investment analysis and portfolio management.** Orlando: Dryden Press, 1994, 72p.
- SILVA, A. L.; FARIA, M. A.; REIS, R. P. Viabilidade técnico econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento da cultura do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 34-74, 2003.
- SHIMIZU, T. **Decisão nas organizações:** introdução aos problemas de decisão encontrados nas organizações e nos sistemas de apoio à decisão. São Paulo: Atlas, 2001.
- SOUZA, J. L. M. **Modelo para análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para cultura do cafeeiro.** 2001. 253f. Tese (Doutorado) – Curso de Doutorado em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.
- TURCO, J. E. P.; FERNANDES, E. J. Determinação da acurácia de instrumentos de medidas para obter a evapotranspiração de referência pelo método de Penman Monteith. **Engenharia Agrícola**, v. 23, n. 2, p. 243-249, maio/ago., 2003.
- VALMONT INDÚSTRIAS E COMÉRCIO LTDA (Uberaba). **Catálogo:** Pivô Central. 2014. Disponível em: <<http://www.valmont.com.br/>>. Acesso em: 01 jun. 2014.
- WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. Estudo de viabilidade econômica de uma proposta de retrofit em um edifício comercial. 1999. **In:** Encontro Latino – Americano de Conforto no Ambiente Construído, 5 e Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2. **Anais...** Fortaleza, 1999.
- XUE, W.; KAI L.; XIAOLEI, Q. The planning and economic benefit analysis on the micro spray irrigation construction of the greenhouses. **Advanced Materials Research**, v. 838-841, p. 1677-1680, 2014.



## **CAPÍTULO 2**

### **RISCO ECONÔMICO DA IRRIGAÇÃO NA TOMATICULTURA COM SISTEMAS DO TIPO PIVÔ CENTRAL E ASPERSÃO CONVENCIONAL<sup>2</sup>**

---

<sup>2</sup> Artigo a ser submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Pesquisa Agropecuária Brasileira.

## **Risco econômico da irrigação na tomaticultura com sistemas do tipo pivô central e aspersão convencional**

**RESUMO:** Como a irrigação é considerada como uma atividade economicamente justificável, a escolha do sistema que trará o maior retorno econômico, com vista no capital investido, é fator crucial na atividade agrícola. O presente trabalho objetivou a análise da viabilidade econômica do uso da irrigação na tomaticultura do Agropolo Ibicoara-Mucugê – BA, com a inclusão do risco econômico, utilizando dois sistemas de irrigação com características distintas (aspersão convencional e pivô central). A metodologia baseou-se na análise do efeito dos fatores econômicos (custos fixos, custo da mão de obra, da manutenção, da água e do bombeamento) sobre o custo total, bem como as diferentes formas de bombeamento, utilizando motor a óleo diesel e elétrico, dentro das modalidades de tarifação vigentes no Estado da Bahia. Os dados foram obtidos na área de cultivo comercial de análise e a modelagem foi realizada através da Ferramenta Computacional MCDRECI 2005. O sistema do tipo pivô central, utilizando energia elétrica na modalidade horosazonal verde, apresentou melhores resultados. Os maiores custos totais anuais da irrigação estão associados ao motor a óleo diesel. Para o sistema de aspersão convencional (A), a manutenção foi o fator econômico que menos influencia teve sobre o custo total da irrigação com 3,74% e para o sistema do tipo pivô central (B), o fator que menos influenciou foi a mão de obra com 6,33%. O custo de bombeamento apresentou a maior influência sobre o custo total anual da irrigação com uma participação de 45,17% e 49,63% para os sistemas A e B, respectivamente. Para todas as situações da análise os valores da relação benefício/custo foram superiores a 1, indicando viabilidade. Todos os sistemas testados apresentaram benefício líquido anual com valores positivos, reforçando a viabilidade dos projetos.

**Palavras-chave:** viabilidade econômica, *Lycopersicon esculentum*, projetos de investimento, benefício líquido anual.

## **Economic risk of irrigation in tomato production using center pivot and conventional sprinkler systems**

**ABSTRACT:** Since irrigation is considered as an economically justifiable activity, selecting the system that will bring the greatest economic return, considering the invested capital, is a crucial factor in agriculture. This study aimed at analyzing the economic feasibility of the use of irrigation in tomato production in the Ibicoara-Mucugê region, Bahia, Brazil, with the inclusion of economic risk, using two irrigation systems with different characteristics (sprinkler and center pivot). The methodology was based on the analysis of the effect of economic factors (fixed costs, costs of labor, maintenance, water and pumping) on the total cost, as well as the different ways of pumping water, using diesel engine and electric power, within the electricity pricing system in force in the State of Bahia, Brazil. The data were obtained in the analyzed commercial cultivation area and the modeling was performed using the Computational Tool MCDRECI 2005. The center pivot system using electricity in the green tariff mode showed the best results. The highest total annual costs of irrigation are associated with the diesel engine. For the sprinkler system (A), maintenance was the economic factor that had the lowest interference in the total cost of irrigation, with 3.74%, and for the center pivot system (B), labor was the factor with the lowest interference, with 6.33%. Pumping cost had the highest influence on the total annual cost of irrigation with shares of 45.17% and 49.63% for the systems A and B, respectively. In all analyzed cases, the values of the benefit/cost ratio were greater than 1, indicating viability. All systems tested had annual net benefit with positive values, strengthening the viability of the projects.

**Keywords:** economic feasibility, *Lycopersicon esculentum*, investment projects, annual net benefit.

## 1. INTRODUÇÃO

O tomateiro assume posição de destaque no Brasil, por se tratar de uma cultura que, além de um alto suporte econômico, possibilita benefícios nutricionais ao consumidor, podendo ser consumido ao natural ou como matéria prima para preparo de outros alimentos. O Brasil é o quinto maior produtor de tomate do mundo, atingindo em 2013 uma área total colhida superior a 57 mil hectares com colheita que ultrapassou 3,8 milhões de toneladas, sendo a Bahia responsável por uma produção de 180 mil toneladas (AGRIANUAL, 2014).

A área cultivada de tomate no Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia passou de 481 hectares em 2004 para 700 hectares em 2013. Atualmente o Agropolo tem participação em cerca de 21% da produção total de tomate no Estado da Bahia (IBGE, 2014).

A irrigação deve ser considerada como uma atividade economicamente justificável, de modo que os projetos de irrigação sejam adequadamente analisados do ponto de vista econômico e que sejam lucrativos, tendo os produtos maiores valores que o total de insumos dos projetos (FRIZZONE, 2005).

Na região do Agropolo Ibicoara-Mucugê, o método de irrigação mais utilizado é o de aspersão, sendo o principal sistema o do tipo pivô central. De acordo com Testezlaf (2011), o método de aspersão começou a ter o seu maior impulso na II Guerra Mundial, com a invenção dos aspersores rotativos e da disponibilidade de tubos de alumínio, razoavelmente baratos.

A aspersão apresenta muitas vantagens, conforme citado por Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009), dentre elas facilidade de adaptação às diversas condições de solo e topografia; apresenta potencialmente maior eficiência de distribuição de água, quando comparado com o método de superfície; pode ser totalmente automatizado; pode ser transportado para outras áreas; as tubulações podem ser desmontadas e removidas da área, o que facilita o tráfego de máquinas. Ainda de acordo com os autores, as principais limitações são: os custos de instalação e operação são mais elevados que os do método por superfície; pode sofrer influência das condições climáticas, como vento e umidade relativa; a irrigação com água salina, ou sujeita a precipitação de sedimentos, pode reduzir a vida útil do equipamento e causar danos a algumas culturas; pode favorecer o aparecimento de doenças em algumas culturas e interferir com

tratamentos fitossanitários; pode favorecer a disseminação de doenças cujo veículo é a água.

O planejamento de um projeto é um procedimento sistemático que de acordo com Keller e Bliesner (1990) deve seguir etapas que consistem na identificação dos objetivos e dos impactos do projeto, levantamento e caracterização da propriedade ou área a ser irrigada, pré-seleção dos tipos de sistemas mais promissores e adaptáveis às condições existentes, comparação técnico-econômica dos sistemas pré-escolhidos, analisando-se o potencial de cumprimento dos objetivos definidos inicialmente. E por fim a decisão final do sistema a ser utilizado.

O uso de metodologias de planejamento para a escolha e a implantação de sistemas de irrigação sempre será importante para garantir o respeito ao uso racional dos recursos econômicos, sociais e naturais de cada propriedade. A análise de dados fornece o cálculo de diferentes combinações que probabilisticamente podem ocorrer, obtendo-se como resultado não um valor determinista, mas uma distribuição de frequências, sendo o risco traduzido em números pela variância (MARQUES; MARQUES; FRIZZONE, 2006). A técnica de simulação/análise comumente utilizada é o Método de Monte Carlo, que obtém como resultado não um valor, mas uma distribuição de frequência dos valores simulados (IGLESIAS et al., 2003).

Análises de viabilidade econômica da irrigação são tarefas realizadas com frequência, a exemplo de Mukesh e Patel (2014) que estudaram a viabilidade da irrigação por gotejamento no milho; enquanto Mupaso et al. (2014) analisaram o impacto financeiro e econômico da irrigação no Zimbábue utilizando sistemas de irrigação por aspersão, inundação e gotejamento; Fox et al. (2005) fizeram análise de risco e viabilidade econômica de captação de água para irrigação na Quênia. Enfim, diversos outros trabalhos de viabilidade econômica da irrigação estão disponíveis e alertam sobre a importância de realizá-los.

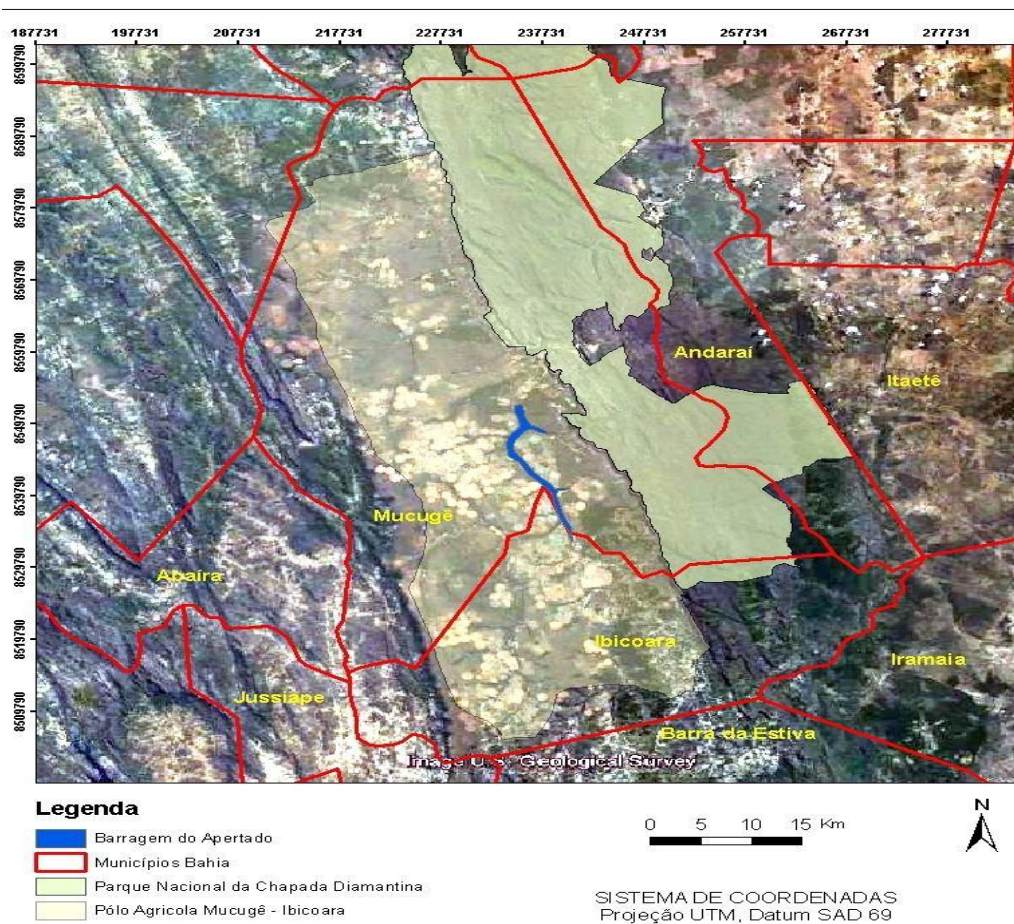
Estudo como esse tem sua importância na agricultura irrigada, pois leva aos técnicos especializados e, conseqüentemente, ao produtor, informações sobre o retorno econômico da irrigação por meio da seleção do sistema de irrigação. O presente trabalho objetivou a análise da viabilidade econômica do uso da irrigação na tomaticultura industrial do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia, com

a inclusão do risco econômico, utilizando dois sistemas de irrigação com características distintas (aspersão convencional e pivô central).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado em lotes agrícolas comerciais de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*) industrial na Fazenda Bagisa S/A Agropecuária e Comércio, latitude 13°17'S, longitude 41°24'W e altitude de 1100 m. A área de estudo é pertencente ao Agropolo Ibicoara-Mucugê e está situada no distrito de Cascavel, município de Ibicoara, na região da Chapada Diamantina, Bahia. A área pertence ao bioma Caatinga, mas se apresenta numa mancha de vegetação de Cerrado relictual (JUNCA et al., 2005). O clima é do tipo Aw (KOTTEK et al., 2006), cuja precipitação média é de 1100 mm anuais, com temperaturas entre 13 e 30°C. A principal fonte hídrica é a barragem do Apertado – Rio Paraguaçu com 106 milhões de metros cúbicos e potencial de irrigação de 16 mil ha ano<sup>-1</sup>. O principal sistema de irrigação é do tipo pivô central (Figura 1).



**Figura 1.** Localização do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia.

Fonte: ICMBio / Parque Nacional da Chapada Diamantina /Google Earth

A área cultivada com tomate na Fazenda Bagisa atualmente é de 162 ha e representa 30% da área total cultivada da propriedade. A principal fonte de energia é a elétrica rural, que foi implantada na região em julho de 2007.

## 2.2 Dados para análise de viabilidade econômica sob condições de risco

A análise foi realizada sob o ponto de vista privado, para tanto, considerou-se custos e benefícios de uma lavoura de área com 25 hectares de tomate industrial. Consistiu em um comparativo de lucros entre um sistema de irrigação já implantado e outro projetado, sendo o primeiro do tipo pivô central e o outro sistema de aspersão convencional portátil.

### 2.2.1 Formas de bombeamento

Utilizou-se de duas formas de bombeamento: com energia elétrica e por meio de óleo diesel. Para o cálculo do bombeamento com motor elétrico utilizaram-se das modalidades de tarifação vigentes no Estado da Bahia (Tabela 1). Para o cálculo do bombeamento com motor a diesel, considerou-se o valor de venda do óleo a R\$ 1,95 L<sup>-1</sup> e um consumo específico de 170 g<sup>-1</sup> cv<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

**Tabela 1.** Custos das tarifações de energia elétrica do grupo A4 Rural para Irrigação.

Período	Preço da Tarifa* (R\$)		
	Tarifa verde	Tarifa azul	Tarifa convencional
Horário de ponta**	1,17374923	0,23340377	-
Horário fora de ponta	0,14734505	0,14734505	0,15208200
Horário reservado***	0,01637167	0,01716927	-

\* Atualizado em julho de 2014. Na ocasião, o dólar médio norte americano estava cotado em R\$ 2,225.

\* Alíquotas: PIS/COFINS de 1,58% e isento de ICMS.

\*\*Horário de ponta: das 18:30 às 21:30

\*\*\*Horário reservado: das 21:30 às 06:00

Fontes: COELBA (Resolução 1.714 de 15.04.2014, Art. 109, RN 414/10).

### 2.2.2 Dados da cultura

Os dados obtidos na área de projeto indicaram: produtividade máxima irrigada de 89,62 t ha<sup>-1</sup>, custo de produção de R\$ 160 t<sup>-1</sup>, ciclo da cultura de 123 dias (28 de julho a 28 de novembro de 2008), distribuídos em fases de desenvolvimento (Tabela 2). Os valores de Kc foram estimados e ajustados de



acordo com a variação climática da região, seguindo a metodologia proposta por Allen et al. (1998).

**Tabela 2.** Duração, coeficiente de cultivo (Kc) e profundidade do sistema radicular (Z) para as quatro fases do cultivo do tomateiro industrial.

Fase	Duração	Kc	Z(cm)
I	24	0,70	10
II	51	1,15	25
III	30	1,15	30
IV	18	1,05	50

Fonte: Irriger (2013).

A produtividade de sequeiro, isto é, a produtividade da cultura sem uso da irrigação, pela indisponibilidade de informações para região de estudo, foi estimada por meio do fator de resposta da cultura (Ky), que relaciona a queda do rendimento relativo e o déficit de evapotranspiração relativa (DOORENBOS; KASSAM, 2000). O Ky refere-se a um ciclo total por ano da cultura (SOUZA, 2001). O valor de Ky utilizado na estimativa da produtividade de sequeiro foi 1,05 para o período total de crescimento do tomateiro (DOORENBOS; KASSAM, 2000).

