



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**



**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

---

**LOTÁRIO FANK**

**PERSPECTIVAS ECONÔMICAS DA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR  
NA PRODUÇÃO DE SOJA E MILHO EM CINCO MUNICÍPIOS DO OESTE  
PARANAENSE - BRASIL**

**TESE DE DOUTORADO**

Campina Grande – PB  
2013

**LOTÁRIO FANK**

**PERSPECTIVAS ECONÔMICAS DA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR  
NA PRODUÇÃO DE SOJA E MILHO EM CINCO MUNICÍPIOS DO OESTE  
PARANAENSE - BRASIL**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, na Área de concentração em Irrigação e Drenagem da UFCG – Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento parcial das exigências para obtenção do Título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. José Geraldo de Vasconcelos Baracuhy.

Campina Grande - PB  
2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

F199p

Fank, Lotário.

Perspectivas econômicas da irrigação suplementar na produção de soja e milho em cinco municípios do Oeste Paranaense - Brasil / Lotário Fank. – Campina Grande, 2013.

99 f. : il.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

"Orientação: Prof. Dr. José Geraldo de Vasconcelos Baracuhy".

Referências.

1. Viabilidade Econômica. 2. Irrigação. 3. Produtividade. I. Baracuhy, José Geraldo de Vasconcelos. II. Título.

CDU 626.81(816.2)(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

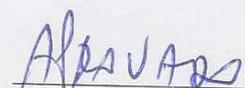
LOTÁRIO FANK

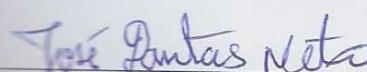
PERSPECTIVAS ECONÔMICAS DA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR NA  
PRODUÇÃO DE SOJA E MILHO EM CINCO MUNICÍPIOS DO OESTE  
PARANAENSE - BRASIL

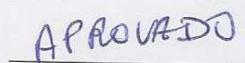
BANCA EXAMINADORA

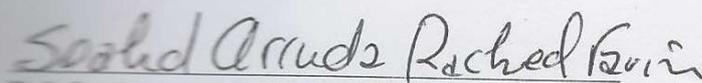
PARECER

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Geraldo de Vasconcelos Baraculy  
Orientador (CTRN/UFCG)

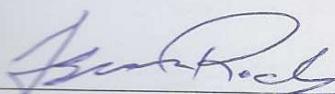
  
\_\_\_\_\_  
APROVADO

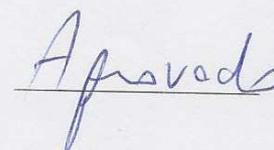
  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Dantas Neto  
Examinador (CTRN/UFCG)

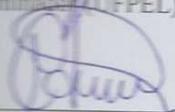
  
\_\_\_\_\_  
APROVADO

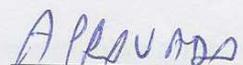
  
\_\_\_\_\_  
Dr. Suelid Arruda Rached Farias  
Examinadora (UTFPR)

  
\_\_\_\_\_  
APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Sales Mariano da Rocha  
Examinador (UFPEL)

  
\_\_\_\_\_  
APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Cleonir Martins Carpes  
Examinadora (FAMES/RS)

  
\_\_\_\_\_  
APROVADO

OUTUBRO DE 2013

Dedico esta obra a meus pais,  
José Arno e Maria Leonora. Especialmente a  
minha mãe, Felicita, que muito se alegrou e  
se orgulhou com o meu ingresso no  
doutorado. Quisera que estivesse aqui para  
comemorar essa conquista.

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho não é resultado apenas de um esforço individual; ele nasce de contribuições significativas ao interagir com pessoas e instituições que foram fundamentais nessa construção. Consciente de que é impossível listar todos que, de alguma forma, me acrescentaram conhecimentos e experiências essenciais à forma de ver o mundo e nele atuar, quero expressar meu agradecimento.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná e à Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade.

Às Empresas e pessoas que forneceram os dados de pesquisa: COPEL, TM Agrícola, Cooperativa Agroindustrial Lar, Simepar, ANA, DERAL, Ari Vier, Gilmar Vier, Neldo Pelenz, Álvaro Larssen e José Arno Fank.

Aos colegas do doutorado, em especial a Fabiana, André, Pedro e Estor.

Aos amigos de longa data de São Miguel do Iguçu: Sandro, Beto, Vando, Ninja, Tônico, Wande, Márcio, Pablo, Charles e Andrei. De Dois Vizinhos: Baldo, Joel, Paulo Cella e Thomas. De Medianeira: Vânia, Fernando, Fabiana e Estor. De Pato Branco: Oldair, Eden, Eliandro, Nilson, Sandro, Ivo, Adriani, Ivete e Vânia. Todos contribuíram para meu crescimento profissional, acadêmico e como cidadão.

Aos meus sogros, Paulino e Iraci e a toda família Zanella, pelo apoio que nos prestaram.

Aos professores do Programa de doutorado em Engenharia Agrícola da UFCG: Vera Lucia Antunes Lima, Hugo Orlando C. Guerra, Marx Prestes Barbosa, João Miguel de M. Neto, Lucia Helena Garófalo Chaves, Ronaldo Nascimento, Josivanda Palmeira Gomes, Carlos Alberto Vieira de Azevedo, Dermeval Araújo Furtado, Soahd Arruda Rached Farias, Mozaniel Gomes da Silva e em especial ao prof. Jose Dantas Neto

Ao professor Rocha e à professora Cleonir da UFSM, pelas valiosas contribuições.

Ao professor Dr. José Geraldo de Vasconcelos Baracuhy, pela serena orientação, confiança e ensinamentos que culminaram com a construção deste trabalho.

A meus pais, José Arno Fank, Maria Leonora Fank (*in memorian*) e Felicitia Fank (*in memorian*), meus dez irmãos e demais familiares que sempre me incentivaram e torceram pela minha vitória. A família é o começo da jornada e alicerce de valores indelévels que me acompanham na vida profissional e pessoal.

A meus filhos, Felipe e Murilo, e a minha esposa, Marivone, fonte incondicional de apoio e amor.

A Deus, pela contribuição que não ousou querer descrever em poucas palavras.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1. GERAL</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2. ESPECÍFICOS</b> .....	<b>17</b>
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>18</b>
<b>3.1. CULTURA DA SOJA</b> .....	<b>18</b>
<b>3.2. A CULTURA DO MILHO</b> .....	<b>20</b>
<b>3.3. FATORES ASSOCIADOS À PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA</b> .....	<b>21</b>
3.3.1. Deficit hídrico.....	22
<b>3.4. IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR</b> .....	<b>26</b>
3.4.1. Irrigação por aspersão.....	27
3.4.1.1. Pivô central.....	28
<b>3.5. VIABILIDADE ECONÔMICA EM PROJETOS DE IRRIGAÇÃO</b> .....	<b>28</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>34</b>
<b>4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>34</b>
<b>4.2. PRODUÇÃO, PRODUTIVIDADE E PRECIPITAÇÃO DOS MUNICÍPIOS</b> .....	<b>37</b>
<b>4.3. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO ATUAL MODELO DE PRODUÇÃO</b> .....	<b>38</b>
<b>4.4. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR</b> .....	<b>39</b>
4.4.1. Levantamento dos dados.....	40
4.4.2. Tratamento econômico dos dados.....	41
4.4.2.1. Procedimentos de cálculo.....	43
4.4.3. Análise do Ponto de Equilíbrio.....	46
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>48</b>
<b>5.1. EFICIÊNCIA DO ATUAL MODELO DE PRODUÇÃO DOS MUNICÍPIOS</b> .....	<b>48</b>
<b>5.2. RELAÇÃO ENTRE A PRODUTIVIDADE DA SOJA E A PRECIPITAÇÃO</b> .....	<b>52</b>
<b>5.3. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE IRRIGAÇÃO</b> .....	<b>60</b>
5.3.1. Contornos macroeconômicos.....	60
5.3.2. Estudo de caso.....	65
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>76</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>77</b>

## LISTA DE SIGLAS

ABIOVE – Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais

ANA – Agência Nacional de Águas

CF – Custos Fixos

CMN – Conselho Monetário Nacional

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

COPEL – Companhia Paranaense de Energia Elétrica

COPOM – Comitê de Política Monetária

CV – Custos Variáveis

DERAL – Departamento de Economia Rural

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

IRR - Internal Rate of Return

MC – Margem de Contribuição

MRA – Minimum Rate Attractiveness

NPV – New Present Value

PE – Ponto de Equilíbrio

PGPM – Política de Garantia de Preço Mínimo

PIB – Produto Interno Bruto

PIN – Programa de Irrigação Noturna

PV – Preço de Venda

SEAB – Secretaria de Estado de Agricultura e Abastecimento

SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná

TIR – Taxa Interna de Retorno

TMA – Taxa de Mínima Atratividade

VAUE – Valor Anualizado Uniforme Equivalente

VEUA - Value Equivalent Uniform Annualized

VPL – Valor Presente Líquido

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - População dos municípios em estudo no ano de 2010.....	35
<b>Tabela 2</b> - Entrevistados e tema da entrevista.....	40
<b>Tabela 3</b> - Produtividade das safras 2005/06 a 2011/12 nos Municípios.....	48
<b>Tabela 4</b> - Eficiência do modelo atual de produção .....	50
<b>Tabela 5</b> - Precipitação e produtividade de Foz do Iguaçu .....	53
<b>Tabela 6</b> - Precipitação e produtividade de Medianeira .....	54
<b>Tabela 7</b> - Precipitação e produtividade de Itaipulândia .....	56
<b>Tabela 8</b> - Precipitação e produtividade de Santa Helena .....	57
<b>Tabela 9</b> - Precipitação e produtividade de São Miguel do Iguaçu .....	58
<b>Tabela 10</b> - Oferta e demanda mundial de soja nas safras 2008/2009 a 2012/2013 (em milhões de toneladas) .....	63
<b>Tabela 11</b> - Oferta e demanda mundial de milho nas safras 2008/2009 a 2012/2013 (em milhões de toneladas) .....	64
<b>Tabela 12</b> - Custos operacionais levantados para pivô 83,43 ha.....	66
<b>Tabela 13</b> - Investimento inicial para pivô 83,43 ha .....	66
<b>Tabela 14</b> - Resumo dos cálculos do VPL, VAUE e TIR dos quinze cenários.....	68

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Mapa dos Municípios limieiros ao lago de Itaipu.....	34
<b>Figura 2</b> - Bacia Hidrográfica do Paraná III.....	35
<b>Figura 3</b> - Relação entre precipitação durante o ciclo da cultura (out - jan) e produtividade de soja no município de Foz do Iguaçu - safras 2005/2006 a 2011/2012 .....	53
<b>Figura 4</b> - Relação entre precipitação durante o ciclo da cultura (out - jan) e produtividade de soja no município de Medianeira - safras 2005/2006 a 2011/2012 .....	55
<b>Figura 5</b> - Relação entre precipitação durante o ciclo da cultura (out - jan) e produtividade de soja no município de Itaipulândia - safras 2005/2006 a 2011/2012. ....	56
<b>Figura 6</b> - Relação entre precipitação durante o ciclo da cultura (out - jan) e a produtividade de soja no município de Santa Helena - safras 2005/2006 a 2011/2012. ....	57
<b>Figura 7</b> - Relação entre precipitação durante o ciclo da cultura (out - jan) e a produtividade de soja no município de São Miguel do Iguaçu - safras 2005/2006 a 2011/2012 .....	58
<b>Figura 8</b> - Relação entre precipitação durante o ciclo da cultura (out - jan) e a produtividade de soja no município de São Miguel do Iguaçu - safras 1992/1993 a 2011/2012. ....	59
<b>Figura 9</b> - Evolução da inflação, do preço da soja e do preço do milho, no período 1995 a 2012 .....	62

## RESUMO

A produção de soja e milho tem grande importância no cenário econômico da região Oeste do Paraná; todavia, são frequentes as frustrações de safra devido às intempéries do clima, em especial o baixo volume ou à má distribuição das chuvas durante o ciclo da cultura. A irrigação suplementar surge como alternativa para a manutenção e aumento da produtividade em diversas regiões do país; contudo, são raras as iniciativas no oeste do Paraná, mesmo tendo água abundante no reservatório de Itaipu. Nesse contexto, este estudo objetivou avaliar a eficiência do atual modelo de produção agrícola e a viabilidade econômica do uso de irrigação na produção de culturas anuais em municípios do Oeste do Paraná utilizando-se de pesquisa documental e aplicação dos métodos determinísticos TIR, VPL e VAUE. Constatou-se uma relação de dependência entre a precipitação e a produtividade, resultando em baixa eficiência do atual modelo de produção, em que, das sete safras da série analisada, três apresentam índices de produtividade abaixo de 50% nos cinco municípios. Na análise de viabilidade econômica do uso de irrigação suplementar na produção de culturas anuais, os resultados indicam, nos diversos cenários projetados, que o uso é financeiramente viável nas propriedades rurais da região Oeste do Paraná; a rentabilidade do investimento é da ordem de 18% ao ano.

**Palavras chave:** viabilidade econômica, eficiência, produtividade

## ABSTRACT

The production of soybeans and corns has great importance in the economic scenario of the region west of Paraná, however, the frustrations of crop are frequently due to climate instability, in particular the low volume or uneven distribution of rainfall during the culture cycle. The supplemental irrigation is an alternative to maintaining and increasing productivity in several regions of the country, however, are few initiatives in western Parana, even with abundance of water in the reservoir of Itaipu. In this context, this study aimed to evaluate the efficiency of the current model of agricultural production, as well as the economic viability of irrigation use in the production of grains in the western municipalities of Paraná, using documentary research and application of deterministic methods IRR, NPV and VEUA. It found a dependency relationship between rainfall and productivity, resulting in low efficiency of the current production model, where the seven seasons of the series analyzed, three have productivity levels below 50% in the five boroughs. In the analysis of economic feasibility of using supplemental irrigation in different scenarios designed, the results indicate that the use of irrigation in the production of annual crops is financially viable in the rural properties of the region West. Paraná; the return on investment is about 18% per year.

**Keywords:** economic viability, efficiency, productivity

## 1. INTRODUÇÃO

O agronegócio é de grande importância no cenário econômico brasileiro, representando algo em torno de 1/3 do PIB nacional e possui inúmeros produtos agropecuários com valor estratégico significativo na economia. É indiscutível a histórica contribuição do agronegócio para o desenvolvimento social e econômico; foi assim também com a cana-de-açúcar, com o café e mais recentemente com os grãos, em especial a soja.

A produção de grãos é uma importante fonte de divisas contribuindo com parcela significativa das exportações brasileiras. Além disto, inúmeras famílias das mais variadas classes econômicas dependem dos empregos gerados pela cadeia de produção, transporte e industrialização. A produção de soja representa cerca de 2% do PIB brasileiro e o complexo soja tem a participação de 10% das exportações brasileiras gerando algo em torno de 1,5 milhão de empregos diretos e indiretos, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais (ABIOVE, 2012).

Essa importância econômica é ainda mais acentuada em determinadas regiões do país. Os municípios de pequeno porte da região Oeste do Paraná têm sua economia alicerçada essencialmente no agronegócio, sendo a soja, o milho, a suinocultura, a avicultura e a produção leiteira, as principais e maiores fontes de riquezas. Um exemplo emblemático dessa dependência econômica da produção agrícola é o município de São Miguel do Iguazu, onde a produção de grãos representa algo em torno de 36% do PIB municipal.

Essa vocação para o agronegócio se deve ao fato de a colonização da região ter sido feita por colonos gaúchos que dominavam as técnicas culturais e encontraram condições muito favoráveis e parecidas com as do Noroeste do Rio Grande do Sul, nos quesitos solo, clima e precipitação. As condições favoráveis à prática agrícola estão retratadas na produtividade que, segundo depoimentos de agricultores, chega a 5.450 kg de soja por hectare.

Em virtude da grande importância do agronegócio a economia desses municípios está bastante vulnerável às oscilações de produção que estão à mercê das condições climáticas. As limitações à máxima produtividade decorrentes dos elementos de clima, em especial a falta ou a má-distribuição de chuvas, são fatores que mais comprometem a geração de renda. Embora vários eventos climáticos

prejudiquem a produção, é a estiagem o motivo mais frequente e de maior impacto sobre a produtividade agrícola. Segundo Rossetti (2010), 95% das causas de indenizações de seguro agrícola são decorrentes da estiagem.

A safra de soja 2011/12 do Paraná, segundo o Departamento de Economia Rural (DERAL, 2012), sofre perda de produção da ordem de 3,4 milhões de toneladas na produção de grãos, significando uma redução de 29% em relação à safra anterior e um prejuízo de aproximadamente R\$ 2,8 bilhões. Esta perda é devida à estiagem que atingiu o Estado, em especial as regiões Oeste e Sudoeste, em novembro e dezembro de 2011, época em que a cultura estava em fase de floração e enchimento do grão. Frustrações como essa são perceptíveis em várias safras de anos anteriores cujo motivo é, reiteradamente, a estiagem.

Considerando que o ciclo das principais variedades de culturas de soja e milho é curto, entre 120 e 140 dias, poucos dias de deficit hídrico têm impacto enorme sobre a produtividade enquanto o uso da irrigação tem a condição de reduzir a dependência da produção agrícola das condições climáticas, podendo minimizar o risco e contribuir para o aumento da produção e, conseqüentemente, para a sustentabilidade econômica dos municípios.

Por estar localizada em região de clima subtropical, convencionou-se que o uso da irrigação na produção agrícola seja desnecessário ou, no mínimo, economicamente inviável. Esta convenção se fundamenta na ideia de ser uma tecnologia muito cara para o retorno que proporciona; além disso, a falta de informações precisas sobre as perdas da produção nas últimas safras em decorrência da estiagem dificulta a adoção do uso da irrigação suplementar pelos agricultores, isto é, a incerteza do retorno que o investimento poderá gerar perpetua o atual modelo de produção.

Ao mesmo tempo em que as estiagens curtas geram deficit hídrico para as culturas, raramente afetam o nível das águas por se tratar de uma região rica em nascentes e rios perenes, além do reservatório de Itaipu, que armazena 29 bilhões de m<sup>3</sup> de água, passível de uso para irrigação.

O uso de irrigação suplementar é bastante utilizado em algumas regiões produtoras de soja do país, principalmente no Centro-Oeste brasileiro e continua em expansão. Comparando os dados dos dois últimos Censos Agropecuários, percebe-se que houve um aumento de 39% no número de empreendimentos rurais que declararam utilizar irrigação e 42% no total da área irrigada no País. Esta expansão

indica que de forma geral, a irrigação é viável; contudo, na região Oeste do Paraná é uma prática pouco difundida mesmo nas áreas cultivadas próximas ao lago de Itaipu.

Considerando que no atual modelo de produção agrícola incrementos nos rendimentos e redução dos custos e dos riscos de insucesso são exigências básicas à competitividade, não é por demais investigar a irrigação como alternativa de otimização dos recursos de produção e maximização da renda das propriedades e dos municípios da região.

Portanto, a importância sócioeconômica da soja na região Oeste do Paraná, as frequentes frustrações de safras em razão das intempéries climáticas, o grande potencial hídrico da região do lago de Itaipu e a viabilidade do uso de sistemas de irrigação na produção de soja em outras regiões do país, são os elementos que instigaram este estudo, através do qual propõe contribuir no debate das perspectivas econômicas do uso da irrigação suplementar na produção de soja e milho na região Oeste do Paraná.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. GERAL**

Avaliar a eficiência do atual modelo de produção e as perspectivas econômicas do uso da irrigação suplementar na produção de soja e milho, na Mesorregião região Oeste do Paraná.

### **2.2. ESPECÍFICOS**

- Levantar a produção, a produtividade, a precipitação pluviométrica e sua distribuição nos municípios de Foz do Iguaçu, São Miguel do Iguaçu, Medianeira, Itaipulândia e Santa Helena;
- Avaliar a eficiência do atual modelo de produção nos municípios assinalados;
- Analisar a relação entre produtividade da soja e a precipitação pluviométrica nos municípios;
- Contextualizar a produção de soja e milho no ambiente macroeconômico;
- Fazer estudo de viabilidade financeira do uso da irrigação por pivô central na produção de soja e milho simulando diversos cenários econômicos.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

No modo atual de produção agrícola incrementos nos rendimentos e redução dos custos e dos riscos de insucesso são exigências básicas à competitividade. As culturas anuais, como a soja e o milho, são os principais responsáveis pelo crescimento do agronegócio no país, não só pelo volume físico e financeiro envolvido mas também pela profissionalização da atividade por parte dos produtores, fornecedores de insumos e processadores da produção.

O agronegócio, entendido como a soma dos setores produtivos, com os de processamento do produto final e os de fabricação de insumos, responde por quase um terço do PIB interno (GUANZIROLI, 2006). A produção de grãos cresce a cada ano impulsionada pela abertura de novas fronteiras agrícolas, uso de tecnologias mais eficientes e pelo crédito agrícola em volume crescente, além de condições de mercado internacionais com cenário favorável ao desenvolvimento do setor. Em razão da sua grande importância procura-se aumentar a produção por meio do incremento na área de plantio e do rendimento por área.

#### 3.1. Cultura da soja

De acordo com a classificação botânica, a soja pertence à família Fabaceae, subfamília Faboideae, gênero *Glycine*, espécie *Glycine max* (L.) Merrill. É uma planta leguminosa originária da Ásia, com centro de origem na China, entre as latitudes 30° a 45° N, nas regiões norte e central, sendo considerada uma das culturas mais antigas da região (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005).

A difusão ocorreu inicialmente na Europa, em 1739, e nos Estados Unidos, em 1765. A introdução no Brasil se deu por volta de 1882, na Bahia, em 1891 em São Paulo e em 1914 no Rio Grande do Sul (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005).

A cultura se propagou no Rio Grande do Sul, especialmente no município de Santa Rosa, que foi o polo de disseminação para a região das Missões. Até meados da década de 1930 esta era a região produtora de soja com a finalidade de utilizar o grão nas propriedades como fonte de proteína na alimentação de suínos, adquirindo importância econômica somente a partir dos anos 40 (SCHLESINGER, 2006).

Segundo Embrapa (2004), a produção de soja teve seu primeiro registro estatístico nacional em 1941, no Anuário Agrícola do RS: área cultivada de 640 ha, produção de 450 ton e rendimento de 700 kg/ha. Neste mesmo ano se instalou, em Santa Rosa, RS, a primeira indústria processadora de soja do País e, em 1949, com produção de 25.000 toneladas, o Brasil figurou, a primeira vez, como produtor de soja nas estatísticas internacionais.

Mas é a partir da década de 1960, impulsionada pela política de subsídios ao trigo, visando à sua autossuficiência nacional, que a soja se estabeleceu como cultura economicamente importante para o Brasil. Nesta década sua produção se multiplicou por cinco (passou de 206 mil toneladas em 1960 para 1,056 milhão de toneladas em 1969), sendo que 98% desse volume eram produzidos nos três estados da Região Sul, nos quais prevalecia a dobradinha: trigo no inverno e soja no verão (EMBRAPA, 2007).

A história da produção de soja em escala comercial está relacionada com a introdução da chamada “Revolução Verde”, traduzida em ampla mecanização e utilização de agroquímicos, com forte apoio do governo, em forma de créditos subsidiados (BRUM, 2005).

Apesar do significativo crescimento da produção no correr dos anos 60, a expansão da soja no Brasil se iniciou nos anos 70, com o interesse crescente da indústria de óleo e a demanda do mercado internacional (CARNEIRO, 2008). Foi nesta década que a soja se consolidou como a principal cultura do agronegócio brasileiro, passando de 1,5 milhão de toneladas (1970) para mais de 15 milhões de toneladas (1979). Este crescimento não se deve apenas ao aumento da área plantada (1,3 para 8,8 milhões de hectares) mas também ao expressivo incremento da produtividade (1,14 para 1,73t/ha), graças às novas tecnologias disponibilizadas aos produtores pela pesquisa brasileira (EMBRAPA, 2004).

O aumento do preço da soja no mercado mundial em meados de 1970, desperta ainda mais o interesse dos agricultores e do próprio governo brasileiro. O país se beneficia de uma vantagem competitiva em relação aos demais países produtores: o escoamento da safra brasileira ocorre na entressafra americana, quando os preços atingem as maiores cotações. Desde então, o país passou a investir em tecnologia para adaptação da cultura às condições brasileiras, processo liderado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (ARRAIS NETO; SANTOS, 2009).

Nas décadas de 1980 e 1990 repetiu-se, na região tropical do Brasil, o explosivo crescimento da produção ocorrido nas duas décadas anteriores, na Região Sul (EMBRAPA, 2007).

Atualmente, os líderes mundiais na produção mundial de soja são os Estados Unidos, Brasil, Argentina, China, Índia e Paraguai. Em conjunto esses países respondem por mais de 90% da produção mundial de soja em grãos nos últimos anos (CANZIANI, GUIMARÃES e WATANABE, 2006; EMBRAPA, 2007). Hoje a soja é a principal cultura agrícola do Brasil em área ocupada, valor exportado e geração de renda, ocupando uma área de mais de 21 milhões de hectares. O complexo soja (grão, farelo e óleo) responde por cerca de 9% do valor total das exportações do país ou 26% das exportações do setor agropecuário (FOCUS, 2010).

A cultura da soja representa a maior parcela de renda gerada nos municípios de pequeno porte da região oeste do Paraná, na qual, a exemplo de São Miguel do Iguaçu, o cultivo de soja lidera o ranking produtivo municipal. Segundo os dados do Departamento de Economia Rural (DERAL), órgão vinculado à Secretaria Estadual de Agricultura o produto gerou, na safra 2009/2010, um movimento financeiro de 94,15 milhões de reais; em segundo lugar está o milho safrinha com um movimento de 69,3 milhões de reais; outras atividades também ligadas ao agronegócio seguem na lista; são elas: criação de aves de corte, suinocultura e produção leiteira que, somados, geram um movimento financeiro de aproximadamente 85 milhões de reais. Pelos números apresentados percebe-se a importância econômica que a agricultura tem para os municípios e, em consequência, para os municípios, principalmente com a produção de grãos que representa 36% do seu PIB de 452,66 milhões de reais.

É de fácil compreensão, portanto, o efeito econômico de uma frustração de safra, seja na economia do município ou na região, seja em cada uma das propriedades afetadas.

### **3.2. A cultura do milho**

A origem do milho é muito discutida porém todas as evidências levam a crer que seja uma planta de origem mexicana. Devido à sua grande capacidade de produção de grãos e por ser eficiente na produção de matéria seca por área, o milho

tornou-se a cultura mais importante na alimentação animal e muito utilizada no processo de rotação de culturas no plantio direto fornecendo uma quantidade maior de palha e matéria orgânica para o sistema (EMBRAPA, 2008).

A grande diversidade genética adquirida durante milhares de anos de domesticação, seleção e melhoramento permite, ao milho, uma ampla adaptação de solo e de clima. Devido a este aspecto o milho é hoje, o cereal de maior cobertura geográfica no mundo e extensivamente utilizado como alimento humano e animal, em virtude das suas qualidades nutricionais.

A história da produção de milho em escala comercial no Brasil, tal como a de soja, está relacionada com a introdução da “Revolução Verde”, traduzida em ampla mecanização e utilização de agroquímicos, com forte apoio do governo.

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial com algo em torno de 70 milhões de toneladas sendo o Paraná e o Mato Grosso os maiores estados produtores, com pouco mais de 20% da produção nacional cada um, em média.

A produção de milho tem grande importância econômica no Paraná. Segundo DERAL (2012), quanto ao Valor Bruto da Produção da Agropecuária Paranaense (VBP), que representa toda a receita bruta gerada pelo setor agropecuário entre 2006 e 2011 o VBP do milho se situou, em média, em R\$ 4,09 bilhões anuais, o que representou cerca de 10% da renda bruta da agropecuária do estado. Em comparação com outros grãos, o milho se tem mantido na 2ª colocação ficando atrás apenas da soja, que lidera o ranking.

Em algumas regiões do Paraná a cultura de milho é a safra principal e o plantio ocorre com a chegada da primavera, período de maior potencial produtivo em função das condições climáticas. Embora algumas propriedades da região Oeste também a cultivem na safra principal, a cultura de milho é tradicionalmente feita no período conhecido como “safrinha”, ou seja, o plantio é feito logo em seguida à colheita da primeira safra.

### **3.3. Fatores associados à produtividade agrícola**

A fenologia das plantas se refere ao estudo das suas fases de desenvolvimento e permite compreender a relação entre as características morfológicas e fisiológicas das plantas e os fatores do ambiente, especialmente os de ordem climática (VENTURA et al., 2009).

O sucesso na produção e a obtenção de bons resultados na produtividade da soja estão associados aos seguintes fatores:

- Exigência climática;
- Rotação de culturas;
- Manejo do solo;
- Cultivares;
- Tecnologia aplicada à semeadura e à colheita;
- Controle de plantas daninhas;
- Manejo de insetos e pragas.

As plantas estão sujeitas a uma grande variedade de estresses ambientais, incluindo temperaturas inadequadas, condições físico-químicas de solo desfavoráveis e várias doenças e pragas. Contudo, o clima é considerado o fator com maior dificuldade de controle e maior impacto na produtividade. A imprevisibilidade do clima confere, às adversidades climáticas, o principal fator de risco e de insucesso na exploração da agricultura. A temperatura, o fotoperíodo e a disponibilidade hídrica são os elementos que mais afetam o desenvolvimento e a produtividade da soja (FARIAS et al, 2001).

Dos elementos climáticos, segundo Farias (2001), a água figura como o mais limitante à produtividade e principal causador da variabilidade dos rendimentos de grãos observados nos últimos anos. O déficit hídrico é que afeta a produção agrícola com maior frequência e intensidade atingindo não apenas as regiões áridas mas também as semiáridas. Nas regiões consideradas climaticamente úmidas a distribuição irregular das chuvas provoca períodos cuja disponibilidade hídrica limita o crescimento das plantas.

### **3.3.1. Deficit hídrico**

A cultura da soja é altamente exigente quanto ao suprimento adequado de suas necessidades fisiológicas. Um pequeno déficit hídrico ou carência nutricional, de acordo com o estágio de desenvolvimento, pode comprometer diretamente a produção final. A importância da água para as plantas se deve à sua contribuição na manutenção e preservação de suas funções vitais. A água constitui

aproximadamente 90% do peso da planta, atuando em praticamente todos os processos fisiológicos e bioquímicos (FARIAS et al, 2007).

Conforme a EMBRAPA (2006), a disponibilidade de água para a soja é importante sobremaneira em dois períodos de desenvolvimento: germinação-emergência e floração-enchimento de grãos. Déficits hídricos expressivos durante a germinação e a emergência levam à morte da semente e consequente desuniformidade de *stand* mas durante a floração e o enchimento de grãos provocam alterações fisiológicas na planta, como o fechamento estomático e o enrolamento de folhas e, como consequência, causam a queda prematura de folhas e de flores e abortamento de vagens resultando, por fim, em redução do rendimento de grãos.

A exigência por água na cultura aumenta de acordo com o desenvolvimento da planta atingindo seu pico na floração-enchimento de grãos (7 a 8 mm/dia), decrescendo após este período. Dependendo das condições climáticas, do manejo e da duração do ciclo, a cultura da soja necessita entre 450 a 800 mm/ciclo (CATUCHI et al. 2012); ainda de conformidade com esses autores, cada quilo de soja produzida demanda cerca de 2.000 litros de água, do cultivo à colheita, número bastante elevado comparado com a produção de outros alimentos, como a batata e o trigo, que demandam cerca de 630 e 900 litros/quilo, respectivamente.

O efeito da deficiência hídrica na produção depende da época de ocorrência e de sua severidade. Segundo Farias et. al., (2007), a ocorrência de deficiência hídrica durante a germinação-emergência e a floração-enchimento de grãos, acarreta perdas significativas na produtividade, haja vista que esses estádios envolvem, de forma direta, a formação dos componentes primários do rendimento, que compreendem: número de plantas por área, número de legumes por planta, número de grãos por legume e peso médio de grãos.

Mundstock & Thomas (2005), afirmam que a falta de água em qualquer estágio de desenvolvimento altera a quantidade de massa produzida afetando, conseqüentemente, o balanço entre o crescimento vegetativo e o reprodutivo.

Em estudo realizado na safra de milho 2008/2009, no município de Dois Vizinhos - PR, por Silva et. al. (2012), as condições climáticas ocorridas durante o experimento caracterizaram uma deficiência hídrica severa, num intervalo contínuo de aproximadamente seis semanas, cerca de 30 dias após a emergência, causando grande impacto negativo sobre a produtividade.

Com o objetivo de analisar as condições hídricas para a cultura da soja durante as safras de 2007/08 e 2008/09 em Londrina PR, Silva & Farias (2009) constataram déficit hídrico severo nos primeiros meses da safra 2007/08; na safra 2008/09 novamente ocorreu déficit, sobretudo no mês de dezembro; de acordo com o balanço hídrico apresentado neste estudo e dependendo das temperaturas incidentes um período maior do que dez dias sem precipitação pluviométrica, implica em déficit hídrico, comprometendo a produtividade da cultura de soja.

Para Streck & Alberto (2006), o fornecimento de água à cultura da soja é importante na maior parte do seu ciclo. Como se trata de uma cultura altamente tecnificada, todo o processo de colheita é realizado mecanicamente e para tal é necessário que no fim da maturação fisiológica o fornecimento de água seja reduzido drasticamente possibilitando o alcance da umidade necessária para a colheita e à própria operação de colheita. Richart et al. (2005) salientam a importância de que o solo esteja com pouca umidade para facilitar o tráfego das máquinas e para a sua própria conservação, reduzindo o potencial compactador desta operação, quando comparada a uma condição de solo úmido.

Muito se tem feito em busca de maximizar a produtividade e minimizar perdas decorrentes da falta e/ou distribuição irregular das chuvas; uma alternativa que se potencializa em meio a este cenário de adversidades climáticas é a agricultura irrigada (RUVIARO et al, 2011). A irrigação suplementar é uma prática agrônômica que tem, por objetivo, fornecer água para as plantas em quantidade suficiente e no momento certo para, através do umedecimento do solo, garantir a produtividade máxima das culturas (BERNARDO et al., 2005).

A distribuição irregular ou insuficiente de chuvas é um dos principais limitantes à produção agrícola no Brasil, aumentando significativamente o cultivo sob irrigação, pois possibilita o controle da umidade do solo, permitindo o uso das áreas ao longo de todo o ano, reduz o risco da atividade agrícola e permite a diversificação de culturas possibilitando o cultivo de produtos com maior valor agregado.

No Brasil, do total de 53,5 milhões de hectares cultivados com culturas anuais, principalmente milho e soja, cerca de 6,36% ou seja, 3,4 milhões, foram cultivados sob irrigação sendo que, desses, 610 mil foram com pivô central (CHRISTOFIDIS, 2006).

De acordo com o Censo Agropecuário (2006) realizado pelo IBGE, 6,3% dos empreendimentos rurais do Brasil usaram técnicas de irrigação, compreendendo

4,45 milhões de hectares ou 7,4% da área total em lavouras temporárias e permanentes, assim distribuídos: i) 24,0% da área irrigada no método de inundação; ii) 5,7% por sulcos; iii) 18,0% sob pivô central; iv) 35,0% em outros métodos de aspersão; v) 7,3% com métodos localizados e vi) 8,3% com outros métodos. Comparando com os dados do Censo Agropecuário imediatamente mais recente, percebe-se que houve um aumento de 39,0% no número de empreendimentos rurais que declararam utilizar irrigação e 42,0% no total da área irrigada no País.

A Lei n.º 12.787, de 12 de janeiro de 2013, que trata da nova Política Nacional de Irrigação vem trazer um novo alento ao agronegócio no que tange às iniciativas de irrigação. O Brasil tem aproximadamente 29 milhões de hectares irrigáveis, sendo que apenas algo em torno de 15 % dessas terras se utilizam de irrigação (CHRISTOFIDIS, 2006).

Frente a isto, a nova Lei pretende impulsionar o setor e tem, entre seus objetivos:

- concluir a implantação das etapas necessárias à viabilização da produção dos projetos públicos de irrigação existentes, revitalizar as infraestruturas de uso comum e promover a exploração das áreas já implantadas em conformidade com a legislação ambiental, com vista à transferência de gestão;
- promover a Assistência Técnica e Extensão Rural - ATER nas áreas de agricultura Irrigada, visando ao uso racional do solo e da água e ao manejo adequado das culturas;
- promover a capacitação para a Agricultura Irrigada em parceria com instituições governamentais, não governamentais e da iniciativa privada;
- promover a implantação de novos projetos em áreas com potencial de ampliação da agricultura irrigada para aumentar a produção agrícola de maior valor agregado;
- reformular o marco legal da Política Nacional de Irrigação, elaborar Plano Diretor Nacional de Irrigação e reestruturar a gestão da agricultura irrigada em articulação com as políticas públicas afins.

O REIDI – Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura de Irrigação, é responsável por implantar o projeto e tem, à disposição através do programa, ferramentas que vão desde incentivos fiscais até financiamentos com taxas mais baixas às praticadas no setor. Uma grande inovação

da nova Lei é a possibilidade de financiar, além do equipamento, obras civis complementares necessárias para sua instalação e o sistema elétrico de alimentação.

A intenção da nova Lei é clara no sentido de buscar aumentar a produtividade no campo e reduzir a dependência dos efeitos climáticos ao incentivar a ampliação da área irrigada no Brasil e a expectativa é de dobrar a área irrigada nos próximos cinco anos.

### **3.4. Irrigação suplementar**

A irrigação é uma forma artificial de suprir a necessidade de água para as plantas garantindo, desta forma, que elas se desenvolvam como em ambiente com precipitação regular, potencializando os resultados (MANTOVANI et al., 2009).