A estimativa da produtividade de sequeiro foi realizada pela Equação 1, adaptada de Mannocchi e Mecarelli (1994).

$$Y_s = Y_i \cdot \left[ 1 - Ky \cdot \left( 1 - \frac{ETr_a}{ETm_a} \right) \right] \quad (1)$$

em que:

Y<sub>s</sub> – produtividade sem irrigação para um ciclo por ano da cultura (t ha<sup>-1</sup>ciclo<sup>-1</sup>);

Y<sub>i</sub> – produtividade com irrigação para um ciclo por ano da cultura (t ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup>);

Ky – fator de resposta da cultura para um ciclo por ano (DOORENBOS; KASSAM, 2000);

ET<sub>r<sub>a</sub></sub> – evapotranspiração real da cultura para um ciclo da cultura (mm ciclo<sup>-1</sup>);

ET<sub>m<sub>a</sub></sub> – evapotranspiração máxima para um ciclo da cultura (mm ciclo<sup>-1</sup>).

### 2.2.3 A irrigação

Para determinação da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), utilizou-se o método de Penman-Monteith, preconizado pela FAO (TURCO e FERNANDES, 2003), descrito por Doorenbos e Kassam (2000) e Pereira et al. (2002). (Tabela A1 do Anexo A).

A necessidade hídrica foi calculada através do cálculo da evapotranspiração da cultura (Equação 2).

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \quad (2)$$

em que:

ET<sub>c</sub> – evapotranspiração da cultura (mm dia<sup>-1</sup>);

K<sub>c</sub> – coeficiente de cultura, varia com as fases fenológicas e também entre espécies e variedades/cultivares (DOORENBOS; KASSAM, 2000).

As lâminas de irrigação foram obtidas através da Equação 3.

$$LL_m = \sum_{i=1}^n (NI_{di}) \quad (3)$$

em que:

LL<sub>m</sub> – lâmina líquida de irrigação mensal (mm mês<sup>-1</sup>);

NI<sub>di</sub> – necessidade de irrigação diária (mm);

n – número de dias do mês.

Para obtenção da lâmina bruta mensal de irrigação, dividiu-se a lâmina líquida mensal pela eficiência de aplicação do sistema de irrigação.

### 2.3.4 Características dos sistemas de irrigação

A Tabela 3 traz as informações técnicas empregados nos projetos de irrigação.

**Tabela 3.** Características técnicas dos sistemas de irrigação.

Características	Aspersão convencional* Pivô central	
Eficiência de aplicação (%)	85,00	90,00
Vazão do sistema ( $\text{m}^3 \text{h}^{-1} \text{ha}^{-1}$ )	10,12	12,00
Potência ( $\text{cv ha}^{-1}$ )	2,26	2,80
Custo de aquisição ( $\text{R\$ ha}^{-1}$ )	3.525,00	6.200,00

\* Sistema de aspersão convencional portátil.

Fonte: Valmont Indústrias e Comércio LTDA (2014); Irriger (2013); Amanco (2014).

O valor da sucata ou residual dos equipamentos de irrigação, que representa um valor de mercado, foi computado como benefício no final da vida econômica, admitindo-se para a análise um valor de 10% do investimento.

Com os valores de máximo, modal e mínimo para cada variável (Tabela 4), realiza-se pelo método de Monte Carlo a análise dos dados em distribuição triangular, que permite uma boa flexibilidade quanto ao tipo de assimetria, o que pode considerar uma característica positiva para a estimação subjetiva de distribuição (NEVES, 1984; MARQUES, 2005).

**Tabela 4.** Valores utilizados na simulação por Monte Carlo.

Parâmetros	Valor		
	Mínimo	Máximo	Modal
Preço de venda do tomate industrial ( $\text{R\$ t}^{-1}$ )	170	190	250
Vida útil para aspersão (anos)	10	12	15
Vida útil para o pivô (anos)	12	15	18
Taxa de manutenção para aspersão (%)	1,0	2,5	4,0
Taxa de manutenção para o pivô (%)	4,0	5,0	6,0
Horas de trabalho para aspersão ( $\text{h ha}^{-1} \text{irrigação}^{-1}$ )	1,5	2,5	3,5
Horas de trabalho para o pivô ( $\text{h ha}^{-1} \text{irrigação}^{-1}$ )	0,1	0,4	0,7
Taxa de juros (% ao ano)	3	6	12
Preço da água ( $\text{R\$ m}^{-3}$ )	0,03	0,06	0,12

Fonte: Fazenda Bagisa (2013), Marques, Marques e Frizzone (2006).

A última etapa consistiu na análise de sensibilidade do benefício líquido anual com uma variação dos fatores econômicos (vida útil do sistema de irrigação, taxa anual de juros, taxa de manutenção, valor de venda do produto, horas de trabalho e custo da água) em  $\pm 20\%$ . A análise de sensibilidade é uma

maneira prática de investigar a resposta de uma variável de saída à variação dos valores de entrada (SUN et al., 2012; ESTÉVEZ et al., 2009) .

Para realização das análises utilizou-se o Modelo Computacional para Determinação do Risco Econômico em Culturas Irrigadas (MARQUES, 2005) com dados climáticos provindos da estação meteorológica local da área de estudo. Ao final da análise obteve-se o valor do benefício líquido anual (BLA), a relação benefício/custo (B/C), sensibilidade do BLA e os coeficientes de risco (desvio padrão, desvio absoluto, variância e coeficiente de variação).

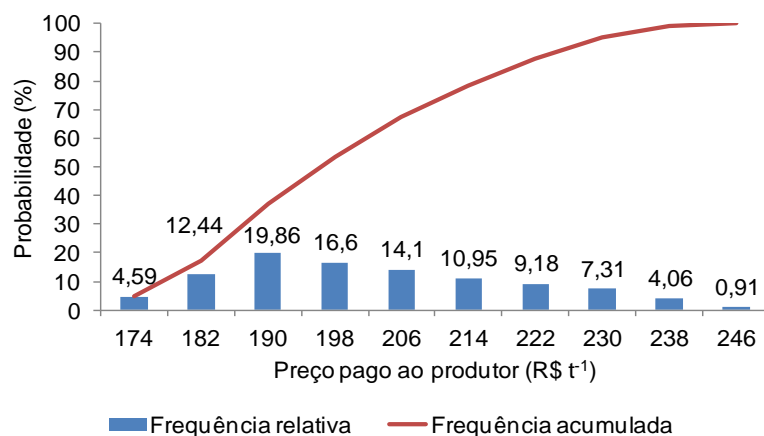
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A lâmina bruta aplicada na irrigação para os projetos foi 324,90 mm para o ciclo da cultura, a mesma utilizada pelo produtor da área de estudo, durante 45 dias de irrigação, o que tornou o turno de rega de aproximadamente 3 dias. A evapotranspiração foi de 460,83 mm ciclo<sup>-1</sup>. A Figura B1 do Anexo B mostra as lâminas líquidas diárias e precipitação por fase de cultivo. O rendimento médio com e sem irrigação foram de 89,62 e 49,44 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

#### 3.1 Benefícios econômicos dos projetos

##### 3.1.1 Preço pago ao produtor

As distribuições de frequência relativa e acumulada, também denominadas distribuições empíricas dos dados simulados, do preço do tomate pago ao produtor são mostradas na Figura 2. Percebem-se flutuações no valor de mercado pago ao produtor. O fato do preço do tomate oscilar evidencia que na produção agrícola, assim como nos demais ambientes decisórios, o produtor rural ou o técnico responsável pela área, enquanto decisor, não tem conhecimento de todas as informações, tampouco tem acesso a todas as alternativas, no momento da sua decisão. Sendo assim a alta dependência do preço pago ao produtor provoca incertezas nas análises feitas pelos investidores.



\* Atualizado em julho de 2014. Na ocasião, o dólar médio norte americano estava cotado em R\$ 2,225.

**Figura 2.** Distribuição de frequência dos dados simulados para o preço pago ao produtor de 2008 a 2011.

### 3.1.2 Benefício líquido anual (BLA)

O Anexo E apresenta a distribuição de probabilidade dos valores do benefício líquido anual (BLA) para bombeamento utilizando energia elétrica nas diferentes modalidades, bem como utilizando motor acionado por óleo diesel. Através das distribuições chegou-se aos valores mais prováveis de BLA como também a probabilidade de ocorrência de benefícios líquidos  $\geq 0$  (PBLA $\geq 0$ ) (Tabela 5), sendo o projeto mais atraente o de pivô central, utilizando a modalidade de tarifação verde (BLA = R\$ 3.511,24 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). Os menores valores de BLA estão associados ao sistema de aspersão convencional, em que o menor deles está relacionado ao bombeamento a diesel (BLA = R\$ 2.459,70 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>).

**Tabela 5.** Probabilidade do benefício líquido anual (BLA) da irrigação ser maior ou igual a zero (PBLA  $\geq 0$ ), BLA obtido e coeficiente de variação (CV), em função do tipo de motor e da tarifa, na tomaticultura do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia.

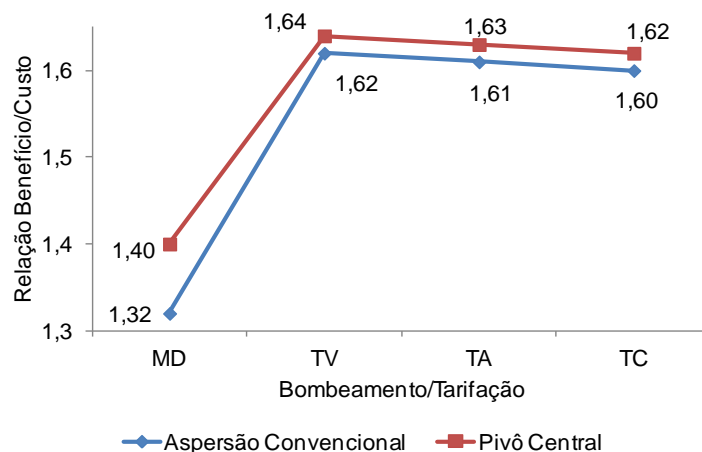
	Aspersão convencional			Pivô central		
	PBLA $\geq 0$ (%)	BLA (R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	CV (%)	PBLA $\geq 0$ (%)	BLA (R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	CV (%)
MD	94,44	2.459,70	24,24	100,00	2.767,93	21,75
ME	100	3.425,11	18,26	100,00	3.506,57	17,85
TV	100	3.438,89	18,19	100,00	3.511,24	17,94
TA	100	3.426,17	18,25	100,00	3.508,96	17,95
TC	100	3.410,28	18,33	100,00	3.499,51	17,66

MD: motor a óleo diesel; ME: motor a energia elétrica (média de TV, TA e TC); TV: tarifa verde; TA: tarifa azul; TC: tarifa convencional.

Para uso do motor a diesel, as análises indicaram uma probabilidade de 94,44%, ou seja, 5,56% de chance de insucesso no investimento, apontando que no uso do sistema do tipo aspersão convencional, para esta forma de bombeamento, existem remotas chances de prejuízo. As demais formas de bombeamento e modalidades de tarifação para ambos os sistemas indicaram 100% probabilidade de lucro para as condições do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia, no cultivo do tomateiro industrial. Ainda na Tabela 5, os maiores valores de CV foram no bombeamento utilizando óleo diesel (24,24 e 21,75), o que indica

uma maior variação entre os valores do benefício líquido anual na análise, quando comparados aos demais valores de CV.

É possível perceber por meio da Figura 3 que para todas as análises realizadas o uso da irrigação apresentou valores da relação B/C superiores a 1, indicando a ocorrência de viabilidade econômica, pois um projeto deve apresentar essa relação maior que a unidade para que seja viável. Quanto maior a relação B/C, mais atraente é o projeto (FRIZZONE; SILVEIRA, 2000).



**Figura 3.** Relação B/C para irrigação, utilizando motor a diesel (MD) e elétrico, nas modalidades de tarifação: tarifa verde (TV), azul (TA) e convencional (TC), na tomaticultura do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia.

As maiores relações de B/C foram encontradas para o sistema de irrigação do tipo pivô central, com destaque para o bombeamento por meio de motor elétrico utilizando a tarifa horosazonal verde, que apresentou valor 1,64, demonstrando que para cada real investido é tido um retorno financeiro de um real e sessenta centavos (lucro ou benefício líquido anual de 64 centavos). A menor relação de B/C foi para o sistema de aspersão convencional, utilizando bombeamento a óleo diesel (1,32).

### 3.2 Indicadores de risco dos projetos

Quando observados os coeficientes médios de risco (variância, desvio padrão e desvio médio absoluto), na Tabela 6, nota-se que sistema que apresentou o maior risco foi o de aspersão convencional, com um desvio padrão R\$ 699,66 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

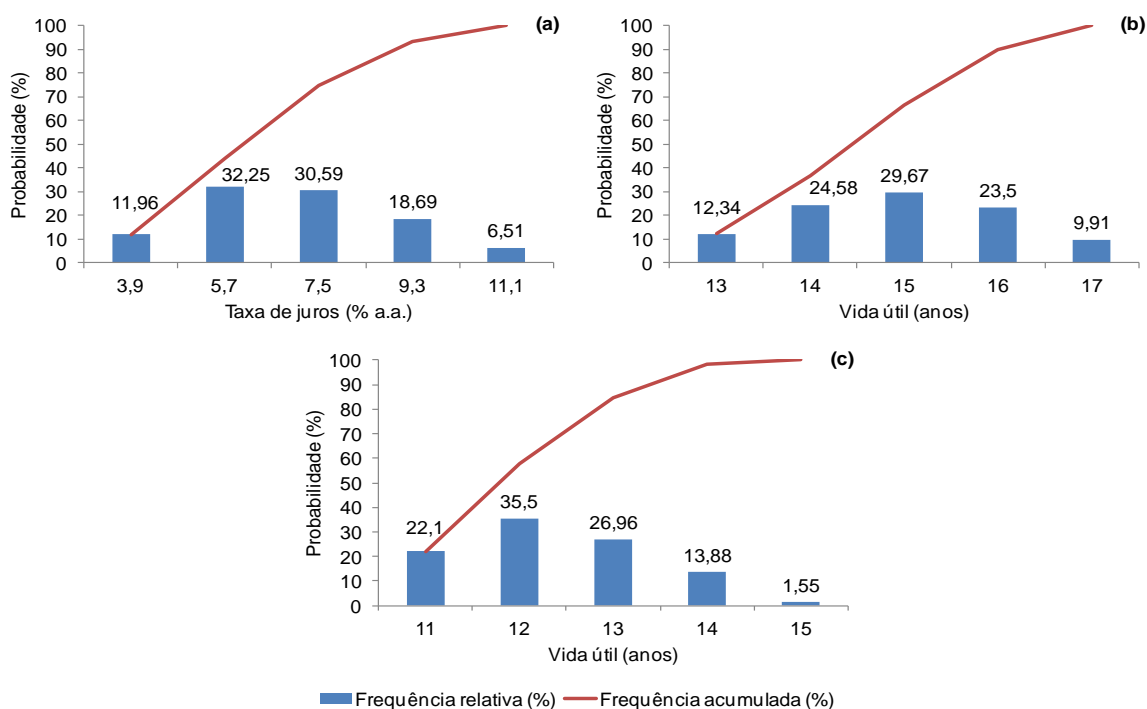
Marques, Marques e Frizzone (2006), ao compararem a viabilidade econômica de três sistemas de irrigação, pivô central, deslocamento linear e autopropelido, encontraram menor risco econômico para o primeiro sistema. Os resultados da presente análise e do estudo dos supracitados autores demonstram um menor risco para adoção da agricultura irrigada por meio do sistema do tipo pivô central, quando comparados a outros sistemas que também empregam o método de aspersão.

**Tabela 6.** Coeficientes de risco para os sistemas de irrigação, considerando o cultivo do tomate industrial do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia.

Valores	Aspersão convencional	Pivô central
Variância (R\$ <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	489.524,12	480.553,97
Desvio padrão (R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	699,66	693,22
Desvio absoluto (R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	573,28	568,37

### 3.3 Custos dos projetos

As distribuições de frequências relativa e acumulada da vida útil do sistema de irrigação e taxa de juros anuais são mostradas na Figura 4, divididas em cinco classes.



**Figura 4.** Distribuição de frequência dos dados simulados para as variáveis: taxa de juros anual (a) vida útil do sistema de irrigação do tipo pivô central (b) e aspersão convencional (c), para cálculo do custo fixo anual.



Quanto à variabilidade da vida útil dos sistemas de irrigação (Figura 4b e 4c), esta ocorre em razão das condições físicas de operação, da manutenção e das horas que o sistema é usado a cada ano (SILVA et al., 2003).

Com taxa de juros anual de 5,7% e vida útil de 15 anos para o sistema do tipo pivô central e 12 anos para o sistema de aspersão convencional, obteve-se os custos fixos (Tabela 7), significando ser necessária a reposição monetária ou poupança anual por hectare de R\$ 420,37 para aspersão convencional e R\$ 661,66 para pivô central para repor cada um dos dois sistemas no final das suas vidas úteis (FRIZZONE, 2005). Em relação aos custos totais da irrigação dos projetos, o maior valor anual encontrado está relacionado ao sistema de aspersão convencional, R\$ 2.336,41 (Tabela 7), isso explica o fato do sistema apresentar nos itens anteriores menor lucro e menor relação B/C, quando relacionados ao sistema do tipo pivô central.

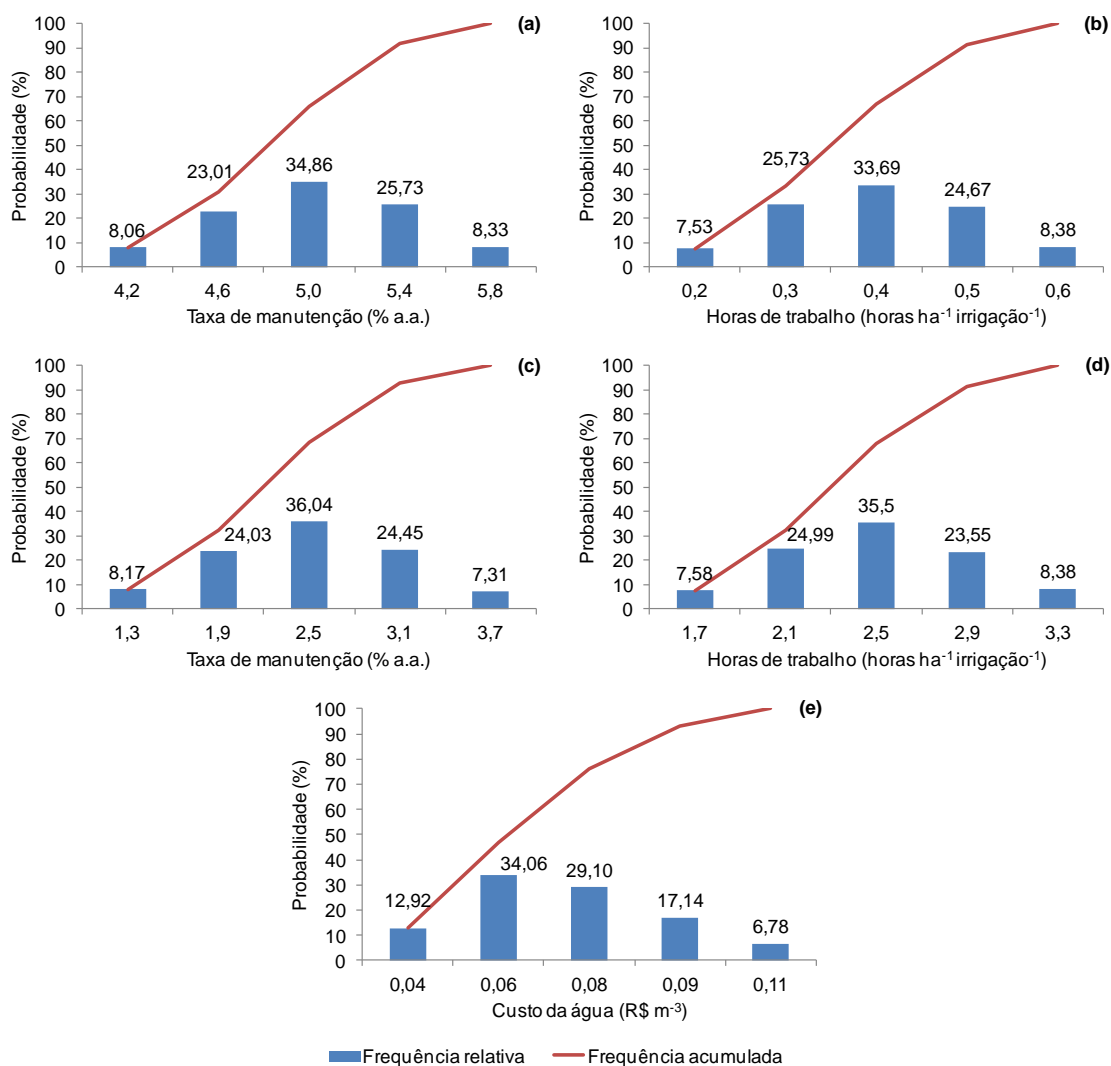
**Tabela 7.** Custos anuais advindos da irrigação, utilizando sistemas com bombeamento por meio de motor elétrico na tomaticultura do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia.

Valores (R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Aspersão convencional	Pivô central
Custo fixo	420,37	661,66
Custo variável	1.916,04	1.601,34
Custo total	2.336,41	2.263,00

A probabilidade de obtenção dos valores de custos fixos foi 9,57% para pivô central e 12,72% para aspersão convencional (Tabelas D1 e D2, Anexo D), ambas consideradas as maiores das probabilidades e provindas das combinações de 2000 valores através da simulação por Monte Carlo.

Com relação aos custos variáveis, a Figura 5 apresenta a distribuição de frequência da taxa de manutenção, da taxa de mão de obra (horas de trabalho por hectare por irrigação) e do custo da água. Estas duas distribuições triangulares dos dois fatores econômicos (5 classe para cada fator) foram encontradas para cada um dos dois sistemas/projetos. Para a taxa de manutenção encontrou-se o valor de 5% para o sistema do tipo pivô central (Figura 5a) e 2,5% para aspersão convencional (Figura 5c) com probabilidades de

34,86% e 36,04%, respectivamente. De acordo com Maya (2003) e Marques (2005) tais taxas de manutenção indicam uma fatia do investimento inicial feito no sistema de irrigação para manter o sistema em condições adequadas de uso.



**Figura 5.** Distribuição empírica dos dados simulados para as variáveis: taxa de manutenção e horas de trabalho para o sistema do tipo pivô central (a) e (b), para aspersão convencional (c) e (d) e custo da água (e), no cálculo dos custos variáveis anuais.

Já a taxa mão de obra calculada foi de 0,4 horas ha<sup>-1</sup> irrigação<sup>-1</sup> para o sistema do tipo pivô central (Figura 5b) e 2,5 horas ha<sup>-1</sup> irrigação<sup>-1</sup> para aspersão convencional (Figura 5d) na irrigação da área de cultivo do tomateiro industrial, com probabilidades 33,69% e 35,5%, respectivamente. O fato do sistema de aspersão convencional demandar de mais tempo de mão de obra (6,25 vezes as horas de trabalho com o pivô central) está ligado, de acordo com Marques (2005),

à razão deste sistema requerer movimentação das tubulações durante o processo de irrigação (mudanças de linhas laterais no decorrer da linha de derivação), o que promove menores custos fixos, mas implica em maiores custos com a mão de obra.

Quanto ao custo da água (Figura 5e), a probabilidade com maior valor na distribuição de frequência dos dados simulados (34,06%), indicou o custo de R\$ 0,06 m<sup>-3</sup>.

A Tabela 8 é referente aos percentuais do investimento feitos nos sistemas de irrigação e nos seus custos operacionais efetivos, computados a partir do requerimento bruto de água, considerando as despesas com mão de obra, energia elétrica, manutenção do sistema e custo da água. Os percentuais com os custos variáveis foram maiores que os dos custos fixos, para ambos os sistemas, com o bombeamento sendo o fator de maior participação para o sistema do tipo pivô central. O custo de mão de obra apresentou pouca influência com valor inferior a 6,4% do custo total da irrigação para o sistema do tipo pivô central, a mesma situação ocorre no estudo feito por Jobim (2007), Frizzone (2005) e Marques (2005). Para o sistema do tipo aspersão convencional, o custo de mão de obra ficou em primeiro lugar na participação dos custos totais, representando uma fatia de 38,79%.

**Tabela 8.** Participação percentual, no custo total, dos custos advindos da irrigação no cultivo do tomateiro industrial, utilizando motor elétrico no Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia.

	Participação no custo total da irrigação com motor elétrico (%)	
	Aspersão convencional	Pivô central
Custos fixos	18,00	29,29
Custos variáveis	82,00	70,71
Mão de obra	38,79	6,33
Manutenção	3,74	13,67
Bombeamento	22,50	33,20
Água	16,97	17,51

Para o motor a óleo diesel, os custos da irrigação e sua participação percentual no custo total da irrigação são apresentados nas Tabelas 9 e 10. Em

relação aos custos variáveis (Tabela 9) os valores são superiores aos obtidos por motor elétrico (Tabela 7), como observado por Marques (2005) e Frizzone (2005), isso ocorreu devido ao alto custo do óleo diesel e da não possibilidade de desconto através da tarifa reduzida, que se dá quando se utiliza de motor elétrico. Os custos com bombeamento representam as maiores participações no custo total da irrigação, chegando a um valor percentual altíssimo de 45,17% para aspersão convencional e 49,63% para o sistema do tipo pivô central, do custo total com a irrigação (Tabela 10), dessa forma, o custo de bombeamento destaca-se sempre como o fator de maior influência para o motor a diesel. Já o fator de menor influência, para o sistema do tipo pivô central foi, o custo de mão de obra (4,77%), estando esse fator para o sistema de aspersão convencional em segundo lugar, ficando logo depois do custo de bombeamento com 27,45%.

**Tabela 9.** Custos anuais advindos da irrigação, utilizando sistemas com bombeamento por meio de motor a óleo diesel, na tomaticultura do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia.

Valores (R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Aspersão convencional	Pivô central
Custo fixo	420,37	662,93
Custo variável	2.881,42	2.339,90
Custo total	3.301,79	3.002,83

**Tabela 10.** Participação percentual, no custo total, dos custos advindos da irrigação no cultivo do tomateiro industrial, utilizando motor a óleo diesel no Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia.

	Participação no custo total da irrigação com motor a diesel(%)	
	Aspersão convencional	Pivô central
Custos fixos	12,73	22,08
Custos variáveis	87,99	77,91
Mão de obra	27,45	4,77
Manutenção	2,64	10,31
Bombeamento	45,17	49,63
Água	12,73	13,20

Na Tabela 11, são analisados os custos de bombeamento em função do tipo de motor e de tarifa. Nota-se que os maiores custos estão associados ao motor a diesel (ALVES JÚNIOR et al., 2004; MARQUES; MARQUES; FRIZZONE, 2006). Scaloppi (1985), analisando as demandas de energia para irrigação, verificou que o custo da energia requerida no bombeamento para os motores acionados a óleo diesel representou cerca de seis vezes o custo dos motores elétricos. Nestas análises para irrigação de áreas de cultivo do tomateiro industrial, o custo de bombeamento utilizando motor a diesel, representou aproximadamente 2,46 e 1,98 vezes o custo do bombeamento com motores elétricos, utilizando o sistema de aspersão convencional e pivô central, respectivamente (Tabela 11), Souza et al. (2013) encontraram o custo da energia com o acionamento a diesel 100,6% maior do que o elétrico.

**Tabela 11.** Custo do bombeamento para os sistemas de irrigação em função do tipo de motor e de tarifa no cultivo do tomateiro industrial no Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia.

	Custo do bombeamento (R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	
	Aspersão convencional	Pivô central
Motor diesel	1.291,42	1.490,30
Motor elétrico	525,81	751,75
Tarifa verde	512,16	747,02
Tarifa azul	524,75	749,36
Tarifa convencional	540,54	758,85

Em se tratando do motor elétrico, a tarifa convencional, que não contempla tarifas diferenciadas para o horário de funcionamento (período de ponta, fora de ponta e horário reservado), apresentou os maiores custos. A tarifa verde apresentou o menor valor de custo anual, R\$ 512,16 ha<sup>-1</sup> e R\$ 747,02 ha<sup>-1</sup>, para os sistemas de aspersão convencional e pivô central, respectivamente.

### 3.4 Análise de sensibilidade

A Tabela 12 apresenta os valores da análise de sensibilidade do benefício líquido anual (BLA) da irrigação, com a variação dos fatores econômicos. Nota-se que, no uso dos dois sistemas de irrigação, o do tipo pivô central apresentou uma

maior sensibilidade na variação dos fatores: vida útil, taxa de juros e taxa de manutenção. Utilizando-se o sistema de aspersão convencional, o BLA da irrigação apresentou-se mais sensibilizado à variação dos fatores: preço pago ao produtor, mão de obra e custo da água. O valor de venda do produto, ou preço pago ao produtor, foi o fator econômico que mais sensibilizou o BLA da irrigação, que com uma variação de  $\pm 20\%$  alterou em média  $\pm 45,46\%$  do BLA com uso do sistema de aspersão convencional e  $\pm 44,34\%$  utilizando o sistema do tipo pivô central. A ordem dos fatores que mais influenciaram no BLA da irrigação na tomaticultura do Agropolo Ibicoara-Mucugê - BA foram diferentes para os dois sistemas. O que menos sensibilizou o BLA da irrigação com o sistema de aspersão convencional foi o fator taxa de manutenção, em que  $\pm 20\%$  provocou variação de  $\pm 0,56\%$  no BLA. Já o fator mão de obra foi o de menor sensibilidade no BLA utilizando o sistema do tipo pivô central, em que variação  $\pm 20\%$  no fator mão de obra alterou o BLA em somente  $\pm 0,84\%$ .

**Tabela 12.** Análise de sensibilidade do BLA da irrigação, com variação dos fatores econômicos de  $\pm 20\%$ , no uso dos sistemas de irrigação.

Fatores econômicos	Variação do benefício líquido anual (%)			
	Aspersão convencional		Pivô central	
	-20%	20%	-20%	20%
Vida útil do sistema de irrigação (anos)	-2,18	1,43	-2,94	1,91
Taxa de juros (% a.a.)	0,81	-0,84	1,43	-1,48
Taxa de manutenção (% do valor inicial)	0,52	-0,52	1,8	-1,8
Preço pago ao produtor (R\$ t <sup>-1</sup> )	-45,46	45,46	-44,34	44,34
Mão de obra (horas ha <sup>-1</sup> irrigação <sup>-1</sup> )	5,39	-5,39	0,84	-0,84
Custo da água (R\$ m <sup>-3</sup> )	2,03	-2,03	1,98	-1,98

## CONCLUSÕES

1. Os valores da relação benefício/custo, tanto para o sistema do tipo pivô central quanto para o de aspersão convencional, foram superiores a 1 em todas as análises, indicando viabilidade econômica de investimento em irrigação.
2. A irrigação apresentou benefício líquido anual positivo na utilização dos dois sistemas de irrigação, indicando viabilidade dos projetos.
3. O sistema de irrigação que apresentou os melhores resultados foi o do tipo pivô central, utilizando energia elétrica na modalidade de tarifação verde.
4. O sistema de irrigação que representou o maior risco econômico foi o de aspersão convencional, com um desvio padrão de R\$ 699,66 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.
5. Os maiores custos totais anuais da irrigação, na tomaticultura do Agropolo Ibicoara-Mucugê, Bahia, estão associados ao uso do motor a óleo diesel, devido o alto valor comercial do combustível.

## REFERÊNCIAS

AGRIANUAL 2014. FNP. Consultoria e comércio. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo, 502p, 2014.

AMANCO. **Soluções Amanco irrigação**. 2014. Disponível em: <[www.amanco.com.br](http://www.amanco.com.br)>. Acesso em: 01 ago. 2014.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and drainage, 56).

ALVES JÚNIOR, J. et al. **Quanto custa a energia na irrigação**. In: FNP Consultoria e Comércio. Agriannual 2004: anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo, 2004.

COMPANHIA DE ELETRICIDADE DO ESTADO DA BAHIA (COELBA). . **Tabela de tarifa e preço final de energia elétrica**. Salvador, 2014. Disponível em: <<http://servicos.coelba.com.br/>>. Acesso em: 01 jun. 2014.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. 2. ed. Trad. de H. R. Gheyi; A. A. Souza; F. A. V. Damasceno e J. F. Medeiros. Campina Grande: UFPB, 2000. 221p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

ESTÉVEZ, J.; GAVILÁN, P.; BERENGENA, J.: Sensitivity analysis of a Penman-Monteith type equation to estimate reference evapotranspiration in southern Spain, **Hydrological Processes**, v. 23, n. 1, p.3342–3353, 2009.

FOX, P.; ROCKSTRÖM, J.; BARRON, J. Risk analysis and economic viability of water harvesting for supplemental irrigation in semi-arid Burkina Faso and Kenya. **Agricultural systems**, v. 83 n. 3, p. 231-250, 2005.

FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JR., A. S.; de (Eds.). **Planejamento de irrigação: análise de decisão e investimento**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005. 626 p.