Ainda segundo Mantovani et al., (2009) os sistemas de irrigação têm, por objetivo, permitir o fornecimento do insumo água, captando, conduzindo e distribuindo água de maneira uniforme e controlada, utilizando o mínimo de energia e preservando o meio ambiente; portanto, requerem a utilização de dois recursos cada vez mais escassos: água e energia.

Os principais métodos de irrigação utilizados no Brasil são:

- Superfície;
- Aspersão;
- Localizada;
- Subirrigação.

Para cada método há dois ou mais sistemas de irrigação sendo que a escolha do mais adequado deve ser baseada na viabilidade técnica e econômica do projeto e nos seus benefícios sociais considerando-se pontos como: uniformidade da superfície do solo, tipo de solo e cultivo, disponibilidade e qualidade da água, clima, cultura e manejo da irrigação a fim de que os impactos ambientais sejam minimizados e o retorno socioeconômico maximizado (CHRISTOFIDIS, 2007); contudo, a irrigação por aspersão, em especial o pivô central, surge como uma alternativa muito utilizada para o cultivo da soja e do milho.

### 3.4.1. Irrigação por aspersão

Irrigação por aspersão é o método de irrigação em que a água é aspergida sobre a superfície do terreno, assemelhando-se a uma chuva em razão do fracionamento do jato d'água em gotas (MARTINS et al., 2011). O jato d'água e seu fracionamento são obtidos pela passagem de água sob pressão através de pequenos orifícios ou bocais acoplados a dispositivos mecânicos, denominados aspersores.

Os sistemas de irrigação por aspersão podem ser classificados de acordo com o tipo de tubulação usada, do modo de instalação no campo, os tipos de engates entre as tubulações, a movimentação das linhas laterais no campo e o manejo da irrigação; dessa forma podem ser classificados em sistemas mecanizados, sistemas fixos e sistemas com movimentação manual.

Como exemplo de sistemas mecanizados tem-se o pivô central e o autopropelido nos sistemas fixos o equipamento deve cobrir toda a área a ser irrigada ao mesmo tempo, não havendo a necessidade de mudanças na posição das linhas de aspersão. Podem ser projetados com aspersores de tamanho grande, embora sejam mais utilizados os médios ou pequenos. Possuem elevado custo inicial e uma pequena utilização de mão-de-obra, oposto aos sistemas com movimentação manual que são aqueles em que tanto a tubulação principal quanto as linhas laterais e os aspersores, são mudados de local de funcionamento após cada irrigação (DRUMOND e FERNANDES, 2001).

O sistema de irrigação por aspersão é, hoje, amplamente utilizado no Brasil devido ao baixo custo inicial porém demanda grande quantidade de mão-de-obra no seu manejo. Podem, ainda, ocorrer vários problemas relativos ao seu uso, como instalação do sistema sem um projeto adequado de engenharia, manejo inadequado do sistema, no que se refere à regulagem da pressão e vazão nos aspersores e mistura de aspersores de diferentes características nas linhas de irrigação (MANTOVANI, 2000).

### **3.4.1.1. Pivô central**

Pivô central de irrigação é um sistema de agricultura irrigada por meio de um pivô. Neste sistema uma área circular é projetada para receber uma estrutura metálica suspensa que, em seu centro, recebe uma tubulação e, por meio de um raio que gira em toda a área circular, a água é aspergida por cima da plantação.

A tubulação que recebe a água de um dispositivo central sob pressão, chamado ponto do pivô, se apoia em torres metálicas montadas sobre rodas. As torres se movem continuamente, acionadas por dispositivos elétricos ou hidráulicos, descrevendo movimentos concêntricos ao redor do ponto do pivô. O movimento da última torre inicia uma reação de avanço em cadeia, de forma progressiva, para o centro. Em geral, os pivôs são instalados para irrigar áreas de 50 a 130 ha, sendo o custo por área mais baixo à medida em que o equipamento aumenta de tamanho. Para otimizar o uso do equipamento é conveniente, além da aplicação de água, aproveitar a estrutura hidráulica para aplicação de fertilizantes, inseticidas e fungicidas.

O sistema de irrigação pivô central tem proporcionado um avanço significativo da agricultura irrigada no Brasil. A grande aceitação do sistema se deve às suas características que permitem a irrigação mecanizada de extensas áreas, mesmo de topografia irregular, facilidade de utilização de práticas de quimigação, estrutura que não interfere nas operações agrícolas e, em relação ao manejo,, possibilidade de aplicação de pequenas lâminas a intervalos reduzidos, além da grande vantagem de, após completar um ciclo de irrigação, estar no lugar exato para reiniciar outro ciclo (FOLEGATTI et al., 1998).

Segundo SANDRI & CORTEZ (2009), o sistema de irrigação por pivô central se expandiu acentuadamente no Brasil nos últimos anos, motivado pelas facilidades operacionais e de controle da lâmina de irrigação, com custos competitivos pelo menor dispêndio de mão-de-obra e pela possibilidade de se obter alta eficiência de aplicação e distribuição de água.

## **3.5. Viabilidade econômica em projetos de irrigação**

Um projeto pode ser entendido como um conjunto de informações qualitativas e quantitativas, internas e/ou externas à empresa, coletadas e

processadas com o objetivo de analisar uma decisão de investimento no presente a fim de obter mais bens no futuro. Os projetos de irrigação devem ser avaliados com cuidado e de maneira adequada para que sua implantação seja justificável, devendo os mesmos ser lucrativos do ponto de vista econômico (FRIZZONE et al., 2005).

Ainda segundo Frizzone et al. (2005), a análise econômica no caso de irrigação objetiva avaliar o aumento de bens e serviços resultantes do investimento, avaliando o benefício líquido com o projeto em relação ao benefício líquido resultante da área plantada sem irrigação, determinando se um projeto é rentável ou não, ou seja, se o capital investido retornará ao investidor e a que taxa interna de retorno será realizado.

Assim, a análise econômica compara os benefícios e os custos em termos monetários considerando, inclusive, o investimento inicial para a implantação do sistema.

A escassez de recursos frente às necessidades ilimitadas faz com que cada vez mais se procure otimizar sua utilização; para tanto, os métodos determinísticos aplicados através da engenharia econômica são ferramentas necessárias para que um empreendimento possa ser previamente avaliado. Os principais métodos determinísticos para a avaliação econômica, segundo Casarotto Filho & Kopittke, (1998) são:

- Valor Presente Líquido (VPL);
- Taxa Interna de Retorno (TIR);
- Valor Anualizado Uniforme Equivalente (VAUE).

A aplicação dessas técnicas implica em determinar previamente a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) e projetar o fluxo de caixa do projeto durante toda a sua vida útil.

A Taxa Mínima de Atratividade, conforme Casarotto Filho & Kopittke (1998) é uma taxa de juros que considera o valor diferente do capital ao longo do tempo e representa o mínimo que um investidor se propõe a ganhar quando faz um investimento ou o máximo que um tomador de dinheiro se propõe a pagar quando faz um financiamento. Esta taxa é formada a partir de três componentes básicos: a) Custo de oportunidade - remuneração obtida em alternativas que não as analisadas, ou seja, quanto o capital investido estaria rendendo se aplicado em outro projeto; b) Risco do negócio - o ganho tem que remunerar o risco inerente de uma nova ação.

Quanto maior o risco maior tende a ser a remuneração; c) Liquidez - capacidade ou velocidade em que se pode sair de uma posição no mercado para assumir outra.

A TMA é considerada pessoal e intransferível pois a propensão ao risco varia de pessoa para pessoa ou, ainda, pode variar durante o tempo. Assim, não existe algoritmo ou fórmula matemática para o cálculo da mesma (HIRCHFELD, 2010).

Outro aspecto fundamental de uma decisão de investimento está centrado no dimensionamento dos fluxos de caixa previstos, que serão produzidos pelas propostas em análise. Em todo o processo de decisão de investimento é fundamental o conhecimento não só de seus futuros benefícios, expressos em termos monetários, mas também de sua distribuição ao longo da vida prevista do projeto. A regra básica de todo projeto de investimento é avaliado em termos de fluxo de caixa, ao invés de ser com base nos lucros (ASSAF NETO, 2003).

É importante salientar que os investimentos também poderão ser avaliados a partir dos fluxos de caixa incrementais, ou seja, os valores importantes são aqueles que se originam em consequência da decisão de investimento; inclusive, Assaf Neto (2003), apresenta a possibilidade de um empreendimento ser avaliado visando exclusivamente a uma redução de custos e despesas originando-se, daí, os benefícios da decisão de aplicação de capital em determinado projeto.

O valor do desembolso inicial se refere ao volume comprometido de capital direcionado à geração de resultados operacionais futuros, item no qual são incluídos todos os dispêndios de recursos que têm, como característica, não serem repetitivos, destinados a produzir benefícios futuros, tais como o aumento da receita ou queda dos gastos operacionais.

O objetivo central do estudo de um projeto é determinar se os resultados que ele produz compensam a soma de esforços e recursos despendidos na atividade produtiva. As receitas do projeto são o fluxo de recursos financeiros que o mesmo recebe em cada ano da sua vida útil, direta ou indiretamente, graças à sua operação e representam os volumes de recursos periódicos de recebimento das vendas atribuíveis diretamente ao projeto avaliado. Já o custo operacional equivale ao total de recursos necessários para remunerar os diversos componentes do processo de produção e venda da empresa durante um período de tempo. Para estimar o valor desse custo é imprescindível, portanto, conhecer as quantidades anuais de cada insumo utilizado e seu valor de aquisição.

Embora muitos estudos tenham sido realizados a nível nacional envolvendo a irrigação, prima-se pelos aspectos da viabilidade técnica deixando em segundo plano a avaliação da viabilidade econômica e financeira. Em estudos contemplando várias regiões e culturas constata-se que a viabilidade econômica e financeira de projetos de irrigação é objeto de estudo constante, tendo em vista as diversas combinações de manejo, local, época de semeadura e a necessidade de irrigação suplementar.

Segundo Faria et al. (1997), avaliaram em um trabalho, os benefícios econômicos de diferentes estratégias de manejo de irrigação em culturas de feijão no Estado do Paraná em que a produtividade apresentou acréscimo significativo devido à irrigação, sendo sua aplicação justificada pela renda líquida proporcionada.

Franke & Dorfman (2000), constataram em trabalho cuja finalidade era estimar as necessidades estocásticas de irrigação suplementar por aspersão na cultura da soja, nas regiões agroecológicas do Estado do Rio Grande do Sul, denominadas de Planalto Médio e Missões, que a irrigação suplementar se justifica tecnicamente porém enfatizam a necessidade de se avaliar outras medidas para minimizar riscos e aumentar a produtividade.

Pegorare et al. (2009), avaliaram diferentes lâminas de água aplicadas como irrigação suplementar no ciclo do milho safrinha, em plantio direto, sua influência na fisiologia, produtividade e viabilidade econômica na região de Dourados, MS. Concluíram que a irrigação suplementar foi essencial para aumentar a produtividade porém não se converteu em maior renda líquida pois a receita incremental não foi suficiente para cobrir os custos incrementais e ainda gerar excedente de renda.

Em estudo cujo objetivo era verificar o efeito da irrigação sobre o rendimento de grãos de soja plantada após a época recomendada em Santa Maria-RS, Kuss et al. (2008) constataram que as plantas irrigadas em todo o ciclo em comparação com as irrigadas somente nos períodos críticos, não apresentaram diferença no rendimento de grãos.

Ruviaro et al. (2011), apresentaram, em experimento realizado para verificar o comportamento da soja submetida a diferentes regimes hídricos e a viabilidade da irrigação suplementar na região do Vale do Jaguari - RS, enquanto a área irrigada, apresentou uma produtividade de 4045 kg ha com um lucro líquido no valor de US\$ 318,00 por hectare; a área não irrigada produziu 3602 kg ha.

Schirmer & Mattuella (1992), avaliaram economicamente um sistema de irrigação pressurizado de pivô-central na produção de milho na região do Rio Grande do Sul. Os resultados obtidos através da relação benefício/investimento foram positivos, demonstrando que, mesmo em caráter suplementar, a irrigação é eficiente em regiões de clima semitropical.

Tendo como finalidade estimar a viabilidade econômica em condições de risco, da irrigação por aspersão na cultura do milho (*Zea mays* L.) em regiões de clima subtropical, Franke & Dorfman (1998), constataram, em seu experimento, que a irrigação apresenta viabilidade econômica numa ampla gama de combinações entre época de semeadura, nível de manejo da irrigação e nível de risco nas condições estudadas.

Em trabalho realizado por Cardoso et al. (2004), objetivando identificar estratégias de manejo da irrigação para o milho safrinha em diferentes épocas de semeadura e analisar a viabilidade econômica da irrigação para esta cultura em Londrina-PR, constata-se que a irrigação é uma alternativa viável pois elevou notoriamente o rendimento em todas as épocas de semeadura reduzindo os riscos de estabelecimento da cultura e a frustração de safra.

Frizzone et al. (2001), avaliaram a viabilidade econômica da irrigação suplementar da cana-de-açúcar para a região Norte do estado de São Paulo, observando que a irrigação suplementar é viável do início, até meados da safra, considerando os benefícios diretos e indiretos do aumento da produtividade porém se mostrou inviável economicamente, de meados até o final da safra.

A viabilidade econômica de irrigação para a cana-de-açúcar também foi estudada por Marques et al. (2006) para a região de Piracicaba-SP, considerando o risco e o efeito dos fatores econômicos sobre o custo total da produção. Para todas as situações e sistemas testados os valores da relação benefício/custo foram negativos, indicando a inviabilidade do projeto.

Marques & Frizzone (2005), elaboraram um modelo computacional para determinar o risco econômico em culturas irrigadas; o programa fornece, além de outras informações, a relação benefício/custo, valor esperado de benefício líquido e a inclusão de risco econômico presente no projeto, fatores esses determinantes para a decisão de irrigar ou não determinada cultura.

Mendonça et al. (2009), avaliaram os impactos econômicos, social e ambiental de ações integradas de pesquisa e transferência de tecnologia para

elaborar projetos e realizar o manejo da irrigação de pastagens. De acordo com os resultados obtidos destaca-se a importância do treinamento de extensionistas para a compreensão das tecnologias transferidas aos produtores e o impacto positivo que a irrigação de pastagens promove na produtividade, proporcionando rentabilidade com maior regularidade da produção durante o ano.

Jobim et al. (2009), investigaram em seu experimento, a viabilidade de irrigação suplementar por pivô central na produção do feijoeiro no planalto Médio do RS. Os resultados obtidos mostraram a produção de feijão irrigado como atividade economicamente viável, sendo a receita adicional produzida pela irrigação suficiente para amortizar o investimento.

Lima et al. (2008) estudaram o efeito da irrigação na produtividade e no rendimento do café da roça em lavoura irrigada por pivô central, na região de Lavras, MG. Em comparação com a produtividade da testemunha, os tratamentos irrigados apresentaram maior produtividade atingindo acréscimos de até 119%.

Marques & Coelho (2003), concluíram, com o objetivo de avaliar a produção da pupunheira em Ilha Solteira – SP sob irrigação, que o investimento é totalmente viável proporcionando um acréscimo de 257% na produção.

Schonwald et al. (2008), realizaram uma avaliação econômica de projetos de irrigação implantados em estabelecimentos rurais familiares, voltados para a produção de olerícolas, na região oeste do Paraná. De acordo com os resultados, apenas para a produção de morangos e tomates, a implantação de sistemas de irrigação mostrou-se economicamente viável. Conforme o estudo, a falta de experiência dos produtores com relação à produção de olerícolas foi determinante nos resultados obtidos, gerando produções e produtividades abaixo do previsto, além de valores de TIR e TR que inviabilizaram os projetos.

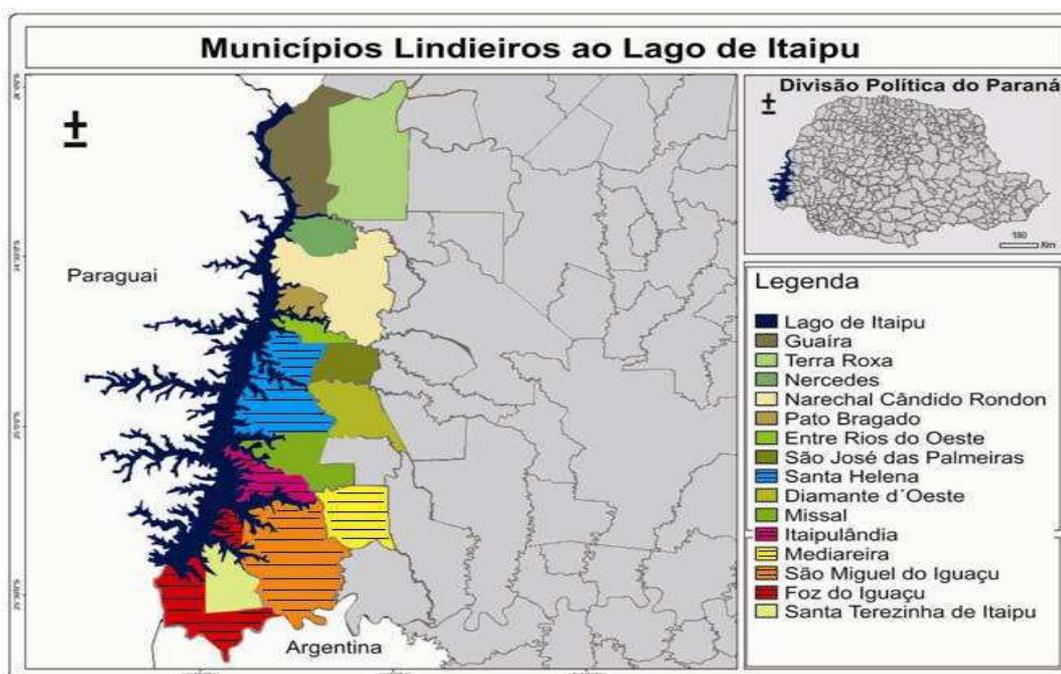
## 4. MATERIAL E MÉTODOS

Para o alcance dos objetivos propostos foram adotados os seguintes procedimentos metodológicos:

- Caracterização da área de estudo;
- Levantamento das variáveis: produção, produtividade, precipitação e posterior análise da relação entre elas;
- Avaliação da eficiência da produção do modelo atual, sem irrigação;
- Análise da viabilidade econômica do uso de irrigação suplementar.

### 4.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo é compreendida por cinco municípios, Foz do Iguaçu, São Miguel do Iguaçu, Medianeira, Itaipulândia e Santa Helena, todos pertencentes à mesorregião do Oeste Paranaense, conforme a divisão administrativa proposta pelo IBGE (BRAGUETO e CARVALHO, 1990). O estudo abrange esses municípios por terem as mesmas condições ambientais e se utilizar das mesmas práticas culturais na soja e no milho, além de terem parte de suas terras banhadas pelo lago de Itaipu fazendo parte da região dos municípios lindeiros, mostrados na Figura 1.



**Figura 1**- Mapa dos Municípios lindeiros ao lago de Itaipu.  
Fonte: Adaptado de Limberger (2007).

Esses municípios têm, como principal atividade econômica, a agricultura, exceto o município com maior população, Foz do Iguaçu, conforme dados do IBGE (2010) constantes na Tabela 1.