FRIZZONE, J. A., SILVEIRA, S. F. R. Análise econômica de projetos hidroagrícolas. In: SILVA, D. D; PRUSKI, F. F. (Ed.). **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais**. Brasília: Secretaria de Recursos hídricos; Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, cap. 5, p. 449-617, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agrícola municipal**. 2014. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01 jun. 2014.

IRRIGER. **Gerenciamento e engenharia de irrigação**. 2013. Disponível em: <[www.irriger.com.br](http://www.irriger.com.br)>. Acesso em: 01 jun. 2014.



IGLESIAS, E.; GARRIDO, A.; GÓMEZ-RAMOS, A. Evaluation of drought management in irrigated areas. **Agricultural Economics**, Washington, v. 29, n. 2, p. 211-229, 2003.

JOBIM, C. I. P. **Análise de viabilidade econômica da irrigação em face de cenários econômicos: aplicação ao feijão irrigado no RS**. 2007. 138f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

JUNCA, F. A.; FUNCH, L.; ROCHA, W. **Biodiversidade e conservação da Chapada Diamantina**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, Série Biodiversidade 13, 2005.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkler and trickle irrigation**. Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.

KOTTEK, M. et al. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorol. Z.**, v. 15, p. 259–263, 2006.

MANNOCCI, F.; MECARELLI, P. Optimization analysis of deficit irrigation systems. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 120, n. 3, p. 484-503, May/Jun., 1994.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação Princípios e Métodos**. 3. ed. Viçosa: UfV, 355 p, 2009.

MARQUES, P. A. A. **Modelo computacional do risco econômico em culturas irrigadas**. 2005. 142f. Tese (Doutorado) – Curso de Doutorado em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

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, jan./mar., 2006.

MAYA, F. L. A. **Produtividade e viabilidade econômica da recria e engorda de bovinos em pastagens adubadas intensivamente com e sem o uso da irrigação**. Piracicaba, 2003. 83p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

MUKESH, K.; PATEL, N. Cost-effective baby corn (*Zea mays*) cultivation under drip fertigation. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, India, v. 84, n. 5 p. 637-642, 2014.

MUPASO, N. et al. The impact of irrigation technology on the financial and economic performance of smallholder irrigation in Zimbabwe. **Irrigation and drainage**, Zimbabwe, v. 63 n. 4, p. 430-439, 2014.

NEVES, E. M. **Análise econômica do investimento em condições de risco na cultura da borracha.** 1984. 171p. Tese (Livre docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Guairá: Agropecuária, 478p, 2002.

SCALOPPI, E. J. Exigências de energia para irrigação. **ITEM: Irrigação e Tecnologia Moderna**, n. 21, p.13-17, 1985.

SILVA, A. L.; FARIA, M. A.; REIS, R. P. Viabilidade técnico econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento da cultura do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 34-74, 2003.

SOUZA, J. L. M. **Modelo para análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para cultura do cafeeiro.** 2001. 253f. Tese (Doutorado) – Curso de Doutorado em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SOUZA, R. O. M. et al. Avaliação econômica da irrigação em pomares de açaí. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 7, n. 1, p. 54-65, mar., 2013.

SUN, X. Y.; et al. Three complementary methods for sensitivity analysis of a water quality model. **Environmental Modelling & Software**, v. 37, n. 1, p.19–29, 2012.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: Métodos, sistemas e aplicações.** Campinas: Unicamp, 204 p, 2011.

TURCO, J. E. P.; FERNANDES, E. J. Determinação da acurácia de instrumentos de medidas para obter a evapotranspiração de referência pelo método de Penman Monteith. **Engenharia Agrícola**, v. 23, n. 2, p. 243-249, maio/ago., 2003.

VALMONT INDÚSTRIAS E COMÉRCIO LTDA (Uberaba). **Catálogo: Pivô Central.** 2014. Disponível em: <<http://www.valmont.com.br/>>. Acesso em: 01 jun. 2014.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

1. Visto que o fator econômico bombeamento foi o que mais influenciou no custo total dos projetos, o produtor rural deverá ficar mais atento ao desperdício de água, não adotando tempos excessivos de bombeamento para irrigação de áreas cultivadas com tomateiro.
2. É de suma importância para o produtor a escolha correta da forma de bombeamento e da modalidade de tarifação de energia elétrica.
3. Conhecimentos de ferramentas e procedimentos que executam cálculos de viabilidade econômica são fundamentais para técnicos da área de irrigação, de modo a haver escolha adequada do sistema e maximização do retorno econômico.

## **ANEXOS**

## **ANEXO A**

**Dados meteorológicos obtidos por meio de estação meteorológica local e utilizados para os anos de projetos.**

**Tabela A1.** Valores diários (Projeto/Ano 2008) de coeficientes da cultura ( $K_c$ ), temperatura média ( $T_{med}$ ), máxima ( $T_{máx}$ ) e mínima ( $T_{mín}$ ) em °C, umidade relativa média do ar ( $UR_{Med}$ ) em %, velocidade do vento ( $Vento$ ) a 2 m da superfície do solo, em  $m\ s^{-1}$ , precipitação ( $Chuva$ ) em mm e radiação líquida total diária ( $MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$ ).

Data	Dia do ciclo	Fase	$K_c$	$T_{Med}$	$UR_{Med}$	$Vento$	$T_{máx}$	$T_{mín}$	$Chuva$	$Rad\ Líquida$
28/jul	1	1	0,70	21,42	75,25	3,77	25,60	17,80	0,00	7,70
29/jul	2	1	0,70	20,76	78,00	1,23	25,40	17,40	0,00	7,40
30/jul	3	1	0,70	19,24	93,25	0,93	22,60	17,60	0,00	5,50
31/jul	4	1	0,70	20,84	86,00	1,00	25,80	17,60	10,80	6,80
01/ago	5	1	0,70	20,06	83,25	2,00	24,80	18,30	7,00	8,30
02/ago	6	1	0,70	20,32	84,00	1,83	24,80	17,10	6,00	7,90
03/ago	7	1	0,70	20,72	81,50	1,27	24,90	18,20	0,00	6,90
04/ago	8	1	0,70	21,22	81,75	1,27	25,30	18,30	0,00	6,40
05/ago	9	1	0,70	20,96	80,25	1,27	23,80	18,70	0,00	5,70
06/ago	10	1	0,70	18,94	82,00	1,37	23,00	17,70	0,00	5,70
07/ago	11	1	0,70	18,92	71,75	2,67	25,80	11,80	0,00	9,70
08/ago	12	1	0,70	21,00	78,50	1,20	26,10	14,90	0,00	10,40
09/ago	13	1	0,70	19,26	97,25	1,73	24,40	14,90	0,00	6,00
10/ago	14	1	0,70	21,44	84,00	1,37	24,20	17,70	0,00	6,20
11/ago	15	1	0,70	19,96	76,75	1,77	24,40	17,50	0,00	7,80
12/ago	16	1	0,70	20,46	60,25	1,50	26,40	14,30	0,00	9,70
13/ago	17	1	0,70	20,42	77,00	2,13	25,40	16,90	0,00	7,60
14/ago	18	1	0,70	19,54	78,00	2,43	24,20	15,30	0,00	6,50
15/ago	19	1	0,70	20,18	66,50	3,20	26,60	13,50	0,00	8,80
16/ago	20	1	0,70	21,66	63,50	1,63	27,80	16,50	0,00	9,70
17/ago	21	1	0,70	22,56	64,25	1,30	29,80	16,10	0,00	10,50
18/ago	22	1	0,70	22,10	64,00	0,77	28,80	18,50	0,00	9,50
19/ago	23	1	0,70	21,70	58,50	1,87	27,40	19,30	0,00	9,10
20/ago	24	1	0,70	19,90	68,25	0,87	25,20	13,30	0,00	7,30
21/ago	25	1	0,70	21,78	73,50	0,77	26,20	18,10	0,00	7,80
22/ago	26	2	0,71	21,64	71,75	3,63	27,40	17,50	0,00	8,80
23/ago	27	2	0,72	20,20	68,25	2,50	22,60	18,50	6,00	9,70
24/ago	28	2	0,73	19,30	68,25	0,60	27,60	14,10	8,00	8,70
25/ago	29	2	0,74	20,86	54,75	1,07	19,80	12,10	0,00	9,70
26/ago	30	2	0,74	21,96	60,00	2,97	28,20	16,30	0,00	10,30
27/ago	31	2	0,75	19,74	86,25	0,60	22,80	17,90	0,00	5,40
28/ago	32	2	0,76	20,62	81,00	1,07	25,40	17,90	0,00	8,00
29/ago	33	2	0,77	19,64	85,50	1,37	25,80	17,00	0,00	9,60
30/ago	34	2	0,78	21,12	67,50	1,10	28,50	13,90	0,00	10,90
31/ago	35	2	0,79	19,18	83,25	0,33	25,40	13,70	0,00	7,40
01/set	36	2	0,80	20,44	71,50	0,67	28,40	11,40	0,00	10,00
02/set	37	2	0,81	22,52	68,25	0,60	29,60	17,30	0,00	8,90
03/set	38	2	0,82	24,24	63,00	1,23	32,70	19,50	0,00	10,70
04/set	39	2	0,83	24,48	59,00	1,77	30,80	19,50	0,00	10,20
05/set	40	2	0,84	22,36	60,50	1,33	29,00	18,30	0,00	10,60

Data	Dia do ciclo	Fase	Kc	T Med	UR Med	Vento	Tmáx	Tmín	Chuva	Rad Líquida
06/set	41	2	0,84	21,84	69,00	1,03	27,60	16,30	0,00	8,60
07/set	42	2	0,85	22,60	64,00	1,13	29,00	19,70	0,00	9,70
08/set	43	2	0,86	22,84	60,75	1,67	30,00	19,50	0,00	10,90
09/set	44	2	0,87	22,20	60,00	1,37	29,80	16,30	0,00	11,70
10/set	45	2	0,88	22,04	60,00	1,90	28,00	15,70	2,50	11,50
11/set	46	2	0,89	22,68	61,00	2,00	29,40	18,40	10,00	9,60
12/set	47	2	0,90	22,62	66,00	2,20	28,00	18,40	0,00	10,80
13/set	48	2	0,91	22,76	65,00	1,23	28,00	19,10	0,00	9,80
14/set	49	2	0,92	23,72	57,75	2,20	30,00	18,30	0,00	10,60
15/set	50	2	0,92	22,00	77,50	0,97	26,60	18,70	0,00	7,40
16/set	51	2	0,93	22,64	57,00	1,90	28,50	17,10	0,00	10,90
17/set	52	2	0,94	22,18	57,50	2,60	28,20	18,30	0,00	10,60
18/set	53	2	0,95	21,00	71,75	1,80	25,80	17,30	0,00	7,80
19/set	54	2	0,96	19,86	81,50	0,93	25,00	16,70	0,00	7,50
20/set	55	2	0,97	20,42	80,75	1,10	25,60	16,90	0,00	8,90
21/set	56	2	0,98	23,20	63,00	0,77	29,20	18,10	0,00	11,50
22/set	57	2	0,99	23,14	62,50	1,80	28,40	17,70	0,00	8,90
23/set	58	2	1,00	22,74	60,00	2,03	28,00	18,30	0,00	10,10
24/set	59	2	1,01	21,22	71,75	2,10	27,50	16,50	10,00	11,10
25/set	60	2	1,01	20,66	65,00	1,33	27,80	15,30	0,00	10,50
26/set	61	2	1,02	21,78	60,25	0,70	30,20	15,30	0,00	10,50
27/set	62	2	1,03	23,52	58,50	1,00	31,00	20,10	0,00	11,90
28/set	63	2	1,04	23,42	60,00	1,00	30,30	19,30	0,00	10,50
29/set	64	2	1,05	23,52	54,75	1,40	31,20	17,30	0,00	11,70
30/set	65	2	1,06	22,96	49,75	1,10	29,80	16,30	0,00	12,50
01/out	66	2	1,07	23,52	52,75	2,40	30,00	18,30	0,00	12,20
02/out	67	2	1,08	21,32	77,25	1,73	25,80	17,50	0,00	6,90
03/out	68	2	1,09	22,00	72,25	0,70	26,20	17,10	0,00	8,30
04/out	69	2	1,10	22,86	61,25	1,03	30,80	16,90	0,00	12,70
05/out	70	2	1,10	23,40	59,00	1,05	30,60	20,30	0,00	12,30
06/out	71	2	1,11	23,04	52,75	1,33	31,80	15,30	0,00	13,30
07/out	72	2	1,12	24,72	54,00	1,80	34,00	19,30	0,00	12,30
08/out	73	2	1,13	24,10	57,25	1,77	30,80	19,00	0,00	11,10
09/out	74	2	1,14	24,96	57,25	1,53	30,40	22,80	16,00	11,20
10/out	75	2	1,15	23,64	53,75	2,47	30,60	18,10	0,00	13,30
11/out	76	3	1,15	23,60	58,75	1,33	29,80	19,70	8,00	10,90
12/out	77	3	1,15	22,88	59,00	1,00	30,60	17,30	0,00	11,50
13/out	78	3	1,15	22,82	61,25	0,97	29,50	19,10	0,00	10,50
14/out	79	3	1,15	23,30	59,00	0,67	30,80	18,50	0,00	10,80
15/out	80	3	1,15	24,20	59,25	1,20	31,80	20,10	0,00	12,00
16/out	81	3	1,15	24,44	53,50	1,03	32,00	19,90	0,00	11,90
17/out	82	3	1,15	23,68	57,25	1,20	31,40	19,30	0,00	11,30
18/out	83	3	1,15	24,20	63,00	1,37	29,80	19,10	0,00	10,60
19/out	84	3	1,15	23,76	64,75	2,40	29,70	19,30	0,00	10,60
20/out	85	3	1,15	22,42	77,00	1,97	27,00	19,90	0,00	7,20

Data	Dia do ciclo	Fase	Kc	T Med	UR Med	Vento	Tmáx	Tmín	Chuva	Rad Líquida
21/out	86	3	1,15	22,80	69,75	0,90	27,80	19,30	14,00	9,40
22/out	87	3	1,15	24,92	59,75	0,93	32,60	19,30	0,00	11,50
23/out	88	3	1,15	25,96	58,00	1,07	34,00	20,10	27,00	11,90
24/out	89	3	1,15	23,28	71,25	1,57	27,00	19,70	50,00	8,80
25/out	90	3	1,15	22,46	87,25	2,33	27,30	20,90	36,00	8,10
26/out	91	3	1,15	22,40	72,75	1,90	26,20	18,50	21,00	7,50
27/out	92	3	1,15	22,98	70,75	1,03	27,10	20,10	20,00	7,70
28/out	93	3	1,15	25,22	62,75	0,73	30,60	19,50	0,00	10,70
29/out	94	3	1,15	26,90	56,25	1,30	34,30	21,10	0,00	11,70
30/out	95	3	1,15	25,40	64,75	1,47	32,00	21,70	0,00	11,40
31/out	96	3	1,15	26,02	60,00	1,27	33,00	22,20	0,00	12,50
01/nov	97	3	1,15	26,00	54,25	1,07	33,60	21,30	0,00	13,70
02/nov	98	3	1,15	25,08	58,25	1,53	32,80	21,10	0,00	11,70
03/nov	99	3	1,15	25,08	57,75	1,30	32,00	22,20	0,00	12,60
04/nov	100	3	1,15	25,38	56,25	1,63	32,10	21,50	0,00	14,30
05/nov	101	3	1,15	25,86	54,25	1,03	33,80	21,50	0,00	13,20
06/nov	102	3	1,15	25,52	55,50	2,77	31,60	21,10	0,00	13,70
07/nov	103	3	1,15	21,38	80,25	2,53	25,20	19,80	0,00	7,50
08/nov	104	3	1,15	22,90	69,00	1,33	30,00	18,70	0,00	12,60
09/nov	105	3	1,15	24,06	55,50	3,43	30,70	18,50	0,00	14,40
10/nov	106	4	1,14	23,48	64,75	1,57	27,40	19,50	0,00	8,80
11/nov	107	4	1,14	24,64	58,75	2,57	32,20	19,50	0,00	12,40
12/nov	108	4	1,13	25,14	54,25	2,13	32,10	18,90	0,00	15,00
13/nov	109	4	1,13	25,32	58,25	2,47	31,60	20,50	0,00	10,60
14/nov	110	4	1,12	25,24	57,00	1,37	31,60	20,30	0,00	11,20
15/nov	111	4	1,12	26,62	47,00	1,47	34,50	21,10	0,00	13,70
16/nov	112	4	1,11	26,96	40,25	1,93	35,60	20,10	0,00	13,50
17/nov	113	4	1,11	26,64	47,50	2,03	33,60	21,70	0,00	14,20
18/nov	114	4	1,10	27,22	47,75	1,40	33,60	23,40	24,00	13,80
19/nov	115	4	1,09	26,40	50,00	1,80	32,80	21,50	3,00	14,00
20/nov	116	4	1,09	26,30	53,75	1,60	32,00	22,20	6,50	12,90
21/nov	117	4	1,08	26,06	53,00	2,67	32,30	21,90	0,00	10,70
22/nov	118	4	1,08	25,16	51,75	2,53	32,60	19,90	0,00	14,60
23/nov	119	4	1,07	25,44	53,75	1,63	32,20	20,90	0,00	11,30
24/nov	120	4	1,07	25,32	51,25	1,10	32,20	20,50	0,00	13,00
25/nov	121	4	1,06	26,66	52,75	0,90	34,80	21,50	0,00	12,80
26/nov	122	4	1,06	26,76	48,50	1,53	35,00	21,10	0,00	13,70
27/nov	123	4	1,05	26,92	55,50	1,00	35,60	20,30	0,00	12,90



**Tabela A2.** Valores diários (Projeto/Ano 2009) de coeficientes da cultura (Kc), temperatura média (Tmed), máxima (Tmáx) e mínima (Tmín) em °C, umidade relativa média do ar (UR Med) em %, velocidade do vento (Vento) a 2 m da superfície do solo, em m s<sup>-1</sup>, precipitação (Chuva) em mm e radiação líquida total diária (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>).