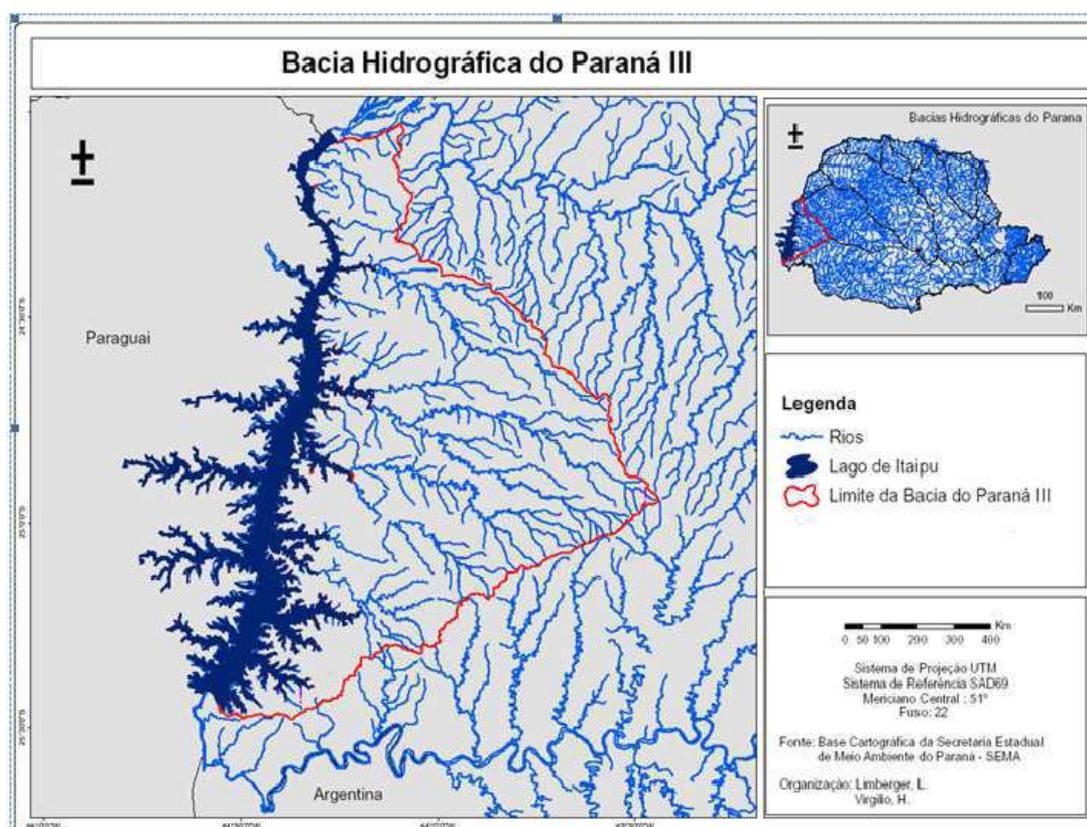
**Tabela 1** - População dos municípios em estudo no ano de 2010

Município	População
Foz do Iguaçu	256.081
Medianeira	41.830
São Miguel do Iguaçu	25.755
Santa Helena	23.425
Itaipulândia	9.027

Fonte: IBGE, (2010)

O lago de Itaipu, enquadrado na Bacia do Paraná III, tem uma superfície líquida média de 1.350 km<sup>2</sup> (podendo chegar a 1.460 km<sup>2</sup> no seu nível máximo), com 29 bilhões de m<sup>3</sup> de água armazenada. É classificado como de grande porte quanto à quantidade de água armazenada; a profundidade média do lago é de 21,5 m mas em alguns locais pode chegar a 170 m.

Chama-se Bacia do Paraná III o “triângulo” formado entre Guaíra, Cascavel e Foz do Iguaçu, conforme a Figura 2.



**Figura 2** - Bacia Hidrográfica do Paraná III.  
Fonte: LIMBERGUER, 2007.

Este triângulo, se caracteriza como uma bacia peculiar, em termos de uso e conservação dos recursos hídricos no Paraná, pois sua área de drenagem contribui para o reservatório da Usina Hidrelétrica Itaipu Binacional, apresentando conflitos de uso, como geração de energia elétrica, exploração agrícola, intensificação da suinocultura e avicultura, atividades agropastoris, crescimento urbano, turismo e outros.

Além de serem banhados pelo lago de Itaipu, os municípios lindeiros têm outras características em comum, tais como: relevo, solo, clima e níveis de precipitação pluviométrica.

O relevo na bacia do Paraná III é mais acidentado nas proximidades de Cascavel onde se situa o dispersor de drenagem da bacia, encontrando-se as zonas mais aplainadas a oeste, próximas ao curso do rio Paraná. Quanto ao relevo, a bacia do Paraná pode ser definida como um amplo plano monoclinal, visto que suas maiores cotas altimétricas, em torno 1.200m no contato com o Segundo Planalto, passam a atingir cotas inferiores a 150 m na calha do Rio Paraná

Quanto à formação do solo, o estado do Paraná se encontra subdividido em cinco regiões naturais, sendo que a área de estudo pertence ao compartimento denominado Planalto de Guarapuava, seção do Terceiro Planalto Paranaense, abrangendo a unidade de relevo do Planalto Central da Bacia do Paraná e é formado, em grande parte, por rochas magmáticas do mesozoico.

Os solos predominantes dos municípios é o solo Latossolo Roxo, originado da rocha basáltica: Solo residual com fragmentos de rocha, solo residual profundo e solo residual/coluvial. Além desses, quatro outros tipos de solo fazem parte da formação pedológica do município: aluviões, solo residual raso, solo saprolítico/afloramento de rocha e solos hidromórficos.

O clima dos cinco Municípios é, pela classificação de Köppen, do tipo Cfa - subtropical úmido (Mesotérmico), com verões quentes e geadas pouco frequentes; sua temperatura média anual é de 21° C; o mês mais quente é fevereiro, com temperatura média de 26° C e o mais frio é julho, com temperatura média de 15° C; julho é o mês menos chuvoso.

Quanto ao clima e segundo Limberguer (2007), as maiores influências, em especial no sul do Brasil, se dão em grande parte por diferenciações dos aspectos do relevo. Portanto, é lícito afirmar que no Terceiro Planalto Paranaense as maiores oscilações morfoclimáticas se dão de acordo com as diferenças de altitude. Na área

de interesse deste estudo não ocorrem grandes alterações no relevo situando-se na faixa entre 200 e 300 m de altitude.

Em relação aos índices de temperatura são da mesma forma, muito parecidas e se apresentam bastante elevadas no verão, principalmente nas proximidades da calha do Paraná devido às baixas altitudes, e bastante baixas no inverno, por sofrer as influências das massas polares que adentram o continente.

Quanto à pluviosidade da área de estudo, pode-se dizer que é regularmente distribuída durante todo o ano excetuando-se a zona marginal, na represa de Itaipu, que apresenta condições discretas de subseca no inverno.

As discussões sobre suas características pluviométricas vêm tendo maior destaque, porque se verifica, no oeste e no sudoeste do Paraná, tal como em outras partes da região sul, como o oeste de Santa Catarina e o noroeste do Rio Grande do Sul, a ocorrência de “veranicos” no período entre dezembro e março com precipitação reduzida. Este fenômeno se fez marcante e ocorreu em vários períodos.

Assim sendo, pode-se dizer que os municípios lindeiros estão na mesma unidade geológica e geomorfológica, o que justifica a hipótese de que essas localidades possuem características similares quanto ao tipo de relevo, solo, clima e níveis de precipitação, entre outros. Ainda quanto ao sistema produtivo, a região também opera com características similares sendo que os tratamentos culturais adotados pelos produtores quanto à rotação de culturas, manejo do solo, cultivares, tecnologia aplicada à semeadura e a colheita, controle de plantas daninhas, manejo de insetos e pragas, são os mesmos.

#### **4.2. Produção, produtividade e precipitação dos Municípios**

Para as análises, os dados sobre a produção, produtividade e área plantada, foram coletados junto ao Departamento de Economia Rural (DERAL), desde a safra 2005/06 até a safra de 2011/12 para os cinco municípios e os dados referentes à precipitação pluvial foram obtidos junto à Agência Nacional de Águas (ANA), por meio do seu endereço eletrônico de suporte HIDROWEB, para o mesmo período; os valores coletados são apresentados no Apêndice 1.

Com essas informações foi possível estudar a correlação entre as variáveis precipitação e produtividade, por meio de regressão linear simples, e avaliar a

eficiência do atual modelo de produção (sem irrigação) das sete safras, nos cinco municípios analisados.

Para avaliação da viabilidade econômica da irrigação suplementar, os dados de produtividade foram obtidos junto à

Cooperativa Agroindustrial Lar de São Miguel do Iguaçu, a qual forneceu a produção anual de soja e milho dos últimos 20 anos, conforme indicado no Apêndice 2, de uma propriedade com 18,23 ha de área produtiva, localizada na Comunidade Santa Cruz do Ocoy, no município de São Miguel do Iguaçu. Os valores da produtividade desta propriedade foram extrapolados para uma propriedade de área maior, neste caso para uma área equivalente a 83,43 ha, localizada na mesma Comunidade, comportando a instalação de pivô central de onde foram obtidas as informações relativas ao investimento inicial e aos custos operacionais.

#### 4.3. Avaliação da eficiência do atual modelo de produção

Tem, como objetivo, avaliar a eficiência do modelo atual de produção, isto é, sem irrigação. Para tanto, foi tomada como variável a produtividade das safras 2005/06 até a safra de 2011/12 e avaliada através do modelo de eficiência (y) preconizado por Rocha (2005). Como critério de análise o valor maior da produtividade representa a melhor situação (100%) e o valor menor representa a pior situação (0%).

Esses valores, juntamente com o modelo matemático determinado, definirão a Unidade Crítica para cada período analisado. O cálculo do modelo matemático dos fatores relativos à produtividade foi feito através da análise de regressão simples de acordo com Rocha (2007), em que a eficiência do modelo é dada por:

$$y = ax + b \quad (1)$$

sendo: x o valor significativo encontrado e y é a unidade crítica de eficiência, em %.

O valor de y varia de zero a 100% e se tem:

$$ax + b = 0 \quad (2)$$

x = valor mínimo (menor produtividade da série)

$$ax' + b = 100 \quad (3)$$

x' = valor máximo (maior produtividade da série)

#### **4.4. Análise da viabilidade econômica do uso da irrigação suplementar**

O objetivo central deste trabalho é avaliar a viabilidade econômica do uso de irrigação na produção de culturas anuais na região pesquisada. Busca-se determinar se os resultados alcançados compensam a soma de esforços e recursos despendidos. Para tanto desenvolveu-se um estudo de caso do uso de irrigação em uma propriedade, mantendo suas características quanto à exploração, ou seja, assume-se a premissa de cultivar soja na safra e milho na safrinha e tem, como referência, o ano 2013 como inicial ao projeto.

A avaliação econômica se caracteriza como pesquisa qualitativa e se utiliza da coleta de dados documental e entrevistas. A coleta de dados recorre, de forma documental, a materiais que ainda não receberam tratamento analítico, ou seja, as fontes primárias. Esta é a principal diferença entre a pesquisa documental e a pesquisa bibliográfica (OLIVEIRA, 2007). No entanto, o conceito de documento ultrapassa a ideia de textos escritos e/ou impressos. Como fonte de pesquisa o documento pode ser escrito ou não, tais como filmes, vídeos, slides e fotografias. Esses documentos são utilizados como fontes de informações que trazem seu conteúdo para elucidar determinadas questões e servir de prova para outras, de acordo com o interesse do pesquisador (FIGUEIREDO, 2007).

A análise qualitativa se refere a uma avaliação não baseada em um tratamento estatístico criterioso mas em informações subjetivas muito mais amplas e de difícil sistematização. Na economia, a exemplo de outras ciências sociais, é bastante comum o uso da abordagem qualitativa como tipologia da pesquisa. Cabe lembrar que, apesar de a economia lidar intensamente com números, ela é uma ciência social e não uma ciência exata, como se poderia pensar, o que justifica o uso da abordagem qualitativa.

Desta forma, para as análises econômicas realizadas neste estudo, os dados foram levantados por meio de entrevistas e pesquisa documental, e tratados por meio dos métodos determinísticos de avaliação da viabilidade econômica de projetos.

#### 4.4.1. Levantamento dos dados

Para que fosse possível proceder às análises econômicas, foram levantadas as seguintes informações:

- Dados da produção e área cultivada: foi feito levantamento da produção de uma propriedade local, quando foram levantadas a produção de soja e milho e a área cultivada das safras dos últimos 20 anos;
- Investimento necessário para a aquisição e instalação de sistema de irrigação (pivô central): orçamento junto à empresa TM Agrícola, fornecedora de equipamentos;
- Outros dispêndios iniciais para instalação do equipamento (casa de bombas, rede trifásica, vala para adução, outorga, outros): através de orçamento feito em empresas responsáveis e/ou fornecedoras. Esta informação também é parte do investimento inicial do projeto;
- Custos de financiamento do sistema de irrigação: junto ao Banco do Brasil e produtores rurais entrevistados;
- Preços de comercialização dos produtos: preços praticados aos produtores junto à Cooperativa Agroindustrial Lar;
- Entrevistas com produtores que utilizam irrigação e outros agentes da cadeia para obtenção de informações quanto à operação, investimentos e custos de operação, apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** - Entrevistados e tema da entrevista

<b>Entrevistado</b>	<b>Empresa/Assunto</b>
Entrevistado 1	Produção irrigada (Itaipuândia PR)
Entrevistado 2	Produção irrigada (Cristalina GO)
Entrevistado 3	Empresa fornecedora de equipamentos agrícolas
Entrevistado 4	COPEL – Agência São Miguel do Iguaçu
Entrevistado 5	Banco do Brasil

As entrevistas são ferramentas de obtenção de informações adicionais sobre sistemas de produção, sobre a opção da irrigação, entre outras informações que não seriam possíveis somente com a pesquisa. A técnica de entrevista semiestruturada foi utilizada pois esta técnica de entrevistas atende principalmente as finalidades

exploratórias e é bastante utilizada para o detalhamento de questões e formulação mais precisas dos conceitos relacionados. Em relação à sua estruturação, o entrevistador introduz o tema e o entrevistado tem liberdade para discorrer sobre o tema sugerido. É uma forma de poder explorar mais amplamente uma questão. As perguntas são respondidas dentro de uma conversação informal.

A entrevista semiestruturada é utilizada quando o pesquisador deseja obter o maior número possível de informações sobre determinado tema, segundo a visão do entrevistado, e também para obter um detalhamento maior do assunto. Ela é utilizada geralmente na descrição de casos individuais, na compreensão de especificidades culturais para determinados grupos e para comparabilidade de diversos casos (MINAYO, 1993).

#### **4.4.2. Tratamento econômico dos dados**

O tratamento dos dados foi feito através da projeção do fluxo de caixa pelo período da vida útil do projeto e a partir dele foram aplicadas as técnicas de avaliação econômica:

- VPL (Valor Presente Líquido);
- TIR (Taxa Interna de Retorno) e;
- VAUE (Valor Anualizado Uniforme Equivalente).

O Valor Presente Líquido (VPL) tem, como finalidade, determinar um valor no instante considerado inicial, a partir do fluxo de caixa obtido através das entradas e saídas de capital, estimadas no processo (HIRCHFELD, 2010). Busca determinar um valor no tempo considerado inicial considerando-se um fluxo de caixa formado de uma série de dispêndios e receitas. Assim, o VPL é definido como o transporte para a data zero de um diagrama de fluxo de caixa, dos recebimentos e desembolsos descontando a taxa de juros. A origem do Valor Presente Líquido está fundamentada no reconhecimento da influência do tempo em relação aos capitais, sendo que há diminuição do valor do capital futuro ao longo do tempo, quando ele é descontado para um Valor Presente.

O fundamento lógico do método é a objetividade. Um VPL zero significa que os fluxos do projeto são suficientes para pagar o capital investido e para

proporcionar a taxa requerida sobre aquele capital; o VPL é obtido por meio da equação (4).

$$VPL = \sum_{t=1}^n \left( \frac{FC_t}{(1+i)^t} \right) - FC_0 \quad (4)$$

donde:

VPL: Valor Presente Líquido de um fluxo de caixa do projeto;

n: Número de períodos relacionados no horizonte no tempo;

t: Período genérico no horizonte do tempo;

FC<sub>0</sub>: Investimento inicial do projeto;

FC<sub>t</sub>: Valor presente de suas entradas de caixa;

i: Taxa de custo de capital da empresa (TMA).

Segundo Casarotto Filho & Kopittke (1998) o método da TIR requer o cálculo da taxa que zera o Valor Presente Líquido do fluxo de caixa da alternativa de investimento. Os investimentos com TIR maior que a TMA são considerados rentáveis e passíveis de análise. De forma genérica, o cálculo do TIR é obtido pela equação (5).

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = FC_0 \quad (5)$$

donde:

TIR: Taxa Interna de Retorno;

FC<sub>0</sub>: Investimento inicial do projeto;

FC<sub>t</sub>: Valor presente das entradas de caixa;

n: Número de períodos relacionados no horizonte no tempo;

t: Período genérico no horizonte do tempo;

i: taxa

A TIR, assim como outros modelos, tem suas restrições. Nesta pesquisa usou-se, em função do seu perfil, do artifício do cálculo da TIR ajustada. O ajuste no cálculo da TIR se deu pelo fato de o desembolso inicial ser diferente do valor investido no projeto por causa do financiamento.

O Valor Anualizado Uniforme Equivalente (VAUE) é o método que consiste “em achar a série uniforme anual equivalente ao fluxo de caixa dos investimentos, ou seja, acha-se a série uniforme equivalente a todos os custos e receitas para cada projeto utilizando-se a TMA” (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 1998). Este método é adequado, segundo os mesmos autores, em análises que envolvam atividades operacionais das organizações, como investimentos que, normalmente, possam repetir-se. O cálculo do VAUE é obtido pela seguinte equação (6).

$$VAUE = VPL \cdot \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (6)$$

donde:

VAUE: Valor anualizado Uniforme equivalente;

VPL: Valor Presente Líquido;

n: Número de períodos relacionados ao horizonte de tempo;

i: taxa.

#### 4.4.2.1. Procedimentos de cálculo

Para os dados levantados em campo foram adotados os seguintes procedimentos:

1. **Projeção de produção:** a estimativa da produção para o período de análise foi feita com base na série histórica de 20 conjuntos anuais (1993 – 2012) de safra e safrinha (soja e milho), mesmo período de vida útil do projeto. Assume-se a premissa de que nas próximas safras se repetirá o desempenho das safras passadas devido à também repetição dos eventos climáticos (Baú, 2012).
2. **Extrapolção de dados:** a receita incremental dos 18,23 ha (propriedade rural de coleta dos dados) é extrapolada para a área de 83,43 ha (Fazenda Vier - proposta para instalação do sistema de irrigação pivô central);
3. **Cálculo da produção incremental:** este valor é obtido subtraindo-se a produção de cada período com a melhor safra obtida na série analisada constante no Apêndice 13. Supõe-se que com o uso do sistema de

irrigação a produção de todos os anos da série em análise poderá ser igual à melhor produção já obtida;

**4. Cálculo da receita incremental:** a receita bruta incremental é obtida pela multiplicação da produção incremental pelo preço de venda unitário;

**5. Projeção de custos de produção:** foi utilizado somente o fluxo de custos líquidos incremental, considerando-se que os demais custos no trato cultural de produção (sementes, plantio, aplicações de insumos, colheita etc) são os mesmos, com ou sem irrigação. Os itens de custo foram identificados através das entrevistas e descritos a seguir:

- **Energia elétrica:** Para instalar o ponto trifásico necessário para um motor de 150 CV, o produtor faz contrato de “demanda mínima” com a concessionária de energia e prevê um pagamento mensal no valor de R\$ 1.500,00, implicando dizer que a energia assume a característica de um custo semivariável, em que parte do custo mensal é fixo, e a outra parte poderá ser variável, quando ocorrer consumo excedente. É considerado excedente o consumo feito além de 7.895 kW mensais; Isto equivale a dizer que nas condições e preços de energia atuais e que são necessários 232 kW/mm de lâmina de água aplicado, poderão ser aplicados 34 mm de lâmina de água por mês em horário normal ou 107 mm em horário de tarifa reduzida normatizada pelo Programa de Irrigação Noturna (PIN) que prevê redução de 70% do valor da tarifa;
- **Mão-de-obra:** assume-se que o projeto prevê a contratação de um funcionário para operar o sistema; o custo estimado é de R\$ 2.000,00 mensais, incluindo todos os encargos;
- **Manutenção:** admite-se que o serviço de manutenção preventiva e corretiva do equipamento demandará um custo mensal médio de R\$ 300,00;
- **Materiais:** assim como na manutenção, também se estima um gasto com reposição de R\$ 200,00 mensais com pequenos materiais utilizados na manutenção ou em outras formas de aplicação;

- **Depreciação:** O custo com a depreciação do equipamento não figura como custo mensal; todavia, é item de custo e está computado com a perda do valor do bem ao longo do tempo, implicando em assumir desvalorização total do equipamento e, portanto, seu valor residual é igual a zero.

O custo total será apurado pela equação (7):

$$C_{\text{total}} = C_{\text{energia}} + C_{\text{mo}} + C_{\text{manut.}} + C_{\text{mat.}} + C_{\text{outros}} \quad (7)$$

- 6. Eficiência de produtividade:** embora a literatura sugira que a produtividade possível com uso da irrigação é idêntica à produtividade obtida em condições naturais ideais de chuvas criou-se no modelo, um mecanismo para avaliar a viabilidade do projeto, caso isto não se concretizasse; assim são feitas, na simulação de cenários, projeções nas quais se altera o índice percentual da produtividade em relação à produtividade em condições de regime de chuvas normais;
- 7. Inflação:** a correção dos custos e das receitas estimadas foram feitas a uma taxa de 4,5% anuais. Este índice é a meta de inflação estabelecida pelo COPOM para os próximos anos;
- 8. Interpretação dos cálculos:** o ponto inicial de interpretação e avaliação da viabilidade econômica do projeto é o cenário no qual a propriedade e o sistema de irrigação são de uso exclusivo para a produção de soja na safra principal. Na sequência são feitas projeções agregando a produção consorciada de milho na safrinha em cenários mais otimistas e outros mais pessimistas para enriquecer a análise. Ressalta-se que em projeções econômicas existe uma margem de erro não mensurável antes dos eventos econômicos se concretizarem, fatos ou especulações que podem mudar e mudam, seguidamente, o rumo da economia baseada na lei de mercado;
- 9. Simulação de cenários:** para a solução dos cálculos das equações utilizou-se da ferramenta computacional – EXCEL; foi possível, assim,

fazer simulações de diversos cenários variando uma das variáveis ou várias delas, simultaneamente. O objetivo é auxiliar no cálculo e no processo de tomada de decisão em diversas condições econômicas; as variáveis passíveis de simulações são:

- Investimento inicial;
- Preço de Venda;
- Quantidade de grãos produzida;
- Custos operacionais (custo com energia elétrica, mão-de-obra, manutenção, materiais, outros custos operacionais);
- Índice de inflação projetada;
- Taxa e condições de financiamento;
- TMA;
- Valor residual do equipamento; e
- Diferentes níveis de eficiência de produtividade usando-se da irrigação.

As simulações abordaram as variáveis elencadas avaliando seu impacto sobre a viabilidade econômica do projeto de irrigação. O Apêndice 3 detalha a forma como as variáveis foram relacionadas nos cenários sendo que foi avaliado o total de 15 cenários nos quais foram modificados determinados valores e/ou taxas das variáveis; enfim, o Apêndice 4 exemplifica o fluxo de caixa resultante.

#### **4.4.3. Análise do Ponto de Equilíbrio**

O Ponto de Equilíbrio (PE) consiste no cálculo do ponto em que as receitas se igualam aos custos oriundos do projeto e é obtido através da equação 8:

$$PE = \frac{CF}{MC} \quad (8)$$

donde

PE: Ponto de Equilíbrio;

CF: Custos Fixos;

MC: Margem de Contribuição percentual.

Os custos fixos estão representados pela soma dos custos operacionais mais o valor anual correspondente ao investimento inicial; já a margem de contribuição é o quanto cada unidade contribui para o pagamento dos custos fixos; para o cálculo aplica-se a fórmula (9).

$$MC = \frac{(PV - CV)}{PV} \cdot 100 \quad (9)$$

donde:

PV: Preço de Venda;

CV: Custo Variável.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente trabalho avaliou-se a viabilidade econômica do uso de irrigação suplementar na produção de culturas anuais em municípios do oeste do Paraná considerando-se que as variações ocorridas na produtividade estão vinculadas à precipitação uma vez que, as características de adubação e calagem, manejo e conservação dos solos, tipos de solo e outras tecnologias empregadas, são semelhantes nas regiões em análise. Para tanto, tomou-se como base o atual modelo de produção, analisou-se a relação precipitação versus produtividade e se avaliou a eficiência do modelo apontando possíveis incrementos na produção com o emprego da irrigação suplementar.

### 5.1. Eficiência do atual modelo de produção dos municípios

A Tabela 3 mostra os valores relativos à produtividade para as safras 2005/06 a 2011/12 para os 05 (cinco) municípios estudados.

**Tabela 3** - Produtividade das safras 2005/06 a 2011/12 nos Municípios

Safr (ano)	Produtividade (kg/ha)				
	Foz do Iguaçu	São Miguel do Iguaçu	Itaipulândia	Santa Helena	Medianeira
2005/06	1.983	2.000	1.735	1.750	2.355
2006/07	3.223	3.471	3.100	2.850	3.427
2007/08	3.471	3.099	3.347	3.350	3.471
2008/09	<b>756</b>	<b>1.314</b>	<b>700</b>	<b>1.300</b>	<b>1.240</b>
2009/10	3.471	3.471	<b>3.500</b>	<b>3.600</b>	<b>3.719</b>
2010/11	<b>3.595</b>	<b>3.595</b>	3.223	2.880	3.700
2011/12	1.833	1.603	2.165	1.608	1.810

Fonte: DERAL (2012)

De acordo com os valores apresentados, a menor produtividade ocorreu na safra de 2008/09 para os cinco municípios analisados, sendo a máxima produtividade registrada na safra 2009/10 nos municípios de Itaipulândia, Santa Helena e Medianeira e em 2010/11 para Foz do Iguaçu e São Miguel do Iguaçu.

Com os valores de máxima e mínima produtividade obteve-se a equação definitiva para o cálculo do modelo matemático que define a eficiência da produtividade ( $y$ ) para as safras e municípios analisados.

a) Cálculo do Modelo para o município de Foz do Iguaçu

**$y = ax + b$** , e tem-se:

$$ax + b = 0 \quad x = \text{valor mínimo (756);}$$

$$ax' + b = 100 \quad x' = \text{valor máximo (3.595).}$$

Logo,  $a = 0,03522$  e  $b = - 26,6291$ .

Equação definida:  **$y = 0,03522x - 26,6291$**

b) Cálculo do Modelo para o município de São Miguel do Iguaçu

**$y = ax + b$** , e tem-se:

$$ax + b = 0 \quad x = \text{valor mínimo (1.314);}$$

$$ax' + b = 100 \quad x' = \text{valor máximo (3.595).}$$

Logo,  $a = 0,04384$  e  $b = - 57,6063$ .

Equação definida:  **$y = 0,04384x - 57,6063$**

c) Cálculo do Modelo para o município de Itaipulância

**$y = ax + b$** , e tem-se:

$$ax + b = 0 \quad x = \text{valor mínimo (700);}$$

$$ax' + b = 100 \quad x' = \text{valor máximo (3.500).}$$

Logo,  $a = 0,03571$  e  $b = - 25,0000$ .

Equação definida:  **$y = 0,03571x - 25,0000$**

d) Cálculo do Modelo para o município de Santa Helena

**$y = ax + b$** , e tem-se:

$$ax + b = 0 \quad x = \text{valor mínimo (1.300);}$$

$$ax' + b = 100 \quad x' = \text{valor máximo (3.600).}$$

Logo,  $a = 0,04348$  e  $b = - 56,5217$ .

Equação definida:  **$y = 0,04348x - 56,5217$**

e) Cálculo do Modelo para o município de Medianeira

$y = ax + b$ , e tem-se:

$$ax + b = 0 \quad x = \text{valor mínimo (1.240); e,}$$

$$ax' + b = 100 \quad x' = \text{valor máximo (3.719).}$$

Logo,  $a = 0,04034$  e  $b = - 50,0201$ .

Equação definida:  $y = 0,04034x - 50,0201$

A Tabela 4 apresenta os valores da eficiência da produtividade para cada município e período analisado.

**Tabela 4** - Eficiência do modelo atual de produção

Safr (ano)	Eficiência do modelo sem irrigação (%)				
	Foz do Iguaçu	São Miguel do Iguaçu	Itaipulândia	Santa Helena	Medianeira
2005/06	43,20	30,10	36,90	19,60	44,90
2006/07	86,80	92,20	85,70	67,40	88,20
2007/08	95,50	78,20	94,50	89,10	90,00
2008/09	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
2009/10	95,50	92,20	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
2010/11	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	90,10	68,70	99,20
2011/12	37,90	12,70	52,30	13,40	23,00

No Município de Foz do Iguaçu a safra de 2010/11 apresentou a máxima eficiência na produção de soja, o que se justifica pelo volume e distribuição das chuvas; a pior eficiência foi observada na safra 2008/09; em outras duas safras, 2005/06 e 2011/12, a eficiência produtiva foi baixa, de 43,2 e 37,9%.

No Município de São Miguel do Iguaçu a maior eficiência das safras também foi verificada nos 2010/11 sendo que as safras 2006/07 e 2009/10 são consideradas boas; as piores safras ocorreram em 2008/09, 2011/12 e 2005/06; a safra 2007/08 apresenta produtividade acima da média mas poderia ser melhorada aproximando-se das melhores produtividades.

No Município de Itaipulândia as safras mais eficientes ocorreram nos períodos 2009/10 e 2007/08, sendo que a safra 2008/09 teve eficiência zero, com a menor produtividade observada em todos os municípios; quanto às safras de 2005/06 e 2011/12, pode-se dizer que apresentaram uma baixa eficiência.

No Município de Santa Helena a melhor safra ocorreu no período 2009/10, e as piores safras apontadas pelo modelo matemático ocorreram nos períodos 2008/09, 2011/12 e 2005/06, respectivamente; as safras 2006/07 e 2010/11 também poderiam ter incrementos na eficiência produtiva.

O Município de Medianeira apresentou a maior eficiência de safras comparadas com os demais municípios, enquanto a safra 2009/10 atingiu a produtividade média de 3.719 kg por ha e grande eficiência também no período 2010/11. Neste município a pior safra ocorreu em 2008/09, em que a precipitação foi muito baixa, além de distribuição irregular; as safras 2011/12 e 2005/06 também apresentaram baixa eficiência.

De forma geral, o cálculo da eficiência da produção sem o uso de irrigação indica potencial de produtividade desperdiçada em todos os municípios analisados. Das sete safras da série analisada três apresentam baixos índices de produtividade. Em todos os municípios as piores produtividades foram obtidas nas safras 2005/06, 2008/09 e 2011/12 com índices abaixo de 50%, conforme demonstra a Tabela 4. Em outras safras ainda se percebe índices de eficiência da produtividade entre 50 e 90%, ou seja, são produtividades que poderiam ser melhoradas com uso do sistema de irrigação.

Essa avaliação de eficiência produtiva está sendo feita em relação às melhores médias obtidas em cada município da região em estudo; todavia, em outros estudos já se obtiveram médias de produtividade muito superiores e que poderiam ser atingidas ao se instalar sistema de irrigação por minimizar os riscos de ordem climática.

A exemplo disto, Ruviano et al (2011), constaram que a produtividade de soja irrigada chegou a 4.045 kg/ha na região do Vale do Jaguará RS, em que a produtividade no mesmo ano foi de 3.602 kg/ha sem irrigação; portanto, produtividade muito próxima à da região estudada na safra 2010/11 (ano do experimento) em regime normal de chuvas.

Na pesquisa de campo o entrevistado 3, representante de empresa fornecedora de equipamentos de irrigação, constante no apêndice 14, reforça a idéia de que, utilizando-se de irrigação, a produtividade poderá ser tão eficiente como se fosse em regime normal de chuvas. Segundo o entrevistado, “a irrigação possibilita 100% da produtividade ou até mais já que se trabalha com aplicação intensiva de tecnologia de produção; variedades, adubação, etc...”

Ao conseguir minimizar os riscos climáticos, investir na aplicação de novas tecnologias, mesmo de maior custo, poderá ser negócio atraente haja vista a produtividade por elas alcançada. Em experimento de Bertolin et al (2010) feito com o uso de um bioestimulante composto por citocinina, ácido indolbutírico e ácido giberélico via sementes ou via foliar em diferentes estádios fenológicos de duas cultivares, uma convencional e outra geneticamente modificada, obteve-se aumento de 37% na produção de grãos em relação à testemunha atingindo uma produtividade de 4.905 kg/ha na cultivar convencional.

Os estudos apontam, portanto, que o potencial produtivo está muito além do que se produz nas condições de hoje em que a produção agrícola está à mercê das condições climáticas.

## **5.2. Relação entre a produtividade da soja e a precipitação**

De todos os fatores inerentes a atividade agrícola, o clima surge como aquele de mais difícil controle e maior ação sobre a limitação às máximas produtividades. A imprevisibilidade e a impossibilidade de atuação sobre essa variável lhe conferem o título de ser o principal fator de risco e insucesso na exploração da cultura de soja na região Oeste do Paraná. A limitação decorrente dos elementos climáticos, em especial a falta de chuva é, portanto, o fator que mais compromete a produtividade e o rendimento financeiro de todos os agentes envolvidos na cadeia de produção. Segundo Rosseti (2001), cerca de 95% das indenizações pagas pelos instrumentos de seguridade agrícola estão relacionadas à estiagem ou ao excesso de chuva.

Embora o sucesso na produtividade da soja esteja associado a vários fatores, além da precipitação nesta análise, como já mencionado, não foi considerada significativa a participação de outros fatores climáticos e tecnológicos de produção (rotação de culturas, manejo do solo, cultivares, tecnologia aplicada à semeadura e a colheita, controle de plantas daninhas, manejo de insetos e pragas), já que são idênticas em anos de boa ou má distribuição de chuvas.

Com o intuito de ajudar a compreender o efeito das estiagens sobre a produtividade, este estudo analisou qual a relação entre a produtividade e precipitação pluviométrica nos municípios de Foz do Iguaçu, Medianeira, Itaipulândia, Santa Helena e São Miguel do Iguaçu, para o período das safras de

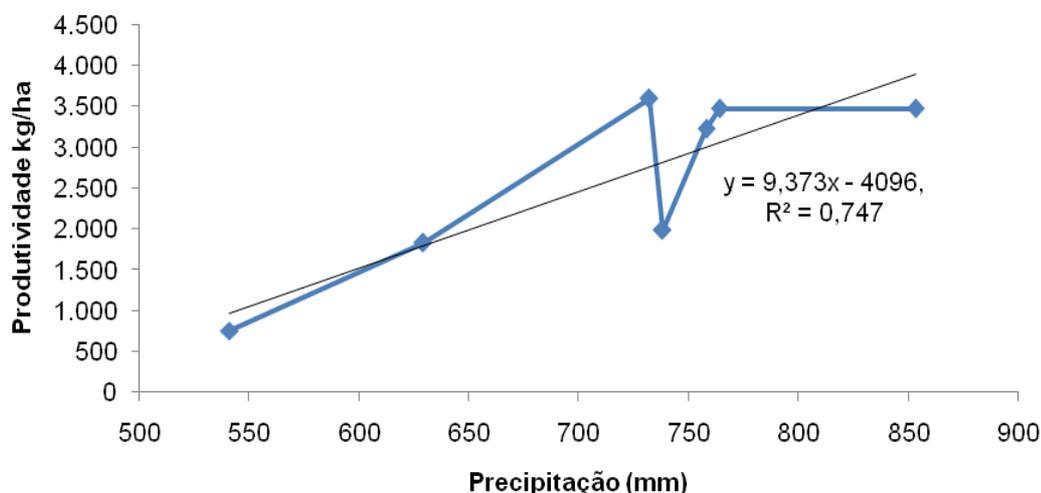
2005/06 a 2011/12 no cultivo da soja, cujo período de plantio à colheita é de outubro a janeiro.

A precipitação durante o ciclo da cultura da soja e a produtividade, tal como a correlação entre essas variáveis para o município de Foz do Iguaçu, são apresentadas na Tabela 5 e na Figura 3, respectivamente.

**Tabela 5** - Precipitação e produtividade de Foz do Iguaçu

Safra	Precipitação (mm/ciclo)	Produtividade kg/ha
2005/06	738	1.983
2006/07	758	3.223
2007/08	764	3.471
2008/09	541	756
2009/10	853	3.471
2010/11	732	3.595
2011/12	629	1.833

Fonte: adaptado ANA (precipitação); DERAL, (2012) (produtividade)



**Figura 3** - Relação entre precipitação durante o ciclo da cultura (out - jan) e produtividade de soja no município de Foz do Iguaçu - safras 2005/2006 a 2011/2012

Em todos os anos da série analisada no município de Foz do Iguaçu, o volume de chuvas foi superior aos 450 mm mínimos que a cultura de soja exige para uma boa produtividade. Embora haja tendência de crescimento da produtividade com aumento da precipitação, a relação entre as variáveis expressa no  $R^2$  fica em 0,747, indicando que 74,7% da variável produtividade conseguem ser explicados em função do volume de chuvas ocorrido. Esta correlação não é maior devido a eventos como o expresso no comparativo das safras 2010/11 e 2005/06 quando, com

precipitações praticamente idênticas (732 e 738 mm) a produtividade de uma safra representa apenas 55% em relação à outra, ou seja, enquanto na safra 2010/11 se obteve uma produtividade de 3.595 kg/ha, na safra de 2005/06 foi de apenas 1.983 kg/ha. Esta diferença se deve à melhor distribuição de chuvas ocorridas em uma e outra safra, demonstrada na tabela do Apêndice 5.