Data	Dia do ciclo	Fase	Kc	T Med	UR Med	Vento	Tmáx	Tmín	Chuva	Rad Líquida
11/jan	1	1	0,70	24,58	70,25	2,40	30,00	20,40	0,00	12,90
12/jan	2	1	0,70	24,76	81,75	1,83	31,20	21,70	0,00	13,70
13/jan	3	1	0,70	24,12	73,75	1,97	30,00	21,30	0,00	12,30
14/jan	4	1	0,70	25,52	66,00	2,33	30,80	21,50	0,00	14,60
15/jan	5	1	0,70	26,10	66,50	1,07	31,80	21,70	0,00	14,50
16/jan	6	1	0,70	25,24	70,25	1,60	30,60	21,90	0,00	13,20
17/jan	7	1	0,70	25,98	67,75	1,73	31,60	23,00	0,00	13,90
18/jan	8	1	0,70	25,42	70,50	1,23	30,60	22,60	0,00	13,70
19/jan	9	1	0,70	25,78	56,75	1,50	31,70	21,30	0,00	16,10
20/jan	10	1	0,70	25,10	67,50	1,77	30,90	19,50	8,00	14,70
21/jan	11	1	0,70	26,04	64,00	1,07	31,40	21,10	0,00	12,80
22/jan	12	1	0,70	27,64	61,75	1,30	33,40	22,80	16,00	13,70
23/jan	13	1	0,70	27,22	61,75	1,20	33,60	23,00	0,00	14,30
24/jan	14	1	0,70	25,46	74,25	1,50	32,10	22,40	0,00	13,50
25/jan	15	1	0,70	25,70	74,00	1,60	31,20	22,80	0,00	13,90
26/jan	16	1	0,70	26,54	67,00	2,27	31,80	23,00	0,00	13,00
27/jan	17	1	0,70	24,26	79,75	1,77	29,40	21,60	0,00	9,20
28/jan	18	1	0,70	26,14	58,25	2,53	31,60	21,80	0,00	16,20
29/jan	19	1	0,70	26,12	55,00	1,63	33,00	19,90	0,00	16,70
30/jan	20	1	0,70	26,98	55,50	2,80	33,00	22,50	0,00	16,70
31/jan	21	1	0,70	26,04	57,50	1,10	33,00	19,50	20,00	16,60
01/fev	22	1	0,70	26,88	62,75	0,93	33,10	22,60	35,00	12,30
02/fev	23	1	0,70	26,42	70,25	1,87	31,70	23,50	0,00	11,80
03/fev	24	1	0,70	24,64	87,50	0,90	30,20	21,50	25,00	12,80
04/fev	25	1	0,70	25,74	70,75	0,87	31,80	21,50	0,00	14,60
05/fev	26	2	0,71	26,18	64,00	1,40	32,00	22,40	0,00	14,60
06/fev	27	2	0,72	25,46	72,00	1,30	31,20	22,40	0,00	11,60
07/fev	28	2	0,73	26,32	66,75	0,93	32,50	22,20	0,00	13,00
08/fev	29	2	0,74	26,78	60,25	0,93	33,60	22,40	0,00	14,40
09/fev	30	2	0,76	28,48	56,50	0,80	34,60	23,80	0,00	14,60
10/fev	31	2	0,77	26,22	64,75	0,53	30,80	23,20	0,00	11,10
11/fev	32	2	0,78	27,08	51,00	1,53	33,40	20,70	0,00	15,30
12/fev	33	2	0,79	26,56	61,00	0,70	33,20	22,80	0,00	12,90
13/fev	34	2	0,80	27,30	59,00	0,77	33,50	23,20	0,00	12,50
14/fev	35	2	0,81	26,00	64,50	0,83	32,50	22,60	0,00	12,10
15/fev	36	2	0,82	26,26	59,50	1,17	32,40	21,50	1,30	12,30
16/fev	37	2	0,83	26,72	53,00	2,20	33,00	20,30	6,00	14,80
17/fev	38	2	0,84	24,98	70,00	1,33	31,20	21,90	0,00	11,90
18/fev	39	2	0,85	23,32	90,50	1,77	29,00	20,70	0,00	7,70
19/fev	40	2	0,86	23,08	79,50	3,07	27,80	20,10	0,00	9,50

Data	Dia do ciclo	Fase	Kc	T Med	UR Med	Vento	Tmáx	Tmín	Chuva	Rad Líquida
20/fev	41	2	0,88	24,14	77,75	2,67	29,30	20,30	0,00	12,30
21/fev	42	2	0,89	25,72	66,25	1,67	31,60	21,10	0,00	13,20
22/fev	43	2	0,90	24,78	76,25	1,40	32,80	21,90	0,00	13,70
23/fev	44	2	0,91	23,94	77,25	1,17	31,00	19,70	0,00	13,00
24/fev	45	2	0,92	25,64	70,75	1,97	31,60	21,30	0,00	13,10
25/fev	46	2	0,93	27,28	58,25	1,97	32,80	22,70	0,00	13,50
26/fev	47	2	0,94	25,90	78,25	2,47	31,30	22,90	5,00	12,10
27/fev	48	2	0,95	24,50	71,00	1,77	29,80	19,80	5,30	13,40
28/fev	49	2	0,96	25,92	65,25	2,17	30,20	21,70	16,00	11,60
01/mar	50	2	0,98	27,12	65,00	1,65	33,10	22,80	48,00	11,90
02/mar	51	2	0,99	27,36	82,50	1,95	33,00	22,60	31,00	17,20
03/mar	52	2	1,00	27,22	80,75	1,15	33,80	23,20	0,00	16,40
04/mar	53	2	1,01	27,64	67,25	0,90	35,40	22,40	0,00	16,80
05/mar	54	2	1,02	28,52	66,00	0,75	35,40	21,90	87,50	15,20
06/mar	55	2	1,03	28,24	69,75	1,00	33,80	24,00	18,60	11,50
07/mar	56	2	1,04	27,20	69,75	1,05	32,60	23,00	0,00	10,20
08/mar	57	2	1,05	26,70	68,50	0,90	32,60	22,60	0,00	12,90
09/mar	58	2	1,06	27,80	66,00	1,50	34,30	22,40	15,00	14,80
10/mar	59	2	1,07	27,64	64,50	1,90	34,30	23,00	0,00	16,30
11/mar	60	2	1,08	28,32	63,25	2,40	34,60	23,60	0,00	15,80
12/mar	61	2	1,10	27,44	69,25	1,30	33,80	22,40	0,00	16,40
13/mar	62	2	1,11	27,66	66,75	1,50	34,80	23,20	0,00	15,40
14/mar	63	2	1,12	28,24	69,25	0,65	36,20	22,30	0,00	16,00
15/mar	64	2	1,13	29,12	64,50	1,40	37,00	22,10	0,00	14,70
16/mar	65	2	1,14	28,14	70,25	1,25	35,40	23,20	0,00	15,10
17/mar	66	2	1,15	25,90	71,50	1,40	31,60	22,60	8,30	11,60
18/mar	67	2	1,16	25,98	68,25	1,15	33,40	22,80	18,00	13,30
19/mar	68	2	1,17	26,20	76,50	1,15	33,90	22,40	0,00	13,60
20/mar	69	2	1,18	27,58	69,50	1,15	34,20	23,10	3,60	13,70
21/mar	70	2	1,20	25,70	85,25	0,80	32,40	21,80	9,50	12,10
22/mar	71	2	1,21	27,54	83,50	1,55	32,50	25,90	2,60	11,80
23/mar	72	2	1,22	27,46	78,00	1,15	33,00	23,70	7,50	12,60
24/mar	73	2	1,23	27,04	81,75	1,20	32,70	23,10	0,00	13,20
25/mar	74	2	1,24	27,10	75,25	1,35	33,30	23,60	0,00	12,00
26/mar	75	2	1,25	28,18	71,00	1,30	34,20	22,80	0,00	14,40
27/mar	76	3	1,25	27,42	68,00	1,55	32,80	23,80	0,00	12,40
28/mar	77	3	1,25	27,52	76,25	1,00	33,80	23,70	0,00	14,60
29/mar	78	3	1,25	28,36	80,25	0,90	35,80	20,90	0,00	16,20
30/mar	79	3	1,25	25,92	83,75	1,30	33,40	21,10	9,50	12,90
31/mar	80	3	1,25	25,20	79,00	1,60	32,40	22,10	27,50	11,00
01/abr	81	3	1,25	26,86	77,00	1,85	33,00	21,90	0,00	12,90
02/abr	82	3	1,25	25,34	82,00	1,00	28,20	23,00	0,00	6,50
03/abr	83	3	1,25	26,60	82,75	1,25	31,20	22,70	0,00	11,70
04/abr	84	3	1,25	23,76	83,50	1,45	30,00	19,70	0,00	10,80
05/abr	85	3	1,25	25,56	77,50	0,80	31,30	21,50	0,00	11,50

Data	Dia do ciclo	Fase	Kc	T Med	UR Med	Vento	Tmáx	Tmín	Chuva	Rad Líquida
06/abr	86	3	1,25	25,42	89,00	1,60	31,20	21,90	0,00	15,30
07/abr	87	3	1,25	25,78	87,00	1,65	31,60	21,70	10,00	13,50
08/abr	88	3	1,25	25,86	80,75	0,90	32,00	21,60	0,00	14,00
09/abr	89	3	1,25	25,08	78,50	1,15	31,20	22,50	2,75	10,40
10/abr	90	3	1,25	25,54	76,25	1,00	30,80	21,40	0,00	10,10
11/abr	91	3	1,25	23,52	69,75	0,65	27,60	20,70	0,00	9,10
12/abr	92	3	1,25	25,24	74,00	1,40	30,20	22,40	0,00	12,10
13/abr	93	3	1,25	23,92	70,75	1,80	28,40	21,30	0,00	10,00
14/abr	94	3	1,25	25,04	72,75	1,00	31,00	21,10	0,00	12,30
15/abr	95	3	1,25	24,94	70,50	1,00	30,40	22,40	0,00	12,60
16/abr	96	3	1,25	24,04	68,50	1,60	30,80	20,10	0,00	11,60
17/abr	97	3	1,25	23,20	71,75	2,05	27,20	20,10	0,00	8,50
18/abr	98	3	1,25	23,60	84,75	2,60	27,20	21,30	0,00	7,70
19/abr	99	3	1,25	22,98	82,75	2,00	26,80	20,80	0,00	6,80
20/abr	100	3	1,25	24,14	64,50	1,50	28,10	21,30	0,00	9,10
21/abr	101	3	1,25	23,80	78,25	1,60	27,40	20,90	0,00	9,10
22/abr	102	3	1,25	23,08	81,25	2,90	27,40	21,50	0,00	8,30
23/abr	103	3	1,25	22,84	68,50	0,25	27,00	20,50	0,00	7,30
24/abr	104	3	1,25	25,24	78,00	0,75	30,60	21,60	0,00	11,60
25/abr	105	3	1,25	25,16	66,75	1,15	30,30	23,00	35,00	11,00
26/abr	106	4	1,24	24,46	73,25	0,75	27,60	22,80	0,00	5,70
27/abr	107	4	1,23	25,74	78,50	1,75	31,90	19,90	0,00	12,50
28/abr	108	4	1,23	25,54	76,50	0,75	30,70	22,50	0,00	11,00
29/abr	109	4	1,22	23,14	77,25	1,25	26,30	21,10	0,00	6,50
30/abr	110	4	1,21	23,58	74,00	1,15	28,50	20,50	17,00	8,30
01/mai	111	4	1,20	22,90	69,25	1,15	25,20	21,70	0,00	5,60
02/mai	112	4	1,20	24,40	61,00	1,60	28,00	20,50	0,00	9,60
03/mai	113	4	1,19	23,52	79,75	1,40	26,60	21,10	0,00	6,70
04/mai	114	4	1,18	24,04	84,75	2,20	27,70	20,90	0,00	8,30
05/mai	115	4	1,17	22,42	76,75	2,30	26,40	20,70	0,00	7,10
06/mai	116	4	1,16	23,38	70,50	0,60	27,60	19,80	15,00	8,20
07/mai	117	4	1,16	24,12	70,25	1,05	29,40	21,90	0,00	8,60
08/mai	118	4	1,15	24,46	73,50	1,85	27,40	22,40	0,00	7,00
09/mai	119	4	1,14	23,56	81,75	1,05	26,80	21,50	0,00	6,20
10/mai	120	4	1,13	23,44	81,75	1,90	26,60	21,30	0,00	6,50
11/mai	121	4	1,13	23,56	88,00	0,65	29,30	19,90	0,00	10,30
12/mai	122	4	1,12	23,80	68,75	0,60	29,00	20,90	0,00	10,00
13/mai	123	4	1,11	23,42	74,50	0,80	29,80	20,20	0,00	9,80
14/mai	124	4	1,10	23,76	82,00	1,20	28,60	21,20	0,00	8,20
15/mai	125	4	1,09	24,34	73,25	0,90	28,40	21,40	0,00	7,50
16/mai	126	4	1,09	24,54	75,25	1,20	29,40	22,20	0,00	7,10
17/mai	127	4	1,08	24,10	72,50	3,15	29,80	21,90	0,00	8,30
18/mai	128	4	1,07	22,00	67,50	1,70	24,40	20,90	0,00	5,30
19/mai	129	4	1,06	22,82	70,75	2,40	26,20	19,40	0,00	9,40
20/mai	130	4	1,06	21,74	65,50	1,80	26,70	17,50	0,00	8,00

Data	Dia do ciclo	Fase	Kc	T Med	UR Med	Vento	Tmáx	Tmín	Chuva	Rad Líquida
21/mai	131	4	1,05	23,62	69,25	2,25	27,60	20,00	0,00	9,70
22/mai	132	4	1,04	21,92	62,25	2,40	24,80	20,50	0,00	5,00
23/mai	133	4	1,03	21,94	65,25	2,50	25,20	19,60	0,00	5,30
24/mai	134	4	1,02	22,22	67,00	1,10	25,50	19,10	0,00	5,90
25/mai	135	4	1,02	22,26	63,75	1,40	27,80	19,50	0,00	8,70
26/mai	136	4	1,01	21,04	72,00	0,85	27,20	16,90	0,00	8,80
27/mai	137	4	1,00	23,04	67,75	1,65	29,20	15,70	0,00	10,10
28/mai	138	4	0,99	23,08	63,25	1,10	27,60	21,10	0,00	5,90
29/mai	139	4	0,99	24,14	64,25	2,25	28,60	21,20	0,00	8,70
30/mai	140	4	0,98	23,62	66,75	1,00	26,60	21,20	0,00	6,80
31/mai	141	4	0,97	22,72	87,50	1,00	28,00	19,30	0,00	9,70
01/jun	142	4	0,96	24,24	74,25	0,93	30,40	20,10	0,00	9,40
02/jun	143	4	0,95	24,44	76,00	2,03	31,20	20,50	0,00	9,80
03/jun	144	4	0,95	22,48	86,50	1,33	27,80	19,70	0,00	6,30
04/jun	145	4	0,94	22,38	93,75	1,20	26,00	20,40	0,00	5,90
05/jun	146	4	0,93	22,52	86,75	1,87	26,60	20,10	0,00	7,10
06/jun	147	4	0,92	22,34	88,50	1,07	26,60	20,70	0,00	6,60
07/jun	148	4	0,92	22,28	79,00	2,00	25,80	19,90	0,80	8,60
08/jun	149	4	0,91	20,88	82,75	2,60	22,80	19,70	0,20	5,60
09/jun	150	4	0,90	20,52	83,50	2,37	23,20	18,90	3,40	4,90

**Tabela A3.** Valores diários (Projeto/Ano 2010) de coeficientes da cultura (Kc), temperatura média (Tmed), máxima (Tmáx) e mínima (Tmín) em °C, umidade relativa média do ar (UR Med) em %, velocidade do vento (Vento) a 2 m da superfície do solo, em  $m s^{-1}$ , precipitação (Chuva) em mm e radiação líquida total diária ( $MJ m^{-2} dia^{-1}$ ).

Data	Dia do ciclo	Fase	Kc	T Med	UR Med	Vento	Tmáx	Tmín	Chuva	Rad Líquida
20/abr	1	1	0,70	23,82	75,00	1,27	29,40	21,40	3,00	12,30
21/abr	2	1	0,70	24,04	75,75	1,07	29,60	19,90	2,00	12,90
22/abr	3	1	0,70	23,96	85,25	0,93	28,40	21,30	2,00	8,80
23/abr	4	1	0,70	25,14	77,75	0,93	29,60	22,60	0,00	12,30
24/abr	5	1	0,70	25,36	69,25	1,50	30,20	20,90	3,00	12,60
25/abr	6	1	0,70	23,72	83,25	1,83	28,40	21,70	0,00	11,30
26/abr	7	1	0,70	23,88	77,00	0,70	29,40	20,30	0,00	12,00
27/abr	8	1	0,70	24,72	72,25	0,67	30,60	20,30	0,00	12,00
28/abr	9	1	0,70	24,60	74,25	1,73	30,40	22,10	7,00	11,10
29/abr	10	1	0,70	23,68	70,25	1,43	29,20	21,10	6,00	12,10
30/abr	11	1	0,70	23,18	72,75	0,90	29,10	19,50	17,00	11,40
01/mai	12	1	0,70	23,56	76,75	1,30	29,60	18,70	0,00	10,10
02/mai	13	1	0,70	23,38	76,50	1,10	28,80	20,70	0,00	10,80
03/mai	14	1	0,70	23,66	76,25	1,17	27,60	20,60	0,00	9,80
04/mai	15	1	0,70	23,94	68,00	1,60	28,90	19,50	0,00	11,80
05/mai	16	1	0,70	23,68	83,25	0,90	28,00	20,70	10,00	8,60
06/mai	17	1	0,70	23,42	90,25	1,00	27,70	21,10	11,00	8,90

Data	Dia do ciclo	Fase	Kc	T Med	UR Med	Vento	Tmáx	Tmín	Chuva	Rad Líquida
07/mai	18	1	0,70	24,00	71,25	1,73	28,80	20,70	0,00	10,50
08/mai	19	1	0,70	23,08	72,50	0,67	29,40	18,70	6,00	11,70
09/mai	20	1	0,70	24,18	73,00	1,57	30,70	19,50	0,00	12,00
10/mai	21	1	0,70	25,68	74,75	0,83	31,10	21,90	0,00	9,60
11/mai	22	1	0,70	25,60	72,75	0,87	30,60	22,80	0,00	9,90
12/mai	23	1	0,70	24,40	82,50	0,93	30,60	21,90	0,00	6,90
13/mai	24	1	0,70	24,82	77,75	0,97	30,70	21,50	0,00	8,20
14/mai	25	1	0,70	26,16	75,50	1,40	31,70	21,50	0,00	10,60
15/mai	26	2	0,71	23,78	89,00	2,00	27,00	22,60	0,00	7,40
16/mai	27	2	0,72	23,92	88,50	1,07	26,80	21,90	0,00	6,30
17/mai	28	2	0,73	23,16	90,75	0,77	25,80	21,80	12,00	5,50
18/mai	29	2	0,74	22,56	90,00	1,57	25,40	20,90	0,00	5,30
19/mai	30	2	0,74	24,08	85,25	1,33	28,80	22,70	0,00	9,30
20/mai	31	2	0,75	22,76	79,75	1,27	27,60	21,30	0,00	8,30
21/mai	32	2	0,76	23,96	74,75	1,37	29,40	20,30	0,00	11,00
22/mai	33	2	0,77	23,76	77,00	1,40	29,10	20,80	0,00	8,80
23/mai	34	2	0,78	24,52	76,75	1,37	30,00	21,30	0,00	8,30
24/mai	35	2	0,79	23,88	85,25	0,67	28,20	21,70	0,00	8,20
25/mai	36	2	0,80	25,16	72,00	1,27	29,80	21,70	0,00	10,30
26/mai	37	2	0,81	23,12	76,00	1,13	28,00	20,90	0,00	9,10
27/mai	38	2	0,82	23,34	72,25	0,33	29,20	20,20	0,00	10,50
28/mai	39	2	0,83	22,78	70,75	1,47	29,20	17,90	0,00	5,90
29/mai	40	2	0,84	22,88	74,00	0,90	28,60	20,10	0,00	9,10
30/mai	41	2	0,84	24,84	67,50	1,40	30,80	20,50	0,00	6,90
31/mai	42	2	0,85	24,92	69,75	1,27	32,00	21,10	0,00	9,40
01/jun	43	2	0,86	24,32	71,50	0,93	30,40	18,50	3,00	9,30
02/jun	44	2	0,87	22,54	79,00	1,57	25,90	19,90	28,00	9,50
03/jun	45	2	0,88	22,62	72,50	2,27	25,60	19,90	0,00	6,10
04/jun	46	2	0,89	22,08	72,50	2,67	25,60	19,10	0,00	5,60
05/jun	47	2	0,90	22,20	72,50	0,87	28,40	18,00	2,00	6,80
06/jun	48	2	0,91	22,92	68,50	0,57	31,80	16,00	5,00	6,40
07/jun	49	2	0,92	22,88	72,25	1,23	29,60	16,90	0,00	8,60
08/jun	50	2	0,92	23,34	78,25	2,20	26,00	20,50	3,50	5,60
09/jun	51	2	0,93	23,24	63,50	1,90	28,60	19,50	2,00	4,90
10/jun	52	2	0,94	23,14	69,50	2,00	27,80	19,80	0,00	9,70
11/jun	53	2	0,95	23,26	66,00	2,50	28,80	17,00	0,00	7,90
12/jun	54	2	0,96	23,16	78,25	1,73	27,80	20,90	0,00	8,40
13/jun	55	2	0,97	21,22	69,25	1,73	27,90	20,50	0,00	7,20
14/jun	56	2	0,98	19,50	65,00	1,67	26,90	14,10	0,00	7,60
15/jun	57	2	0,99	20,06	68,00	1,77	27,00	16,30	0,00	4,90
16/jun	58	2	1,00	22,64	77,25	1,07	27,60	20,30	0,00	5,20
17/jun	59	2	1,01	22,28	65,50	1,93	28,60	18,90	0,00	7,40
18/jun	60	2	1,01	20,82	72,00	1,33	28,10	16,10	0,00	8,00
19/jun	61	2	1,02	22,52	71,75	1,07	29,00	16,30	0,00	9,20
20/jun	62	2	1,03	23,44	66,50	1,30	30,60	18,20	0,00	9,70

Data	Dia do ciclo	Fase	Kc	T Med	UR Med	Vento	Tmáx	Tmín	Chuva	Rad Líquida
21/jun	63	2	1,04	23,14	70,50	1,10	30,50	20,50	0,00	10,20
22/jun	64	2	1,05	22,44	66,00	1,17	31,40	19,40	0,00	7,30
23/jun	65	2	1,06	24,10	74,75	1,60	30,30	18,30	0,00	9,20
24/jun	66	2	1,07	22,70	65,50	2,17	28,60	17,20	0,00	8,10
25/jun	67	2	1,08	20,78	89,00	2,13	25,20	16,80	0,00	9,10
26/jun	68	2	1,09	21,00	79,75	1,93	24,20	18,10	0,00	9,40
27/jun	69	2	1,10	22,14	69,50	2,07	28,60	17,60	0,00	9,30
28/jun	70	2	1,10	21,36	79,00	1,83	26,40	16,00	0,00	9,90
29/jun	71	2	1,11	22,62	74,50	2,60	26,00	18,70	0,00	8,90
30/jun	72	2	1,12	21,60	73,25	2,27	25,60	16,90	2,50	9,30
01/jul	73	2	1,13	21,46	80,00	2,77	27,20	17,70	0,00	9,40
02/jul	74	2	1,14	19,88	94,25	2,10	24,10	17,00	0,00	10,80
03/jul	75	2	1,15	22,60	70,00	1,73	26,80	18,90	0,00	10,00
04/jul	76	3	1,15	22,34	63,75	1,70	27,50	19,90	0,00	9,20
05/jul	77	3	1,15	22,18	71,75	1,67	27,30	20,10	0,00	9,40
06/jul	78	3	1,15	20,42	71,50	1,90	26,80	18,10	0,00	8,80
07/jul	79	3	1,15	21,74	74,75	1,33	25,60	19,20	0,00	6,50
08/jul	80	3	1,15	22,52	82,75	1,17	29,40	20,30	2,50	6,40
09/jul	81	3	1,15	24,92	65,50	1,17	31,30	21,00	4,00	6,20
10/jul	82	3	1,15	21,48	89,75	1,47	25,60	19,70	4,00	5,70
11/jul	83	3	1,15	20,16	87,50	1,00	24,60	16,30	2,00	6,40
12/jul	84	3	1,15	22,14	72,25	0,80	28,60	18,30	0,00	8,30
13/jul	85	3	1,15	24,98	64,50	0,87	28,10	18,90	0,00	6,90
14/jul	86	3	1,15	23,38	76,00	1,90	29,50	20,10	0,00	8,30
15/jul	87	3	1,15	22,76	71,00	1,67	29,00	19,50	0,00	8,80
16/jul	88	3	1,15	20,44	92,50	1,83	22,70	17,30	0,00	6,40
17/jul	89	3	1,15	19,54	95,75	1,07	22,80	16,90	4,00	5,90
18/jul	90	3	1,15	21,08	83,75	1,23	28,00	18,10	0,00	9,20
19/jul	91	3	1,15	22,40	73,75	1,70	26,80	18,90	0,00	10,70
20/jul	92	3	1,15	22,48	67,50	2,00	28,00	17,50	0,00	8,60
21/jul	93	3	1,15	20,20	87,50	1,00	23,60	18,10	0,00	9,80
22/jul	94	3	1,15	20,34	85,00	1,10	25,60	16,30	0,00	10,00
23/jul	95	3	1,15	21,50	73,00	1,90	27,50	16,90	0,00	10,00
24/jul	96	3	1,15	20,58	84,25	1,33	24,60	17,50	0,00	9,70
25/jul	97	3	1,15	21,48	77,50	1,50	27,20	16,30	0,00	7,30
26/jul	98	3	1,15	21,00	88,50	1,80	25,80	18,30	0,00	6,80
27/jul	99	3	1,15	21,22	80,00	2,03	27,80	18,10	0,00	10,80
28/jul	100	3	1,15	21,78	68,25	1,73	28,30	18,70	0,00	10,80
29/jul	101	3	1,15	22,16	58,25	1,73	28,00	15,70	0,00	10,50
30/jul	102	3	1,15	20,08	88,00	1,30	24,50	16,70	0,00	11,10
31/jul	103	3	1,15	19,80	81,50	1,60	25,40	17,90	2,50	11,50
01/ago	104	3	1,15	20,24	83,25	1,33	24,40	16,90	0,00	7,50
02/ago	105	3	1,15	21,06	82,50	0,97	25,60	18,30	10,00	7,80
03/ago	106	4	1,14	20,76	85,50	1,07	24,70	18,10	13,00	9,70
04/ago	107	4	1,14	20,96	79,50	1,57	25,60	17,90	0,00	9,70

Data	Dia do ciclo	Fase	Kc	T Med	UR Med	Vento	Tmáx	Tmín	Chuva	Rad Líquida
05/ago	108	4	1,13	20,80	84,25	1,87	25,60	18,30	0,00	11,00
06/ago	109	4	1,13	21,18	76,00	0,90	27,80	18,30	0,00	9,90
07/ago	110	4	1,12	21,76	72,00	0,67	27,30	16,20	0,00	10,00
08/ago	111	4	1,12	19,78	72,00	1,27	26,80	15,90	0,00	8,20
09/ago	112	4	1,11	21,18	71,00	1,30	29,00	15,70	0,00	10,10
10/ago	113	4	1,11	22,54	62,00	1,53	29,10	18,30	0,00	10,50
11/ago	114	4	1,10	19,30	78,25	2,23	25,60	14,70	0,00	10,70
12/ago	115	4	1,09	20,92	73,00	1,77	25,40	18,30	0,00	11,90
13/ago	116	4	1,09	21,88	64,75	1,27	29,70	15,10	0,00	11,70
14/ago	117	4	1,08	22,56	66,75	0,77	30,80	18,90	0,00	9,10
15/ago	118	4	1,08	23,18	67,50	1,20	30,90	18,90	0,00	11,30
16/ago	119	4	1,07	22,50	72,50	1,03	27,50	20,10	0,00	10,10
17/ago	120	4	1,07	20,90	66,50	2,60	25,60	17,10	0,00	8,90
18/ago	121	4	1,06	20,34	56,75	3,73	25,80	17,70	0,00	11,10
19/ago	122	4	1,06	19,34	66,50	2,00	24,20	14,90	0,00	7,30
20/ago	123	4	1,05	21,20	64,00	0,73	27,00	16,70	0,00	7,30
21/ago	124	4	1,04	22,44	62,75	2,57	28,80	17,50	0,00	10,80
22/ago	125	4	1,04	22,52	57,25	1,73	29,00	19,50	0,00	8,80
23/ago	126	4	1,03	22,26	62,75	0,97	28,10	18,10	6,00	6,20
24/ago	127	4	1,03	22,02	65,00	1,37	29,00	17,30	6,50	8,20
25/ago	128	4	1,02	22,20	69,00	0,87	27,60	18,30	0,00	9,70
26/ago	129	4	1,02	22,66	62,75	1,53	30,70	17,50	0,00	12,20
27/ago	130	4	1,01	24,02	66,00	2,03	30,90	19,70	0,00	12,70
28/ago	131	4	1,01	24,20	75,50	1,63	30,20	20,10	0,00	10,60

**Tabela A4.** Valores diários (Projeto/Ano 2011) de coeficientes da cultura (Kc), temperatura média (Tmed), máxima (Tmáx) e mínima (Tmín) em °C, umidade relativa média do ar (UR Med) em %, velocidade do vento (Vento) a 2 m da superfície do solo, em  $m s^{-1}$ , precipitação (Chuva) em mm e radiação líquida total diária ( $MJ m^{-2} dia^{-1}$ ).

Data	Dia do ciclo	Fase	Kc	T Med	UR Med	Vento	Tmáx	Tmín	Chuva	Rad Líquida
15/out	1	1	0,70	25,38	65,00	1,30	30,60	22,60	0,00	10,80
16/out	2	1	0,70	25,08	82,50	1,13	33,60	22,30	0,00	11,40
17/out	3	1	0,70	27,08	73,00	2,03	33,70	23,60	0,00	11,30
18/out	4	1	0,70	24,16	93,00	1,33	28,40	22,90	0,00	7,10
19/out	5	1	0,70	21,22	83,75	1,80	23,90	20,40	37,50	7,00
20/out	6	1	0,70	21,70	70,50	2,60	25,10	18,70	3,60	6,90
21/out	7	1	0,70	20,78	79,75	1,57	23,20	18,50	0,00	7,30
22/out	8	1	0,70	22,20	78,50	1,00	26,60	19,60	0,00	7,30
23/out	9	1	0,70	23,72	78,75	1,40	28,20	19,90	0,00	10,70
24/out	10	1	0,70	24,56	78,00	1,33	31,20	22,10	0,00	13,10
25/out	11	1	0,70	25,80	66,75	1,23	30,80	21,70	0,00	13,40
26/out	12	1	0,70	26,36	62,75	1,93	33,00	21,70	0,00	14,20
27/out	13	1	0,70	26,96	59,75	1,73	33,40	21,70	0,00	13,30