De acordo esta Tabela percebe-se, para os valores das precipitações diárias em Foz do Iguaçu, que na safra 2005/06, durante os meses de novembro e dezembro, choveu apenas 65 mm e 43,5 mm respectivamente; além disto, foram mal distribuídos diariamente, após 30 de outubro a cultura passou 18 dias em que choveu apenas 3,9 mm; a partir do dia 25 de novembro novamente passou 23 dias com apenas 17 mm; depois de 06 de dezembro teve vários dias sem incidência de chuva, foram 13 dias com apenas 17 mm. Cabe lembrar que nesse estágio de desenvolvimento (floração e enchimento dos grãos) a cultura demanda aproximadamente 8 mm, ou seja, 8 l/m<sup>2</sup> de água por dia.

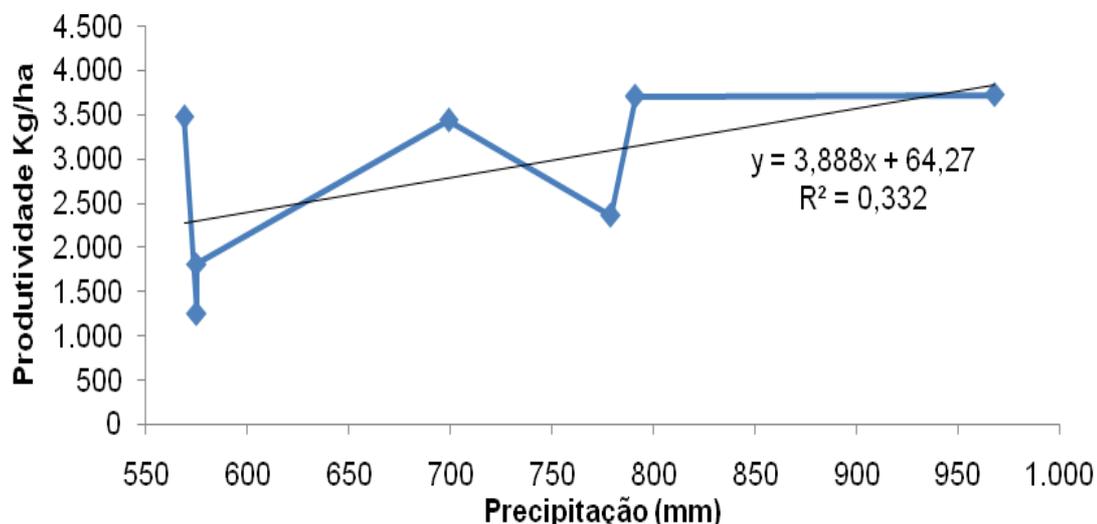
Portanto, não é a quantidade mas a distribuição das chuvas durante o ciclo produtivo o fator determinante na produtividade; na safra 08/09, que foi a pior safra da série analisada, a cultura passou do dia 13/11 até 15 de dezembro, portanto 31 dias, com apenas 3 mm de chuvas, o que caracteriza déficit hídrico severo, conforme Silva et. al. (2012).

Para o município de Medianeira e de acordo com os valores de precipitação e produtividade apresentados na Tabela 6 e a correlação entre essas variáveis representadas na Figura 4, a análise conduz à mesma avaliação feita para Foz do Iguaçu, em que não a quantidade mas a distribuição das chuvas durante o ciclo produtivo, é determinante na produtividade. Não existe relação direta entre quantidade da precipitação e produtividade, sendo o valor de R<sup>2</sup> igual a 0,332.

**Tabela 6** - Precipitação e produtividade de Medianeira

Safra	Precipitação (mm/ciclo)	Produtividade kg/ha
2005/06	779	2.355
2006/07	699	3.427
2007/08	569	3.471
2008/09	575	1.240
2009/10	968	3.719
2010/11	791	3.700
2011/12	575	1.810

Fonte: adaptado ANA (precipitação); DERAL, (2012) (produtividade).



**Figura 4** - Relação entre precipitação durante o ciclo da cultura (out - jan) e produtividade de soja no município de Medianeira - safras 2005/2006 a 2011/2012

A produtividade da safra 2007/08 foi de 3.471 kg/ha, ou seja, é uma produtividade muito próxima da melhor obtida; no entanto, foi o ano de menor quantidade de chuvas da série analisada; na safra do ano seguinte (2008/09), com quantidade de chuvas superior, obteve-se a pior produtividade; no quesito distribuição das chuvas nesta safra percebe-se que a partir do dia 13 de novembro a cultura passou 28 dias sem chuvas, conforme mostra a Tabela do Apêndice 6.

A comparação entre as safras 2007/08 e 2008/09 confirma a interpretação de que não é a quantidade mas a distribuição das chuvas, o fator determinante à produtividade.

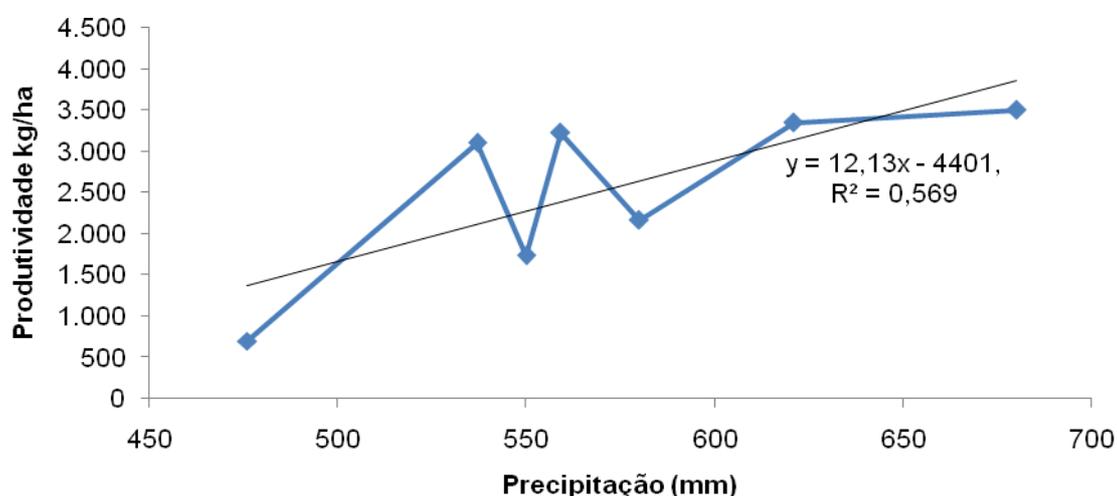
Outro evento climático que chama atenção ocorreu nos anos de melhor produtividade no município de Medianeira, safras 2009/10 e 2010/11, as quais passaram por 61 e 74 dias chuvosos, respectivamente. Este indicador mostra que a variável irradiação solar não foi motivo de frustração de safra na região embora se saiba da sua importância no desenvolvimento das plantas, assim como outros tantos fatores relacionados ao manejo e às condições de solo e clima.

A Tabela 7 e a Figura 5 mostram que, apesar do volume de precipitação não ter grandes diferenças de um ano para outro em Itaipulândia, a produtividade apresentou-se irregular, razão esta atribuída à distribuição irregular das chuvas durante o ciclo da cultura, conforme se observa no Apêndice 7.

**Tabela 7** - Precipitação e produtividade de Itaipulândia

Safra	Precipitação (mm/ciclo)	Produtividade kg/ha
2005/06	550	1.735
2006/07	537	3.100
2007/08	621	3.347
2008/09	476	700
2009/10	680	3.500
2010/11	559	3.223
2011/12	580	2.165

Fonte: adaptado ANA (precipitação); DERAL, (2012) (produtividade).



**Figura 5** - Relação entre precipitação durante o ciclo da cultura (out - jan) e produtividade de soja no município de Itaipulândia - safras 2005/2006 a 2011/2012.

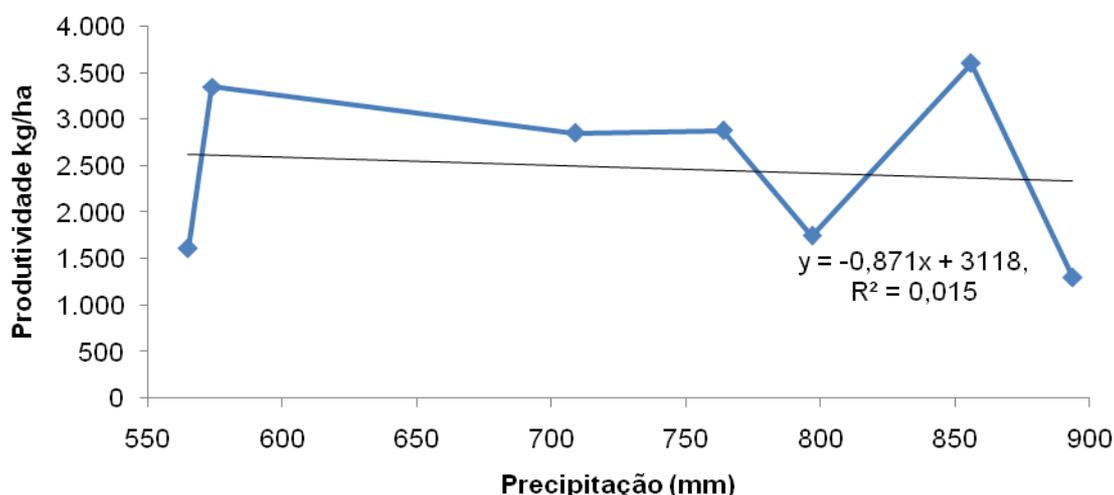
Nas três safras de baixa eficiência produtiva, 2005/06, 2008/09 e 2011/12, a distribuição das chuvas foi irregular; na safra de 2008/09, por exemplo, a cultura passou 30 dias, de 10 de novembro a 10 de dezembro, sem ocorrência de chuva, conforme mostra a Tabela do Apêndice 7.

A hipótese de que não existe uma relação direta entre o volume de precipitação pluvial e a produtividade da soja nos municípios estudados, é reforçada na análise dos números relativos à produtividade e sua correspondente precipitação nas últimas safras, realizadas no município de Santa Helena; no ano em que ocorreu o maior volume de precipitação durante o ciclo da cultura, conforme mostra a Tabela 8 e a Figura 6, é que se obteve a pior produtividade da série.

**Tabela 8** - Precipitação e produtividade de Santa Helena

Safra	Precipitação (mm/ciclo)	Produtividade kg/ha
2005/06	797	1.750
2006/07	709	2.850
2007/08	574	3.350
2008/09	894	1.300
2009/10	856	3.600
2010/11	764	2.880
2011/12	565	1.608

Fonte: adaptado ANA (precipitação); DERAL, (2012) (produtividade).



**Figura 6** - Relação entre precipitação durante o ciclo da cultura (out - jan) e a produtividade de soja no município de Santa Helena - safras 2005/2006 a 2011/2012.

O volume de chuvas no ano 2008/09 foi de 894 mm, praticamente o dobro do volume mínimo exigido pela cultura; todavia, com distribuição irregular, conforme detalha a Tabela do Apêndice 8; do dia 10 de novembro até 11 de dezembro, portanto 30 dias, não houve incidência pluviométrica.

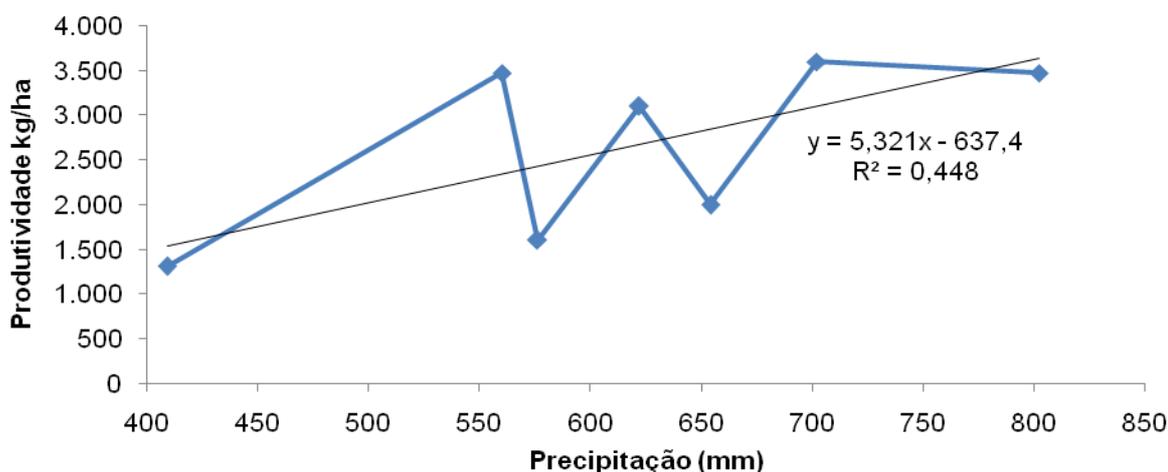
O volume mínimo de água para a cultura é fundamental para que se obtenha boa produção/produtividade; no entanto, a distribuição regular durante o ciclo da cultura é a variável que pode garantir boa produtividade, mesmo em anos com índices pluviométricos abaixo da média, a exemplo da safra 2006/07 de São Miguel do Iguçu, cujo volume precipitado foi o segundo menor da série e a produtividade

correspondente foi próxima à máxima encontrada dentre as safras analisadas, podendo ser observado na Tabela 9 e na Figura 7.

**Tabela 9** - Precipitação e produtividade de São Miguel do Iguazu

Safra	Precipitação (mm/ciclo)	Produtividade kg/ha
2004/05	802	-
2005/06	654	2.000
2006/07	560	3.471
2007/08	622	3.099
2008/09	409	1.314
2009/10	802	3.471
2010/11	702	3.595
2011/12	576	1.603

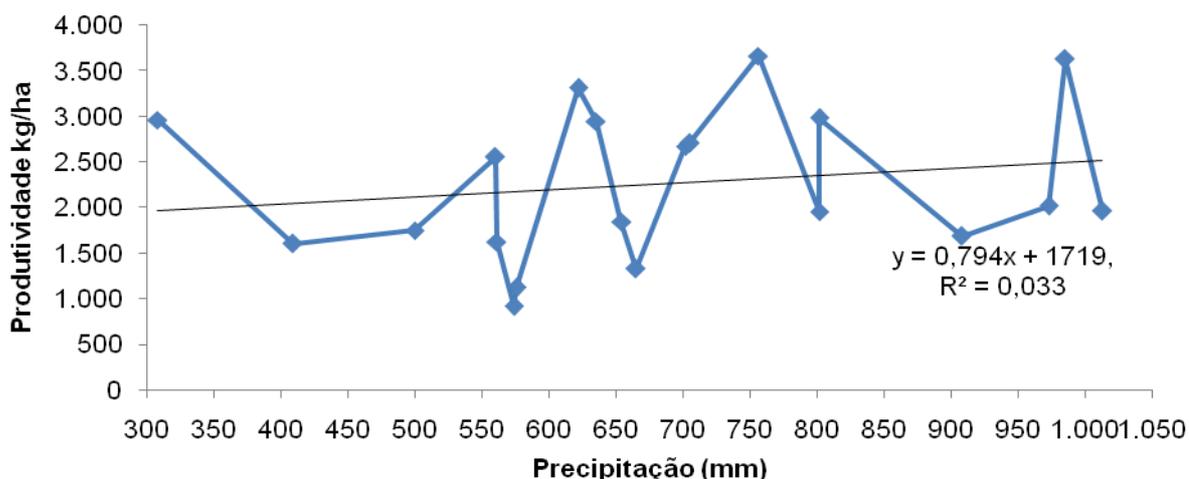
Fonte: adaptado ANA (precipitação); DERAL, (2012) (produtividade).



**Figura 7** - Relação entre precipitação durante o ciclo da cultura (out - jan) e a produtividade de soja no município de São Miguel do Iguazu - safras 2005/2006 a 2011/2012

Na safra 2011/12, apesar do volume da precipitação ser melhor, a produtividade apresentou menor eficiência; novamente a distribuição irregular das chuvas é o fator causador considerando-se que de 23 de novembro a 25 de dezembro de 2011, a precipitação foi praticamente zero, como se observa na Tabela do Apêndice 9.

Para o município de São Miguel do Iguazu esta análise foi expandida para o período de tempo de 20 anos, relacionando-se precipitação e produtividade de uma propriedade local, segundo a Figura 8.



**Figura 8** - Relação entre precipitação durante o ciclo da cultura (out - jan) e a produtividade de soja no município de São Miguel do Iguazu - safras 1992/1993 a 2011/2012.

Nesta avaliação se obteve o valor de 0,033 para  $R^2$ , indicando que mesmo se utilizando um horizonte de tempo maior, não muda a interpretação de relação entre as duas variáveis, pois este  $R^2$  se mantém próximo ao 0,448 da série de sete anos e ambos muito próximos de zero, indicando baixa correlação entre os valores de produtividade e precipitação, ratificando a avaliação na qual não se evidencia uma relação direta da produtividade com a quantidade de precipitação ocorrida durante o ciclo da cultura. Reforça-se a hipótese de que a distribuição das chuvas é o fator determinante até porque em todos os anos a quantidade precipitada é superior aos 450 mm mínimos demandados pela cultura, quando bem distribuída.

Isso se confirma no comparativo das safras 2004/05 e 2009/10; nas safras 2004/05 e 2009/2010 ocorreu rigorosamente, o mesmo volume de chuvas durante o ciclo da cultura, apesar disto, a produtividade de 2010 foi superior em 52%, conforme o Apêndice 2. Observa-se que do dia 29 de outubro a 22 de novembro de 2004 a cultura passou por vários momentos de déficit hídrico, retratados na Tabela do Apêndice 9.

A interpretação dos dados de pesquisa nos cinco municípios estudados indica claramente que a distribuição irregular das chuvas é o elemento comprometedor da produtividade, tanto na soja, quanto no milho, confirmando conclusão de Silva e Farias (2009) afirmam que um período superior a dez dias sem chuvas compromete a produção.

Outro aspecto que é preciso considerar, é a ocorrência de chuvas isoladas; trata-se de uma característica das chuvas de verão da região. Apesar de a medição

da precipitação ter dados de um valor, não quer dizer que todas as propriedades receberam essa chuva nem que na localização da estação tenham ocorrido todas as chuvas verificadas na região.

O estágio de desenvolvimento no qual a planta está no momento de pouca chuva, é determinante. Percebe-se que na maioria dos casos a estiagem aconteceu na segunda quinzena de novembro e primeira de dezembro, quando a cultura está na fase de floração e enchimento do grão, fase em que a produtividade é mais afetada pelo déficit hídrico.

Considerando a relação produtividade versus precipitação apresentada, a irrigação suplementar pode assumir grande importância considerando-se que uma ou duas aplicações no intervalo supririam o déficit hídrico.