Data	Dia do ciclo	Fase	Kc	T Med	UR Med	Vento	Tmáx	Tmín	Chuva	Rad Líquida
28/out	14	1	0,70	26,48	60,00	1,07	33,00	22,80	0,00	14,20
29/out	15	1	0,70	25,96	62,00	1,07	32,40	23,10	0,00	12,50
30/out	16	1	0,70	26,78	54,00	1,40	34,40	22,80	3,00	13,90
31/out	17	1	0,70	27,68	53,50	1,00	35,30	22,20	0,00	14,00
01/nov	18	1	0,70	24,94	68,50	2,20	30,50	21,60	0,00	9,20
02/nov	19	1	0,70	22,32	74,25	2,30	26,20	19,90	0,00	7,90
03/nov	20	1	0,70	21,74	80,75	7,23	27,20	19,80	0,00	7,90
04/nov	21	1	0,70	21,90	74,75	2,07	23,60	20,40	0,00	7,10
05/nov	22	1	0,70	20,84	78,25	1,57	25,40	18,70	0,00	7,30
06/nov	23	1	0,70	24,96	53,75	0,80	31,40	19,50	0,00	14,40
07/nov	24	1	0,70	24,74	64,75	1,73	31,40	19,90	0,00	13,50
08/nov	25	1	0,70	21,24	91,75	1,53	25,20	19,80	0,00	7,20
09/nov	26	2	0,71	19,52	97,75	1,00	21,80	18,60	0,00	7,10
10/nov	27	2	0,72	21,38	87,50	1,53	23,70	19,90	0,00	7,20
11/nov	28	2	0,73	21,88	85,50	1,00	25,20	19,60	0,00	7,70
12/nov	29	2	0,74	22,80	85,25	0,83	27,10	21,20	0,00	10,70
13/nov	30	2	0,74	24,72	69,75	1,37	29,80	20,10	0,00	13,80
14/nov	31	2	0,75	24,42	67,00	1,63	30,50	22,10	11,50	13,90
15/nov	32	2	0,76	25,10	70,00	0,93	31,30	22,40	48,00	13,00
16/nov	33	2	0,77	26,68	68,00	1,27	32,70	22,20	5,00	12,90
17/nov	34	2	0,78	25,74	79,25	0,83	31,00	23,10	0,00	11,60
18/nov	35	2	0,79	25,38	76,50	1,27	30,10	23,90	20,00	9,40
19/nov	36	2	0,80	24,64	77,50	1,50	29,70	22,20	25,00	10,20
20/nov	37	2	0,81	24,14	78,50	1,50	28,90	21,50	0,00	9,40
21/nov	38	2	0,82	24,54	74,00	1,17	29,00	22,30	0,00	11,20
22/nov	39	2	0,83	25,28	64,50	1,50	31,70	21,90	0,00	14,00
23/nov	40	2	0,84	25,26	69,75	1,30	31,00	21,70	30,00	12,20
24/nov	41	2	0,84	22,66	89,75	1,07	25,90	21,80	0,00	7,40
25/nov	42	2	0,85	23,14	85,75	0,67	27,00	21,20	0,00	8,50
26/nov	43	2	0,86	25,64	63,75	1,60	31,80	22,20	0,00	16,20
27/nov	44	2	0,87	25,42	66,50	1,23	32,40	22,60	0,00	13,90
28/nov	45	2	0,88	25,32	66,25	1,83	31,00	22,60	7,00	13,50
29/nov	46	2	0,89	25,04	59,00	1,57	31,60	21,40	2,00	14,10
30/nov	47	2	0,90	24,90	68,75	1,40	30,00	22,80	0,00	13,30
01/dez	48	2	0,91	25,24	72,00	1,57	30,70	22,50	0,00	11,40
02/dez	49	2	0,92	24,86	76,00	1,27	28,70	23,50	0,00	8,50
03/dez	50	2	0,92	24,00	80,00	1,00	29,60	23,20	0,20	8,60
04/dez	51	2	0,93	25,36	66,75	1,20	30,60	23,00	0,00	11,20
05/dez	52	2	0,94	26,78	55,25	1,57	32,80	23,00	0,00	13,90
06/dez	53	2	0,95	25,98	57,75	1,47	32,20	22,70	0,00	15,60
07/dez	54	2	0,96	26,20	60,50	2,00	31,30	22,80	0,00	12,40
08/dez	55	2	0,97	26,32	54,75	1,63	34,00	22,60	0,00	16,20
09/dez	56	2	0,98	27,70	57,00	1,17	34,40	23,50	0,00	13,40
10/dez	57	2	0,99	27,54	68,00	1,43	36,60	24,40	42,00	8,20
11/dez	58	2	1,00	26,02	75,75	1,63	35,90	21,90	11,50	14,10



Data	Dia do ciclo	Fase	Kc	T Med	UR Med	Vento	Tmáx	Tmín	Chuva	Rad Líquida
12/dez	59	2	1,01	22,38	92,00	0,40	23,70	21,60	40,00	7,40
13/dez	60	2	1,01	24,24	86,50	0,90	29,30	22,80	0,00	9,90
14/dez	61	2	1,02	24,08	85,50	1,70	28,90	21,90	8,00	11,30
15/dez	62	2	1,03	25,02	68,25	1,20	30,90	22,70	8,00	14,00
16/dez	63	2	1,04	25,32	75,25	1,33	30,60	23,20	0,00	12,50
17/dez	64	2	1,05	24,52	74,50	1,83	29,40	22,40	0,00	11,30
18/dez	65	2	1,06	24,56	69,00	1,60	29,70	22,60	0,00	12,70
19/dez	66	2	1,07	25,56	65,50	1,83	32,70	22,40	0,00	16,10
20/dez	67	2	1,08	25,36	74,75	1,37	31,80	21,80	0,00	13,50
21/dez	68	2	1,09	26,20	62,25	1,67	32,60	23,20	0,00	14,00
22/dez	69	2	1,10	25,78	64,75	1,63	32,00	21,30	0,00	14,60
23/dez	70	2	1,10	25,80	68,50	1,57	30,50	23,20	0,00	13,00
24/dez	71	2	1,11	25,68	71,50	1,23	31,40	22,80	30,00	12,50
25/dez	72	2	1,12	24,56	75,50	0,80	30,00	21,90	0,00	10,50
26/dez	73	2	1,13	26,42	70,50	1,23	33,10	23,70	0,00	14,40
27/dez	74	2	1,14	26,22	70,75	1,40	32,80	23,40	0,00	13,20
28/dez	75	2	1,15	27,60	61,25	1,23	34,20	23,40	0,00	14,20
29/dez	76	3	1,15	24,34	79,75	1,83	34,20	20,60	0,00	15,00
30/dez	77	3	1,15	23,88	85,00	0,67	27,70	21,60	0,00	9,50
31/dez	78	3	1,15	26,08	77,75	1,23	30,40	23,80	13,00	11,80
01/jan	79	3	1,15	24,78	72,75	1,30	30,20	20,10	0,00	10,10
02/jan	80	3	1,15	24,76	67,75	1,47	29,40	20,10	0,00	13,30
03/jan	81	3	1,15	25,12	70,00	1,17	31,20	19,90	3,00	13,20
04/jan	82	3	1,15	24,96	77,25	1,17	31,20	19,90	2,50	11,90
05/jan	83	3	1,15	24,44	80,25	1,23	29,40	19,70	0,00	10,30
06/jan	84	3	1,15	25,76	60,25	1,83	31,20	19,50	0,00	15,70
07/jan	85	3	1,15	24,16	75,75	1,80	31,60	19,50	0,00	17,70
08/jan	86	3	1,15	23,08	87,00	2,17	29,10	19,40	5,00	9,60
09/jan	87	3	1,15	23,82	79,25	1,27	28,90	18,90	0,00	11,60
10/jan	88	3	1,15	24,80	73,75	1,15	29,20	19,70	19,50	10,30
11/jan	89	3	1,15	23,28	92,00	1,17	28,40	19,50	11,00	8,20
12/jan	90	3	1,15	22,70	93,50	1,57	26,90	19,30	0,00	7,90
13/jan	91	3	1,15	23,76	94,00	1,17	28,00	18,90	0,00	8,40
14/jan	92	3	1,15	23,48	88,75	1,40	29,40	18,90	0,00	12,30
15/jan	93	3	1,15	24,68	73,25	1,57	31,00	19,10	0,00	16,20
16/jan	94	3	1,15	25,80	64,25	1,23	32,20	19,70	0,00	16,80
17/jan	95	3	1,15	26,40	65,75	1,27	33,00	21,10	0,00	15,10
18/jan	96	3	1,15	26,04	61,75	1,00	32,40	20,90	0,00	16,10
19/jan	97	3	1,15	25,34	59,50	1,47	31,90	19,50	0,00	16,60
20/jan	98	3	1,15	24,30	70,00	1,30	29,70	19,10	0,00	11,80
21/jan	99	3	1,15	24,48	72,00	0,87	28,80	19,70	0,00	9,80
22/jan	100	3	1,15	24,80	77,75	1,60	28,60	20,10	0,00	10,60
23/jan	101	3	1,15	23,94	82,00	1,33	30,20	20,00	7,00	10,80
24/jan	102	3	1,15	22,32	87,75	1,57	27,80	18,50	0,00	9,70
25/jan	103	3	1,15	23,92	78,25	0,93	29,40	19,10	3,00	13,90

Data	Dia do ciclo	Fase	Kc	T Med	UR Med	Vento	Tmáx	Tmín	Chuva	Rad Líquida
26/jan	104	3	1,15	23,76	76,25	1,23	30,40	19,50	0,00	11,80
27/jan	105	3	1,15	25,38	72,50	1,07	32,30	19,50	0,00	13,60
28/jan	106	4	1,14	22,68	86,50	1,57	29,10	19,50	0,00	10,50
29/jan	107	4	1,14	24,12	67,25	1,63	30,50	18,10	0,00	16,20
30/jan	108	4	1,13	25,52	65,75	1,33	32,00	19,70	0,00	16,70
31/jan	109	4	1,13	25,72	68,00	1,13	32,00	20,70	0,00	14,90
01/fev	110	4	1,12	25,78	72,50	0,93	32,60	20,50	0,00	15,00
02/fev	111	4	1,12	25,66	66,00	1,07	32,60	20,60	0,00	14,00
03/fev	112	4	1,11	26,30	63,00	1,63	32,70	20,70	0,00	14,00
04/fev	113	4	1,11	25,34	64,75	1,17	32,00	19,40	0,00	15,40
05/fev	114	4	1,10	25,86	63,50	0,80	32,50	20,10	0,00	12,90
06/fev	115	4	1,09	26,06	58,00	3,43	33,40	20,40	0,00	14,70
07/fev	116	4	1,09	27,00	56,75	1,23	32,40	20,30	0,00	7,90
08/fev	117	4	1,08	25,56	67,75	1,50	32,80	20,10	0,00	12,40
09/fev	118	4	1,08	26,34	65,75	1,07	32,00	20,60	0,00	14,20
10/fev	119	4	1,07	25,84	68,25	1,90	31,30	20,90	0,00	11,50
11/fev	120	4	1,07	25,72	73,00	1,03	32,20	22,60	0,00	10,20
12/fev	121	4	1,06	25,16	66,75	1,17	31,60	18,90	0,00	14,70
13/fev	122	4	1,06	25,32	67,50	1,37	31,80	19,90	0,00	10,00
14/fev	123	4	1,05	24,96	71,00	0,80	31,80	18,90	0,00	12,50
15/fev	124	4	1,04	25,68	64,75	1,33	31,70	18,00	0,00	11,80
16/fev	125	4	1,04	25,60	70,75	1,43	32,00	20,10	0,00	12,20
17/fev	126	4	1,03	25,56	67,25	1,67	32,00	19,10	5,00	13,60
18/fev	127	4	1,03	24,42	71,75	1,40	29,20	19,60	0,00	10,30
19/fev	128	4	1,02	23,14	81,50	1,13	26,70	18,90	0,00	7,30

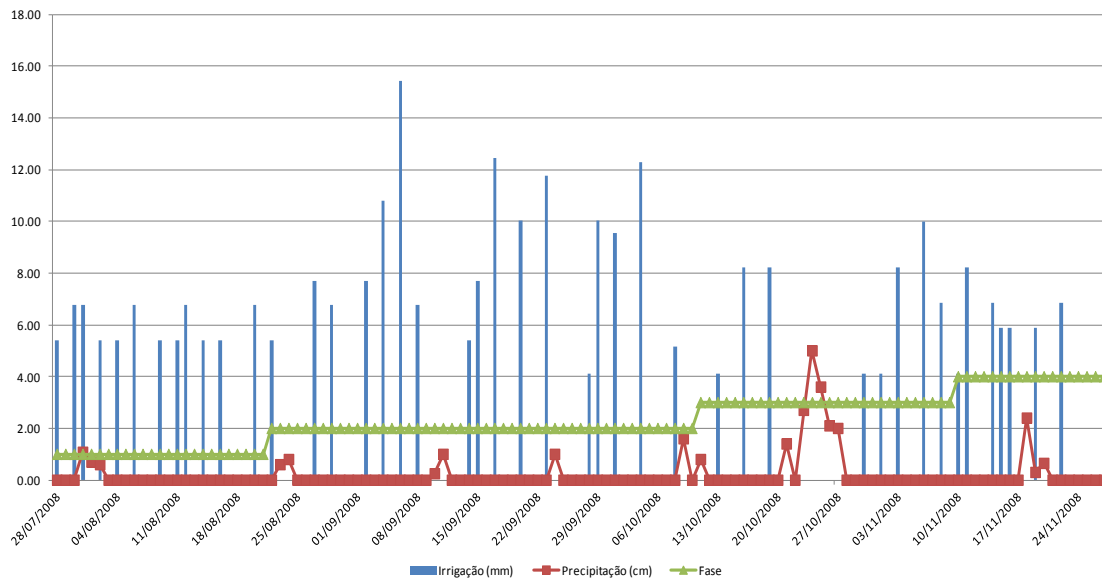
**Tabela A5.** Profundidade efetiva do sistema radicular do tomateiro

Fase da cultura	Profundidade do sistema radicular (cm)
I	10
II	15
III	30
IV	50

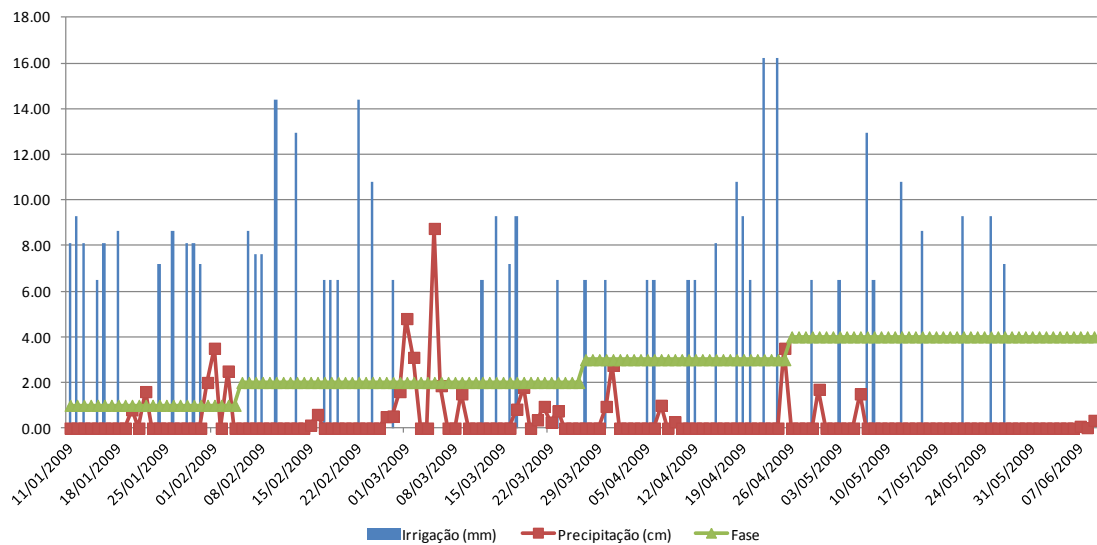
Fonte: Irriger (2013); Chodhury et al. (1980).