### **5.3. Análise de viabilidade econômica do uso de irrigação**

#### **5.3.1. Contornos macroeconômicos**

A avaliação econômica financeira de viabilidade de projetos de irrigação na região oeste do Paraná, na produção de culturas anuais proposta neste estudo, trata de uma avaliação microeconômica; todavia, a análise dos resultados desta pesquisa implica na compreensão do ambiente maior que dá contorno e intervém ao processo de produção e comercialização. As principais variáveis macroeconômicas intervenientes à cadeia versam sobre questões de mercado (oferta e demanda, cotações cambiais, estoques), questões estruturais (logística e custos de produção) e especulativas (injeção ou retirada de recursos do setor). Todas essas variáveis contribuem na formação dos preços agrícolas.

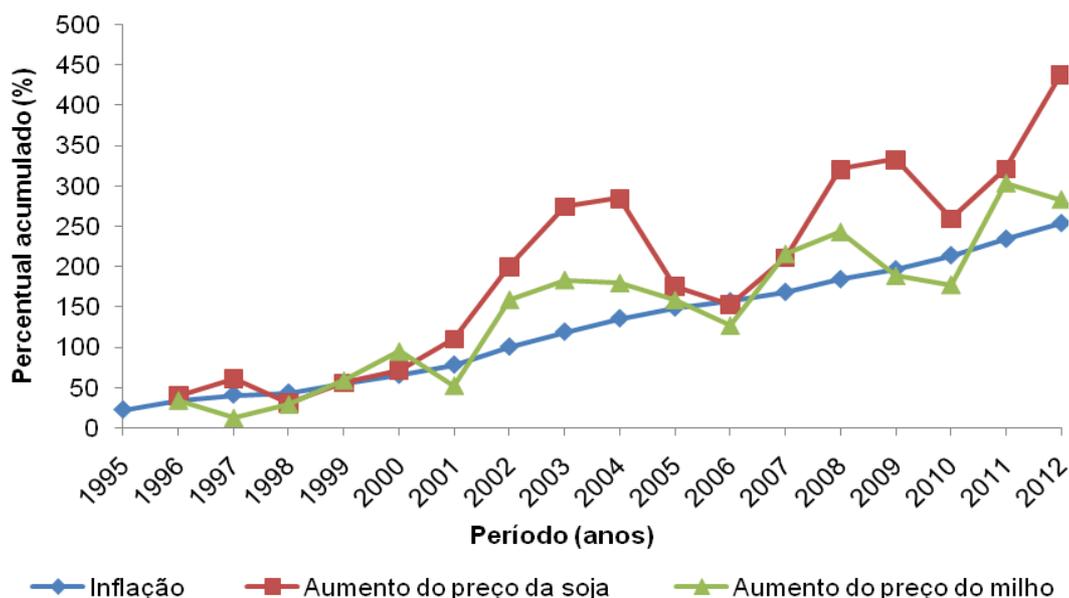
Em análise recente, GAZZONI (2012) elenca as seguintes razões para o aumento de preços de produtos agrícolas no mundo: a inclusão social na Ásia e na África, que aumentou a demanda; os subsídios agrícolas do Primeiro Mundo; a desvalorização do dólar em escala global; o aumento estratosférico do custo dos fretes; a especulação financeira que está deslocando a liquidez para commodities (não só agrícolas); o aumento de custo dos insumos agrícolas e o clima adverso que frustrou safras de cereais.

De forma genérica, nas economias de mercado a lei da oferta e da procura norteia os preços praticados para um produto; todavia, as imperfeições dos mecanismos de mercado fazem com que outras variáveis se sobreponham a esta regra.

Os preços das commodities agrícolas praticados no comércio internacional obedecem à cotação da Bolsa de Chicago que norteia as negociações entre os agentes econômicos. Os preços recebidos pelos produtores paranaenses seguem esta tendência e para os últimos 18 anos estão apresentados no Apêndice 10; nela se percebe que os preços dos produtos agrícolas apresentam variações muito abruptas em curtos períodos de tempo; como exemplo, se observa que entre dezembro de 2011 e 2012 o valor saltou de R\$ 40,14 para R\$ 67,25, o que representa um aumento de 67,5%. Normalmente, no mês de dezembro, que antecede o início da safra na região, os preços estão no auge, tendendo a uma queda nos meses seguintes. Este comportamento tende a se manter em anos em que os níveis de estoques mundiais e previsão da produção em outras regiões produtoras estão dentro da normalidade.

O comportamento do preço do milho se assemelha bastante ao da soja, podendo ser observado no Apêndice 11; para o milho, de acordo com a tabela, a instabilidade de preços ocorre com intensidade ainda maior; o preço pago pela saca de milho ao produtor em dezembro de 2001, foi R\$ 10,19 e aumentou para R\$ 20,83 em 12 meses, uma variação de 104%; a queda nos preços, todavia, também se dá com a mesma facilidade, o que pode ser observado em diversos meses na tabela; os meses com melhores preços praticados ao produtor, são em geral os que antecedem o início da primeira safra, nos anos da série apresentada.

Uma análise de longo prazo mostra que os valores pagos aos produtores tendem a um aumento, fato que se deve, em boa parte, à inflação, que é outro aspecto que merece atenção neste cenário; a Figura 9 apresenta a evolução da inflação e dos preços dos produtos soja e milho.



**Figura 9** - Evolução da inflação, do preço da soja e do preço do milho, no período 1995 a 2012

Os números indicam inflação acumulada no período, de 254%, e o aumento percentual nos preços de 438% na soja e 282% no milho, ou seja, o aumento dos preços das *commodities* foi, inclusive, superior à inflação do período cujos valores constam no Apêndice 12.

O efeito histórico da inflação é dilapidar o poder de compra mas não é o que ocorreu neste caso; logo, se os preços dos produtos estão subindo acima da inflação e, principalmente, com essa diferença toda, é porque variáveis de mercado influenciaram a alta dos produtos.

A meta de inflação para os anos 2013 e 2014, estabelecida pelo Conselho Monetário Nacional (CMN), é de 4,5% ao ano, mesmo assim, o COPOM admite, após reunião de março de 2013, que haverá leve aumento e deverá ficar nos patamares de 5,70 e 5,50% para 2013 e 2014, conforme a Ata da 173ª Reunião do Copom (Comitê de Política Monetária) no item 18.

*“Desde a última reunião do Copom a mediana das projeções coletadas pelo Departamento de Relacionamento com Investidores e Estudos Especiais (Gerin) para a variação do IPCA em 2013 elevou-se de 5,53% para 5,70%. Para 2014 a mediana das projeções de inflação se manteve estável em 5,50%.”*

Além da inflação a relação cambial entre as moedas é outra variável de forte influência na formação dos preços de mercado dos produtos agrícolas.

A cotação do Dólar é exemplo emblemático de uma variável de mercado que se sobrepõe à influência das variáveis estruturais nos preços das *commodities*. A

pressão que exerce ocorre, basicamente, pelas seguintes razões: é a moeda utilizada nas transações comerciais internacionais; grande parte dos insumos de produção é importada e o excedente de produção é comercializado com outros países.

Sendo o dólar a referência internacional para os preços agrícolas, estes apresentam cotação nominal nesta moeda. A maior cotação nominal de um produto agrícola não significa que o agricultor ou o restante da cadeia agrícola tenham rentabilidade maior que a apresentada há alguns anos, caso em que conta mais a percepção social de subida de preços que uma efetiva escalada das cotações – embora em valores reais medidos por paridade de preços, as commodities agrícolas estejam mais caras hoje que há cinco anos, mesmo com o real sendo a moeda que mais se valorizou frente ao dólar, nos últimos 5 anos.

Em suma, com a valorização do Real os produtos importados ficam mais baratos, como tudo o que é negociado a preço de Dólar fica mais acessível, porém as exportações brasileiras ficam prejudicadas pois, quanto mais valorizada a moeda nacional, mais caros os produtos brasileiros chegarão ao mercado internacional.

Outro aspecto extremamente importante na formação dos preços das commodities é a quantidade de produtos disponíveis em estoque, ou seja, quanto maior o estoque mundial maior também a oferta do produto; logo, menores os preços, é a lei da oferta e procura. Nos últimos anos os baixos níveis dos estoques mundiais, o aumento do consumo dos produtos (principalmente na Ásia e África) e as recentes frustrações de safras nos principais centros produtores (safras 2010/11 e 2011/12 nos EUA e 2011/12 no Brasil e Argentina), são as razões desta queda; as Tabelas 10 e 11 mostram o comportamento da produção, consumo e estoque nos anos 2008 a 2012 para a soja e o milho, respectivamente.

**Tabela 10** - Oferta e demanda mundial de soja nas safras 2008/2009 a 2012/2013 (em milhões de toneladas)

	<b>Safras</b>				
	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13
Estoque inicial	52,47	43,71	61,15	70,56	54,79
Produção	211,64	261,09	264,68	238,11	264,28
Consumo	220,90	237,62	251,40	254,19	258,76
Estoque final	43,71	61,15	70,56	54,79	57,56
Estoque/consumo (%)	19,79	25,73	28,07	21,55	22,24

Fonte: DERAL (2013)

**Tabela 11** - Oferta e demanda mundial de milho nas safras 2008/2009 a 2012/2013 (em milhões de toneladas)

	<b>Safras</b>				
	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13
Estoque inicial	164,8	148,2	144,1	124,3	139,6
Produção	801,2	819,4	829,1	876,7	839,0
Consumo	784,6	823,5	848,9	864,7	853,3
Estoque final	148,2	144,1	124,3	139,6	117,3
Estoque/consumo (%)	18,9	17,5	14,6	16,1	13,7

Fonte: DERAL (2013)

A formação dos preços praticados ao produtor não está relacionada diretamente com uma mas com várias variáveis intervenientes à cadeia de produção e comercialização simultaneamente, quais sejam: oferta e demanda dos produtos, estoques mundiais e nacionais, projeções da produção de safras vindouras, cotação do dólar, inflação, questões estruturais e ainda a especulação financeira.

Portanto, estimar preços futuros é missão muito difícil, ainda mais num quadro em que algumas das variáveis ainda não se concretizaram, como o volume de grãos das safras esperadas. Apesar disso, especialistas do setor fazem as projeções e na prospecção de mercado feita pela CONAB (2013), as perspectivas de preços da soja para o ano de 2013 são de manutenção dos atuais níveis praticados, apesar do aumento de área de plantio e da produtividade recorde estimada no Brasil e na Argentina, devido ao El nino; as variáveis determinantes, ainda segundo a CONAB (2013), são a grande demanda internacional, principalmente a China e os baixos níveis de estoque mundial.

A cultura do milho opera com produtividades maiores e margens de rentabilidade menores que as de soja; embora a expectativa seja pela manutenção dos atuais níveis de preços praticados, a política de Garantia de Preço Mínimo (PGPM) assegurado pela CONAB é uma segurança importante para os produtores e está estipulado em R\$ 17,46 para o ano de 2013.

Os custos estruturais de logística e produção são, obviamente, itens importantes de análise. Embora a cotação de mercado não reflita diretamente o custo de produção, o mercado sabe que, se o custo de produção se aproximar perigosamente da cotação de mercado, o produtor será desestimulado a produzir pela relação desfavorável entre risco e rentabilidade e pelo custo de oportunidade de outras aplicações; por outro lado, sempre existe uma disputa no seio de qualquer cadeia produtiva. Quando a cotação de mercado de um produto sobe, inicia-se uma

luta entre os elos da cadeia pela apropriação do diferencial, cada qual buscando aumentar suas margens; no caso das commodities, a disputa ocorre entre as cadeias de insumos, os produtores, os esmagadores, os exportadores e os importadores.

Outro item de custo são os fretes marítimos que afetam os preços agrícolas de duas formas: em primeiro lugar, aumentando o preço dos insumos importados por um país, como fertilizantes, sementes e agrotóxicos ou máquinas e implementos redundando em aumento do custo de produção; em segundo lugar, pelo aumento do custo de transporte entre o país exportador e o importador em que o Brasil é afetado nas duas pontas, por sua dependência de frete, tanto para a importação de insumos de longas distâncias quanto para colocação de seus produtos nos mercados importadores, especialmente os asiáticos, de distância mais longa.

Esta interpretação das condições de operação para as próximas safras para a soja e o milho delimita os contornos de mercado nos quais a análise microeconômica, viabilidade do uso de irrigação em culturas anuais no oeste do Paraná, está alicerçada.

### **5.3.2. Estudo de caso**

Neste trabalho avaliou-se a viabilidade econômica do uso de irrigação suplementar na produção de culturas anuais em municípios do oeste do Paraná, através da aplicação dos métodos determinísticos de análise de investimentos; partiu-se do levantamento da produção atual de uma propriedade de 18,23 ha como referência para projetar a produção futura

Na Tabela do Apêndice 13 são mostrados os valores referentes à produção obtida na propriedade rural de 18,23 ha nas safras 1993 a 2012; esta mesma série de dados é utilizada como referência para fazer as projeções das receitas dos próximos 20 anos; a partir da produção obtida chegou-se, por meio de extrapolação linear, à produção equivalente para a propriedade de 83,43 ha, com posterior cálculo do incremento da produção de soja e milho para as vinte safras analisadas; os custos operacionais do projeto estão estimados conforme valores apresentados na Tabela 12.

**Tabela 12** - Custos operacionais levantados para pivô 83,43 ha

<b>Item</b>	<b>Valor mensal (R\$)</b>	<b>Valor anual (R\$)</b>
Energia elétrica	1.800,00	21.600,00
Mão de obra	2.000,00	24.000,00
Materiais	200,00	2.400,00
Manutenção	300,00	3.600,00
Outros	-	-
<b>Total</b>	<b>4.300,00</b>	<b>51.600,00</b>

O investimento inicial orçado para a instalação do projeto de irrigação está apresentado na Tabela 13 e é composto por construções, obras e material, além da aquisição do equipamento

**Tabela 13** - Investimento inicial para pivô 83,43 ha

<b>Item</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Equipamento pivô central	475.000,00
Base de concreto do pivô	4.000,00
Casa de bombas	10.000,00
Vala adutora	3.000,00
Mão de obra (construção da casa de bombas e vala)	10.000,00
Rede trifásica	140.000,00
Outorga da água	10.000,00
Outros	15.000,00
<b>Total</b>	<b>667.000,00</b>

Os cálculos foram feitos partindo-se dos valores obtidos na pesquisa de campo, que podem ser assim resumidos:

- Produção incremental conforme Apêndice 13;
- Preço da soja (R\$/saca) = 50,00;
- Preço do milho (R\$/saca) = 20,00;
- Eficiência de produção de 100%;
- TMA – Taxa de Mínima Atratividade de 6% ao ano;
- Inflação futura projetada igual a 4,5% ao ano;
- O investimento inicial orçado é de 667 mil reais sendo 475 mil na aquisição do equipamento e outros 192 mil em investimentos estruturais adicionais para implantação do projeto, já detalhados na Tabela 13;

- Os custos operacionais somam, anualmente, R\$ 51.600,00 e são representados pela soma dos custos com energia elétrica, mão-de-obra, manutenção, materiais e outros custos detalhados na Tabela 12.

A partir dessas condições iniciais são feitas projeções nas quais se altera uma ou mais variáveis na construção de cenários; a viabilidade econômica do uso da irrigação foi avaliada conforme os seguintes cenários simulados:

- Cenário 1 - Produção de soja nas condições iniciais;
- Cenário 2 – Produção de soja com redução da eficiência produtiva para 90%;
- Cenário 3 - Produção de soja com redução do preço de venda para R\$ 46,00;
- Cenário 4 – Produção de soja e aumento da TMA para 10%;
- Cenário 5 - Produção de soja e aumento dos custos operacionais em R\$ 600,00 mensais;
- Cenário 6 - Produção de soja e aumento do custo financeiro para 9,75% ao ano;
- Cenário 7 - Produção de soja e milho nas condições iniciais;
- Cenário 8 - Produção de soja e milho e aumento da TMA para 20% ao ano;
- Cenário 9 - Produção de soja e milho e aumento dos custos operacionais em R\$ 1.000,00 mensais e dos financeiros para 9,75% ao ano;
- Cenário 10 - Produção de soja e milho e aumento do valor do investimento inicial para R\$ 867.000,00 e custo de financiamento para 9,75% ao ano;
- Cenário 11 - Produção de soja e milho e aumento da inflação para 10% ao ano;
- Cenário 12 - Produção de soja e milho e diminuição da eficiência produtiva para 90 e 80% para a soja e milho, respectivamente;
- Cenário 13 - Produção de soja e milho e redução dos preços para R\$ 40,00 e 15,00 para a soja e o milho, respectivamente;

- Cenário 14 - Produção de soja e milho com redução dos preços para R\$ 42,35 e 17,46 e diminuição da eficiência produtiva para 90 e 80% para a soja e o milho, respectivamente;
- Cenário 15 - Produção de soja e milho nas condições mais prováveis, preços de R\$ 53,00 para a soja e 21,00 para o milho com eficiência produtiva de 90 e 80% para a soja e o milho, respectivamente.

A análise da viabilidade financeira e econômica do uso de irrigação proposta neste estudo, foi construída com a evolução do raciocínio, projetando diversos cenários; para isto são feitas, do cenário 1 ao cenário 6, simulações nas quais a avaliação se restringe às projeções feitas na hipótese de fazer somente a safra de soja; nos cenários seguintes, do 7 ao 15, as projeções estão embasadas na hipótese de cultivar soja na safra e milho na safrinha.

O resultado dos cálculos do VPL, VAUE e TIR dos cenários está resumido na Tabela 14, sobre a qual é feita a análise.

**Tabela 14** - Resumo dos cálculos do VPL, VAUE e TIR dos quinze cenários

	VPL (R\$)	VAUE (R\$)	TIR
Cenário 1	118.184,00	10.304,00	8%
Cenário 2	-303.051,00	-26.421,00	-2%
Cenário 3	-12.270,00	-1.070,00	6%
Cenário 4	-180,00	-21,00	8%
Cenário 5	-864,00	-75,00	6%
Cenário 6	-15.787,00	-1.376,00	8%
Cenário 7	1.331.284,00	116.067,00	27%
Cenário 8	393.121,00	80.730,00	27%
Cenário 9	998.901,00	87.089,00	25%
Cenário 10	944.139,00	82.314,00	20%
Cenário 11	2.442.929,00	212.986,00	33%
Cenário 12	490.397,00	42.755,00	16%
Cenário 13	701.873,00	61.193,00	18%
Cenário 14	204.584,00	17.837,00	10%
Cenário 15	602.636,00	52.541,00	18%

O primeiro cenário simula o resultado financeiro de produzir soja nas condições mais favoráveis possíveis; os resultados nela apresentados indicam aceitação do projeto considerando que os R\$ 118.184,00 de VPL e os R\$ 10.304,00 de VAUE são positivos, significando dizer que de todo o fluxo de caixa líquido futuro

descontado a uma TMA de 6% ao ano e deduzido o investimento inicial feito no projeto, sobrariam R\$ 118.184,00 ou, ainda, que todo fluxo de caixa futuro equivale a se obter do projeto um rendimento líquido anual equivalente a R\$ 10.304,00; todavia, a rentabilidade anual de apenas 1,54% dos R\$ 667.000,00 investidos no projeto é baixa; assim e com o intuito de melhor avaliar o investimento considerando-se apenas a produção de soja, foram feitas outras considerações nas quais foram alteradas outras variáveis intervenientes ao processo; os resultados estão apresentados nos cenários 2 ao 6.