## **ANEXO B**

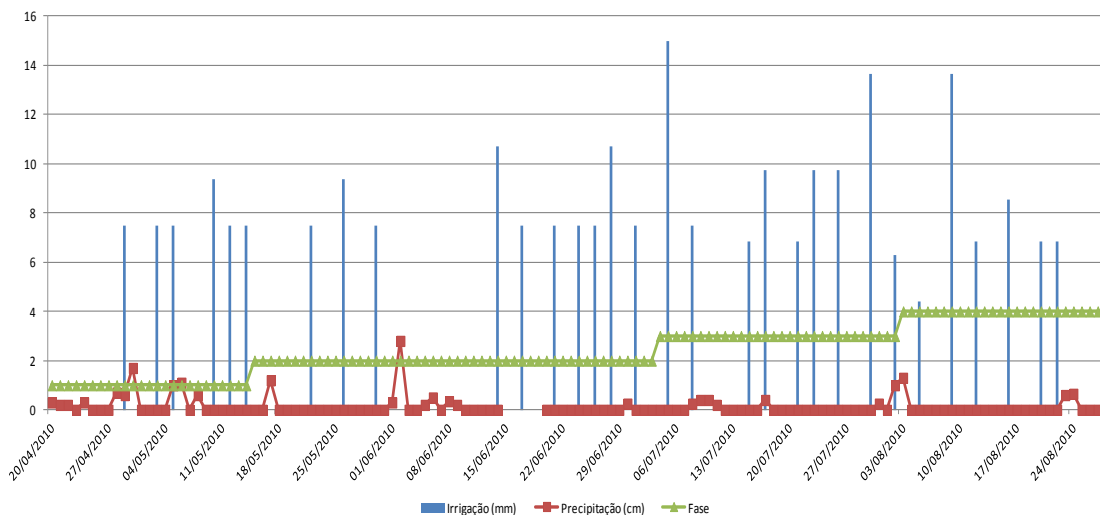
**Resultados dos balanços hídricos anuais para os projetos, considerando o ciclo de cultivo do tomate industrial em cada ano.**



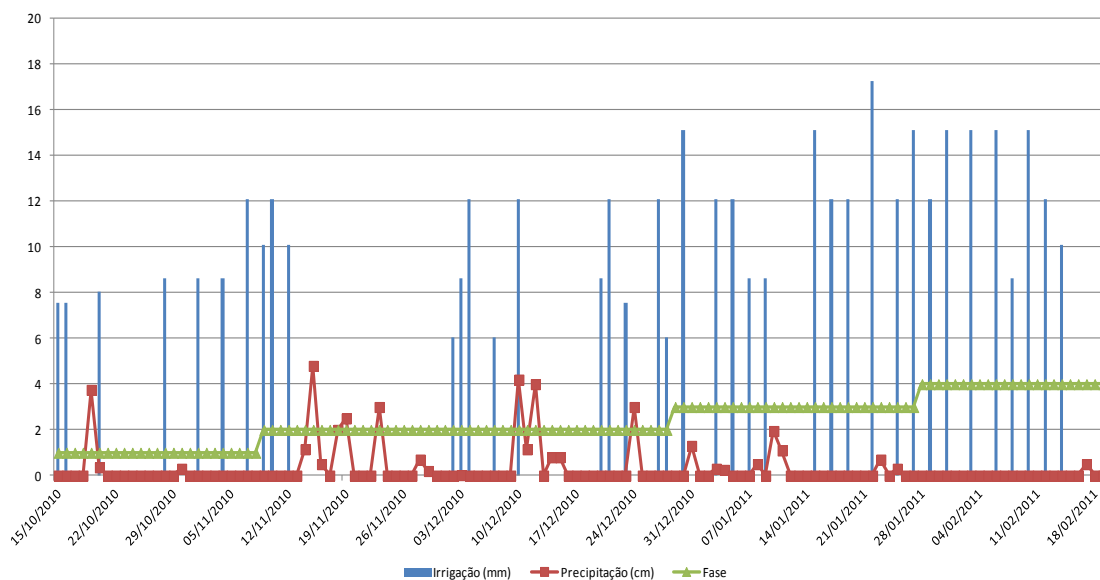
**Figura B1.** Lâminas líquidas de irrigações diárias resultantes do balanço hídrico (aplicadas com uma eficiência de 90%) e precipitações pluviométricas diárias ocorridas entre 28/07 e 27/11/2008, em Ibicoara - BA.



**Figura B2.** Lâminas líquidas de irrigações diárias resultantes do balanço hídrico (aplicadas com uma eficiência de 90%) e precipitações pluviométricas diárias ocorridas entre 11/01 e 10/06/2009, em Ibicoara - BA.



**Figura B3.** Lâminas líquidas de irrigações diárias resultantes do balanço hídrico (aplicadas com uma eficiência de 90%) e precipitações pluviométricas diárias ocorridas entre 24/04 e 28/08/2010, em Ibicoara - BA.



**Figura B4.** Lâminas líquidas de irrigações diárias resultantes do balanço hídrico (aplicadas com uma eficiência de 90%) e precipitações pluviométricas diárias ocorridas entre 15/10/2010 e 19/02/2011, em Ibicoara - BA.

## **ANEXO C**

**Coeficientes técnicos para a produção de tomateiro industrial sob condições de irrigação para um hectare.**

**Tabela C1.** Custos\* de produção de um hectare de tomateiro irrigado nos sistemas de plantio direto e indireto (transplante) em 2014.

Item	Ingrediente Ativos / OBS	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Valor Total
Aração		3	h/t	60,00	180,00
Sulcamento		2	h/t	60,00	120,00
Encanteiramento		4	h/t	60,00	240,00
Marcação de covas		2	h/d	30,00	60,00
Adub. de fundação		1.5	h/d	30,00	45,00
<b>Insumos</b>					
Sementes(mudas)	( Ty 2006 )	10.000	und	0,19	1.900,00
Map Purificado	Fertirrigação	14	sc	90,00	1.260,00
Adubo Orgânico	Adubação de plantio	4	t	30,00	120,00
Cloreto de Potássio	Fertirrigação	6	sc	113,00	678,00
Chess	PIMETROZINA	1	it	380,00	380,00
Vertimec	ABAMECTINA	2	it	112,00	224,00
Agritoato	DIMETHOATE	2	it	21,00	42,00
Fitphormonio	Nome com (Aminomax)	2	it	19,00	38,00
Redutor de ph	Nome com (Reduzinc)	2	it	20,00	40,00
Brovanil	CLOROTALONIL	5	kg	61,00	305,00
Ca+B	Adubo foliar	10	it	7,50	75,00
Sulfato Zinco	Fertirrigação	3	kg	3,50	10,50
Espalhante adesivo	Nome com ( ADESIL)	3	it	7,00	21,00
Ureia	Cobertura	4	sc	60,00	240,00
Manzate	MANCOZEB	3	kg	29,00	87,00
Rumo	INDOXACARBE	4	pc	15,00	60,00
Cartap	Cloridrato de cartape	2	kg	125,00	250,00
Fusilade	fluazifope-P-butílico	1	it	94,00	94,00
Tracer	ESPINOSADE	1	it	536,74	268,37
Lannate	METOMIL	10	it	29,00	290,00
Actara	TIAMETOXAM	13	fr	38,00	494,00
Mospilan	acetamiprido	3	kg	31,00	99,20
Cabrio Top	metiram	10	it	48,52	485,20
Nativo	tebuconazol	2	it	83,69	167,38
Mg 8 (foliar)	Adubo foliar	18	it	6,40	115,20
Sulfato de potassio	Fertirrigação	80	kg	3,60	288,00
Micrinutrientes	Fertirrigação	3	kg	10,00	30,00
Captan	captana	3	it	25,00	75,00
Energia Elétrica		3000	kw	0,42	1.260,00
<b>TRATOS CULTURAIS</b>					
Transplante		12	h/d	30,00	360,00
Aplicação de					
Agrotóxico		40	h/d	20,00	800,00
Molhador		30	h/d	30,00	900,00
Colheita/seleção/ carrego		2.333.00	cx	1,50	3.499,50
<b>TOTAL</b>					<b>15.601,35</b>

\*Atualizado em julho de 2014 em Valores Nominais. Na ocasião, o dólar médio norte americano estava cotado em R\$ 2,225

Produtividade: 90 t ha<sup>-1</sup>

Espaçamento: 2,00 x 0,50 m

Nº de plantas/hectare: 10000

Receita: 17.100,00 R\$ ha<sup>-1</sup>

Resultado: 1.498,50 R\$ ha<sup>-1</sup> ou 16,65 R\$ t<sup>-1</sup>

Custo em reais por tonelada (R\$ ha<sup>-1</sup>): 173,35

Preço médio recebido pelo produtor (R\$ t<sup>-1</sup>): 190,00

Margem sobre a venda: 8,76%

**Fonte: Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S.A (EBDA).**

**ANEXO D**  
**Relatórios dos componentes do custo fixo**



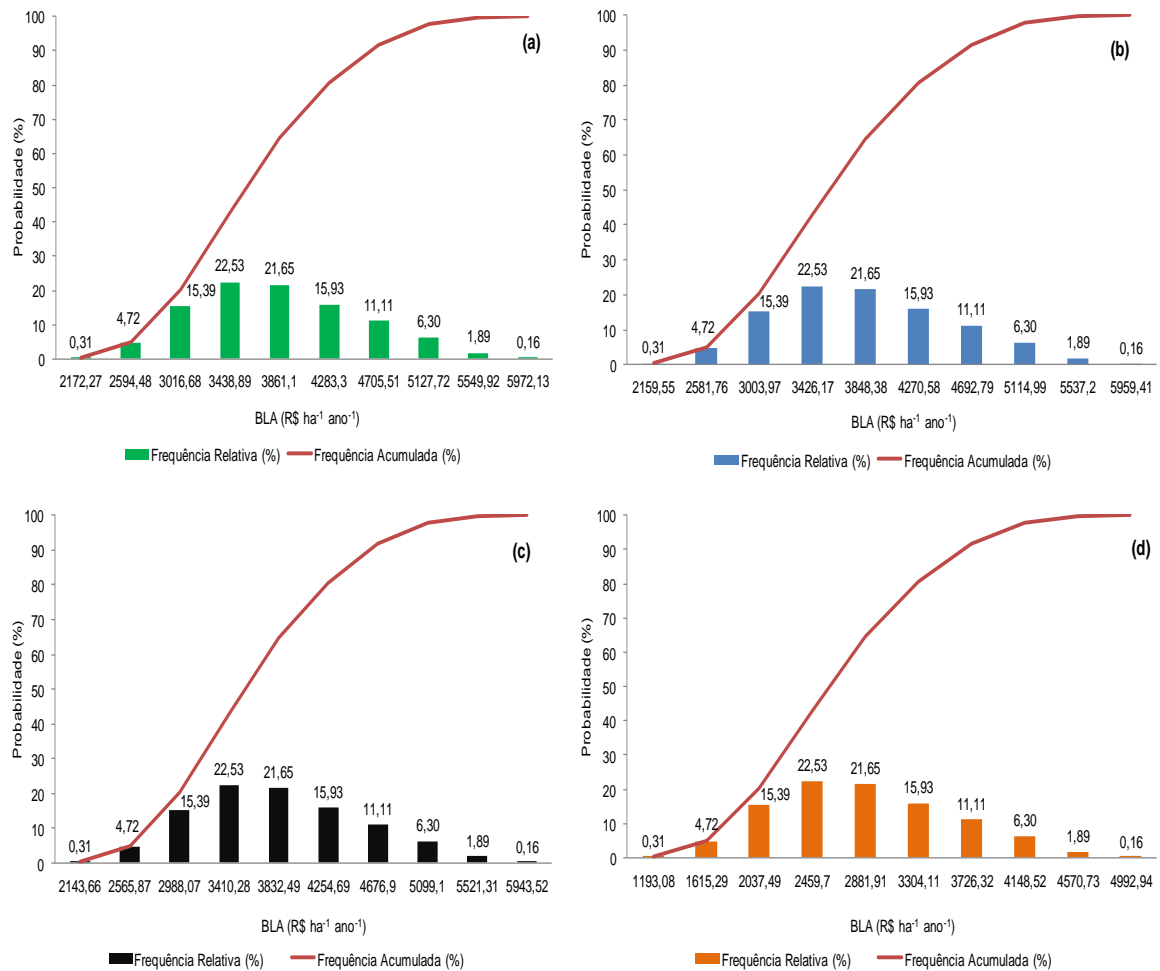
**Tabela D1.** Resultado da combinação de 2000 valores através da simulação por Monte Carlo para obtenção do custo fixo total (CFT) para o sistema do tipo pivô central.

Taxa de juros (%)	Vida útil (anos)	Custo fixo total (R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Probabilidade (%)
3,9	13	579,52	1,48
3,9	14	548,95	2,94
3,9	15	522,55	3,55
3,9	16	499,53	2,81
3,9	17	479,3	1,19
5,7	13	654,66	4,00
5,7	14	624,56	7,93
5,7	15	661,66	9,57
5,7	16	576,17	7,58
5,7	17	556,49	3,20
7,5	13	733,2	3,77
7,5	14	703,81	7,52
7,5	15	678,64	9,08
7,5	16	656,9	7,19
7,5	17	637,98	3,03
9,3	13	814,94	2,31
9,3	14	786,46	4,59
9,3	15	762,21	5,55
9,3	16	741,41	4,39
9,3	17	723,42	1,85
11,1	13	899,66	0,80
11,1	14	872,26	1,60
11,1	15	849,09	1,93
11,1	16	829,35	1,53
11,1	17	812,42	0,65

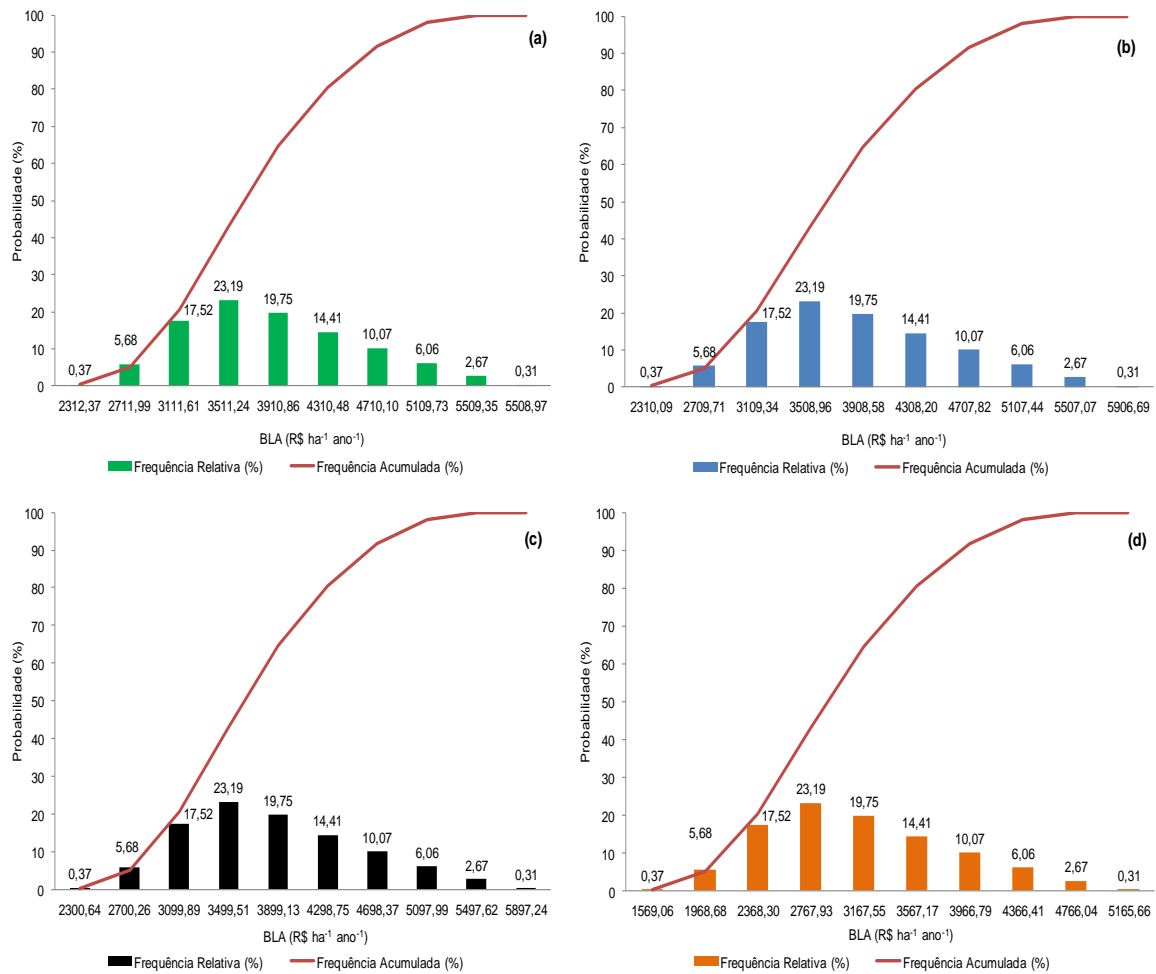
**Tabela D2.** Resultado da combinação de 2000 valores através da simulação por Monte Carlo para obtenção do custo fixo total (CFT) do sistema de aspersão convencional.

Taxa de juros (%)	Vida útil (anos)	CFT (R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Probabilidade (%)
3,9	11	373,93	2,58
3,9	12	349,83	4,15
3,9	13	329,49	3,15
3,9	14	312,11	1,62
3,9	15	297,09	0,18
5,7	11	416,19	7,92
5,7	12	420,37	12,72
5,7	13	372,2	9,66
5,7	14	355,09	4,97
5,7	15	340,37	0,56
7,5	11	460,11	6,62
7,5	12	436,57	10,63
7,5	13	416,86	8,07
7,5	14	400,15	4,16
7,5	15	385,84	0,46
9,3	11	505,6	3,74
9,3	12	482,54	6,01
9,3	13	463,33	4,56
9,3	14	447,14	2,35
9,3	15	433,36	0,26
11,1	11	552,58	1,24
11,1	12	530,11	1,99
11,1	13	511,5	1,51
11,1	14	495,92	0,78
11,1	15	482,75	0,09

**ANEXO E**  
**Distribuição de probabilidades do benefício líquido anual da irrigação.**



**Figura E1.** Distribuição de probabilidades do benefício líquido anual (BLA) no uso do sistema de irrigação por aspersão convencional com motor elétrico nas modalidades de tarifação verde (a), azul (b), convencional (c) e com motor a óleo diesel (d).



**Figura E2.** Distribuição de probabilidades do benefício líquido anual (BLA) no uso do sistema de irrigação do tipo pivô central com motor elétrico nas modalidades de tarifação verde (a), azul (b), convencional (c) e com motor a óleo diesel (d).