No cenário 2, se mantêm todas as variáveis inalteradas mas com diminuição da eficiência produtiva para 90%, condições em que o resultado dos cálculos já aponta a não aceitação do projeto já que o VPL e o VAUE passam a ser negativos e, inclusive, a TIR é negativa em 2%, conforme Tabela 14; isto implica dizer que se a eficiência da produção irrigada chegar a apenas 90% do volume máximo já produzido, o investimento não se pagará.

No cenário 3 projetou-se uma diminuição do preço do produto; neste cenário, novamente os resultados dos indicadores VPL e VAUE indicam a não aceitação do projeto; ambos apontam uma rentabilidade negativa com a simples redução de R\$ 50,00 para R\$ 46,00 a saca; pode parecer pouco mas as oscilações dos preços são constantes sobretudo em períodos de início e final da safra.

O cenário 4 avalia a situação em que o investidor busque, com seus investimentos, uma taxa de retorno maior ; se a TMA passar de 6 para 10% ao ano, a rentabilidade se inverte para R\$ -180,00 e R\$ -21,00 o VPL e o VAUE, respectivamente; logo, VPL e VAUE negativos indicam a não aceitação do projeto nessas condições. Cabe lembrar que a TMA de um projeto muda em função das pretensões de rentabilidade e do perfil do investidor.

Da mesma forma, o risco do investimento fica iminente, ao se observar os efeitos de um pequeno aumento nos custos de produção do sistema irrigado; o cenário 5 mostra rentabilidade negativa com um pequeno aumento de R\$ 600,00 mensais no custo do processo produtivo e o VPL e VAUE passam a ser negativos em R\$ 864,00 e R\$ 75,00 com a alteração desta variável.

O aumento no custo do financiamento do investimento inicial também inviabiliza o projeto; o simples fato da taxa de juros aumentar um pouco indica a não aceitação. No cenário 6 simulou-se o financiamento do equipamento a uma taxa de

9,75% ao ano, normalmente praticada nos bancos comerciais; percebe-se, então, que o VPL passa a ser de R\$ -15.787,00 e o VAUE R\$ -1.376,00.

Os cálculos de viabilidade utilizando-se dos métodos determinísticos de análise de investimento para o uso de sistema de irrigação somente na cultura de soja, apesar de se mostrar positivo num primeiro momento, implicam numa análise mais ampla. A avaliação de múltiplos cenários simulando pequenas alterações em qualquer uma das variáveis operacionais, tanto de geração de receitas quanto de aumento dos custos, indica a inviabilidade do uso de irrigação da cultura de soja nessas condições; portanto, além da baixa rentabilidade na avaliação inicial, associada ao risco da rentabilidade negativa em qualquer um dos cenários traçados, indicam que o uso da irrigação não é viável financeiramente apenas na produção de soja.

Da mesma forma que a utilização da irrigação se mostrou inviável somente numa cultura Pegorare et al (2009) constataram, em seu estudo, que a irrigação foi essencial ao aumento de produtividade na cultura de milho porém não se converteu em aumento de renda pois o aumento nos custos foi maior que o aumento da receita.

Todavia, ao se projetar um investimento de tal envergadura a viabilidade não pode ser medida com exploração parcial dos meios de produção; na entrevista constante do apêndice 15, o entrevistado frizou este aspecto ao afirmar que o pivô não pode ficar parado. É preciso considerar que a mesma área de terras poderá fazer outra safra durante o ano; é necessário também, considerar que o resultado desta outra safra poderá ser otimizado utilizando-se do mesmo sistema de irrigação; assim, foi feita a análise considerando-se a possibilidade de exploração da mesma área de terras e do mesmo equipamento de irrigação para a produção de soja na safra principal e de milho na safrinha, que é o que, normalmente, se pratica nas propriedades da região.

Segundo Franke & Dorfman (1998) a irrigação suplementar no milho apresenta viabilidade econômica em ampla gama de combinações entre época de semeadura, nível de manejo de irrigação e nível de risco nas condições estudadas, reforçando a hipótese de que combinar produção de soja com o milho na safrinha pode otimizar resultado financeiro principalmente com o uso de irrigação.

O cenário 7 é considerado, neste estudo, como o mais otimista que poderá se concretizar; nele se considerou que a condição de bons preços da soja do

momento atual de mercado persista, os custos operacionais se mantenham estáveis no patamar atual e que a eficiência produtiva de ambos os produtos seja de 100%. Neste cenário está representado o rendimento máximo que o projeto de irrigação poderá proporcionar; os valores resultantes dos cálculos são muito atrativos haja vista que o retorno que o investidor obterá ao investir, será de 27% ao ano, durante os 20 anos de vida útil do projeto, apresentado na TIR.

O VPL de R\$ 1.331.284,00 da mesma forma, é muito atraente, significando dizer que o fluxo futuro de caixa trazido a valor do “instante zero” e descontada a TMA sobra mais de um milhão de reais, já descontado o investimento inicial. O VAUE expresso neste fluxo também é atrativo e ajuda a compreender o resultado; ele diz que a opção de investir na irrigação nessas condições proporciona, ao investidor, uma renda líquida anual equivalente a R\$ 116.067,00 durante os vinte anos de vida útil do equipamento.

É evidente que a possibilidade de se concretizar as melhores condições possíveis em todas as variáveis componentes do projeto, é algo pouco provável. Assim, embora nos dê a visão da perspectiva possível, é pouco factível devido ao risco de alteração nos valores de qualquer uma das variáveis responsáveis, tanto pela geração de receita quanto pelas variáveis que compõem os itens de custo do projeto; desta forma, foram feitas, para avaliar o risco do empreendimento, simulações de diversos cenários alterando-se os valores das principais variáveis envolvidas.

O cenário 8 apresenta novo cálculo das variáveis parametrizadoras considerando uma alteração na TMA para 20%. O VPL e o VAUE continuam positivos em R\$ 393.121,00 e R\$ 80.730,00, respectivamente significando que, mesmo o investidor pretendendo obter um rendimento de 20% ao ano no empreendimento, ele se mostra atrativo.

No cenário 9 foi simulado um aumento nos custos operacionais e financeiros; os custos operacionais majorados em mais de 20% e o custo financeiro de financiamento do equipamento que representa o custo financeiro praticado nos bancos comerciais, subindo para 9,75% ao ano, não comprometem a atratividade do empreendimento, conforme mostram os valores do VPL, VAUE e TIR que continuam positivos.

No cenário 10 se simula aumento no valor necessário no investimento inicial e aumento no custo do financiamento. Pode-se observar que, embora com grande

aumento no valor do equipamento e com taxa de financiamento sem incentivo de programas oficiais, o projeto continua viável; a TIR obtida é de 20% ao ano.

No próximo cenário avaliado é considerado o impacto da inflação que poderá ser diferente da projetada pelo Conselho Monetário Nacional (CMN). Embora a taxa por eles estabelecida como meta para os próximos anos seja de 4,5% ao ano poderá, por força do mercado, ser diferente; no cenário 11 foi feita a projeção simulando-se inflação de 10% ao ano; percebe-se que o aumento da inflação fará com que o projeto seja ainda mais rentável, visto que o financiamento do investimento inicial é feito pelo sistema PRICE, ou seja, valor das parcelas fixas e pré-estabelecidas; ter-se-á, assim, correção dos valores das receitas e os custos com financiamento não terão correção monetária equivalente, ocasionando este efeito.

Uma das variáveis que mais comprometem a rentabilidade do projeto, é a ineficiência no processo de produção; o cenário 12 projeta o fluxo de caixa na condição de a eficiência não ser o 100%. Simulando eficiência de 90% na produção de soja na safra e 80% no milho safrinha chega-se ao resultado em que o VPL decresce para R\$ 490.397,00 e o VAUE para R\$ 42.755,00; apesar da grande queda, continua sendo uma rentabilidade bastante atraente; a TIR do projeto nessas condições fica em 16%, ainda bem acima da TMA.

No ciclo de cultura da safra de soja (outubro a janeiro) o único evento causador de frustração de safra é o déficit hídrico; na entrevista com produtores não houve manifestação de qualquer outra razão de que se recordem ter frustrado safras, ratificando a pesquisa de Rosseti (2001), ao afirmar que cerca de 95% das indenizações pagas pelos instrumentos de seguridade agrícola estão relacionados à estiagem ou ao excesso de chuva; no caso da região em estudo, estiagem.

Em testemunho de produtor de Itaipulândia, constante na entrevista do Apêndice 16 que se utiliza de irrigação por pivô central na safra 2008/09, ano de pior eficiência produtiva no município, obteve produtividade de 125 sacas por alqueire, ou seja, 3.100 kg/ha (produtividade de 89% em relação à melhor obtida no município) motivo pelo qual se utilizou, como referência, 90% de eficiência na produtividade de soja.

No ciclo do milho safrinha (fevereiro a maio) utilizou-se eficiência de produção de 80% pois, além do déficit hídrico, a frustração (embora pouco provável se o ciclo da cultura se concluir até início de junho) poderá ser devida à ocorrência

de geada; a irrigação consegue minimizar o risco de ocorrência de geadas sobre a cultura do milho safrinha ao antecipar o plantio tanto da safra quanto da safrinha evitando, assim, o período de maior risco de ocorrência das geadas sobre a cultura (junho e julho) além da própria irrigação por aspersão diminuir os efeitos da geada.

Segundo o Simepar (2013), as médias históricas de temperatura mínima para a região Oeste do Paraná são de 15,9 e 13,3°C para os meses abril e maio respectivamente, ou seja, temperaturas bem acima dos 3°C (ponto de geada); todavia, podem ocorrer picos de baixas temperaturas durante o outono; a ocorrência de geadas precoces (abril) e tardias (outubro), a nível de 10% de probabilidade, está limitada à região Sul do Paraná mas, outras regiões também podem sofrer geadas precoces (como a registrada em abril/1999), embora o risco seja muito baixo, sendo inferior a 10%.

Outra variável que afeta significativamente a rentabilidade do projeto é a instabilidade de preços praticados ao produtor, que fica a mercê do mercado. A diminuição dos preços representa o maior risco envolvendo o projeto e tem seu efeito avaliado no cenário 13, no qual se simula queda nos preços, de R\$ 50 para R\$ 40 e de R\$ 20 para R\$ 15 reais por saca de soja e milho, respectivamente; percebe-se, nesse cenário, novamente, uma queda grande na rentabilidade, em que a TIR cai para 18%; portanto, pelo apresentado nos cenários 12 e 13, as duas variáveis de maior impacto na rentabilidade e que oferecem maior risco ao projeto, são: diminuição na eficiência de produção e queda nos preços.

Neste sentido foi feita no cenário 14, uma simulação da combinação da situação de adversidade nas duas variáveis, simultaneamente. Este é o cenário mais pessimista traçado para a avaliação do risco do projeto; percebe-se claramente o impacto dessas duas variáveis sobre a viabilidade do projeto; no quesito eficiência produtiva, foram utilizados 90 e 80%, respectivamente, para a soja e o milho; no quesito preços praticados, utilizaram-se R\$ 42,35 para a soja, queda de 28% (maior queda já ocorrida nos preços médios praticados em anos subsequentes na série analisada de 1995-2012) e o milho comercializado ao preço mínimo de R\$ 17,46 estabelecido pelo CONAB para o ano de 2013. Considerou-se ainda, que os preços para os 20 anos se mantivessem no patamar de baixa, o que é pouco provável, mesmo os preços estando acima do valor histórico no atual momento.

Mesmo nesta condição de adversidade tanto de preço quanto de eficiência produtiva, o VPL é positivo e apresenta valor de R\$ 204.584,00, significando que o

fluxo de caixa futuro trazido a valor do “instante zero” e descontada a TMA, e, ainda descontado o investimento inicial, gera excedente financeiro.

O VAUE expresso neste fluxo também é positivo e indica que a opção de investir na irrigação nessas condições proporciona, ao investidor, uma renda líquida anual equivalente a R\$ 17.837,00 durante os vinte anos de vida útil do equipamento. Ainda o projeto se mostra viável haja vista que o retorno que o investidor obterá, mesmo nessas condições, será de 10% ao ano durante os 20 anos de vida útil do projeto apresentado na TIR; portanto, mesmo com cenário pessimista os três indicadores apontam para uma mesma decisão: o uso de sistema de irrigação é financeiramente viável.

Apesar de traçados diversos cenários simulando rentabilidade e risco envolvendo o projeto, no cenário 15 está proposta a combinação indicada na análise macroeconômica nele se simula o preço de R\$ 53 a saca de soja e R\$ 21 a saca de milho, como preço médio para o primeiro ano de análise; a eficiência de produção considerada é de 90 e 80% para a soja e o milho, respectivamente; as demais variáveis se mantêm inalteradas; neste cenário os métodos determinísticos de análise de viabilidade econômica e financeira de projetos apresentam os seguintes resultados: VPL R\$ 602.636,00, VAUE R\$ 52.541,00 e TIR anual de 18%.

O VPL é positivo, significando que o fluxo de caixa futuro trazido a valor do “instante zero” e descontada a TMA e ainda descontado o investimento inicial, gera excedente financeiro de R\$ 602.636,00.

O VAUE expresso neste fluxo também é positivo e indica que a opção de investir na irrigação nessas condições proporciona, ao investidor, uma renda líquida anual equivalente a R\$ 52.541,00 durante os vinte anos de vida útil do equipamento, o que representa um incremento na renda de 630 reais por ha/ano.

O projeto ainda se mostra viável haja vista que o retorno do investidor será de 18% ao ano durante os 20 anos de vida útil do projeto, expresso na TIR; portanto, é financeiramente viável nas propriedades rurais da região oeste do Paraná com características idênticas às da propriedade estudada, o uso de irrigação na produção de culturas anuais, explícito nos diversos cenários traçados ao se avaliar a rentabilidade e o risco envolvidos.

Corroborando com a avaliação de Ruviaro et al (2011), na qual os autores concluem que a irrigação em soja traz incremento significativo na produtividade e rentabilidade da cultura; a produtividade sem irrigação, de 3.602 kg (produtividade

próxima às melhores obtidas na região em estudo) passa a 4.045 kg por há; o aumento de 443 kg por ha representa, em valores de hoje, R\$ 391,00 por ha ou R\$ 32.647,00 considerando-se 83,43 ha do tamanho do pivô.

Pode-se prognosticar ainda:

- Embora nos cálculos feitos se utilize produtividade máxima de soja de 3.664 kg/ha, máximo já atingido na propriedade testemunha, depoimentos de agricultores relatam experiência de produtividade de até 5.450 kg/ha;
- Nos cálculos apresentados utiliza-se da produção de soja e milho porém uma propriedade com sistema de irrigação instalado possibilita fazer a opção de produzir culturas de maior valor agregado;
- O uso da irrigação permitirá explorar a propriedade para uma terceira safra em alguns anos;
- Poder-se-á utilizar o período de inverno para fazer cultura que sirva como cobertura verde e repor alguns nutrientes e matéria orgânica ao solo ou, ainda;
- Acionar a irrigação em noites frias dificulta a formação de geadas pois a umidade impede o congelamento do orvalho evitando frustrações.

São alternativas cujos benefícios não estão computados nesses cálculos embora não se tenha dúvida do incremento da receita que possam gerar na propriedade.

Para auxiliar na compreensão dos resultados utilizou-se o cálculo do ponto de equilíbrio; ele representa o instante em que a soma dos custos anualizados se iguala à soma das receitas geradas pelo projeto; considerando a soma dos custos fixos anuais mais o investimento inicial diluído para 20 anos no valor de R\$ 84.950, e a Margem de contribuição de 67%, obtém-se o valor do ponto de equilíbrio de R\$ 126.791,00 anuais ou 2.392 sacas ao preço de 53 reais a saca de soja, o que representa 29 sacas ou 1.740 kg por ha/ano, ou seja, se houver um incremento na produção anual equivalente a 29 sacas de soja por hectare, o projeto se pagará; o que se produzir acima disto será receita líquida anual que o projeto gera.

## 6. CONCLUSÕES

Considerando as condições em que este estudo foi executado e com base nos parâmetros utilizados e nos resultados das análises realizadas, conclui-se que:

- De forma geral, o cálculo da eficiência da produção sem o uso de irrigação indica potencial de produtividade desperdiçada em todos os municípios analisados. Representa uma perda financeira para o município de São Miguel do Iguazu, por exemplo, na safra de 2008/09 de quase 90 milhões de reais, numa condição hipotética de irrigar toda a área de produção.
- O volume da precipitação não é responsável pelas baixas produtividades para os cinco municípios estudados mas existe, sim, relação direta entre precipitação e a produtividade, pela má distribuição das chuvas durante o ciclo da cultura.
- O uso de irrigação na produção de culturas anuais na região oeste do Paraná mostrou-se viável nos diversos cenários avaliados ao se considerar a utilização da propriedade com a cultura de soja na safra principal e de milho na safrinha, que é o que normalmente se pratica nas propriedades da região; o cenário mais pessimista indica que a opção de investir na irrigação é viável com retorno de 10% ao ano; o retorno obtido no cenário mais otimista resulta numa TIR de 27% ao ano e o incremento de renda retratado no VAUE será de 116 mil reais em 83,43 ha de área irrigada; na combinação mais provável das diversas variáveis, os cálculos indicam um retorno da ordem de 18% ao ano; o retorno é atrativo se comparado com outras opções de investimento, como a poupança por exemplo, que rentabiliza o capital em aproximadamente 6% ao ano.
- O ponto de equilíbrio obtido é de 29 sacas ou 1.740 kg por hectare ao ano; é o momento em que as receitas se equiparam aos custos oriundos do projeto.

A atividade agrícola está à mercê das condições climáticas enquanto a irrigação na produção de culturas anuais se mostrou viável nas propriedades rurais da região oeste do Paraná com características idênticas às da propriedade estudada.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Águas (ANA). Sistema de informações hidrológicas Disponível:<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?Tocltem=1050&TipoReg=5&MostraCon=false&CriaArq=false&TipoArq=1&SerieHist=false> Acesso em 17. De Junho de 2013.
- ARRAIS NETO, C. de A; SANTOS, F. B. A evolução da sojicultura no maranhão e seu caráter exportador. Anais da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência SBPC, Manaus, 2009.
- ASSAF NETO, A. Finanças corporativas e valor. São Paulo: Atlas, 2003.
- Associação Brasileira de Indústria de Óleos Vegetais (ABIOVE). Importância Econômica e Social da soja. Disponível em: <http://www.abiove.org.br/site/index.php?page=importancia-economica-e-social&area=NC0yLTI=> Acesso em 17 de Junho de 2013.
- BAÚ, A. L. Modelagem da precipitação pluvial diária intra-anual da Bacia Hidrográfica Paraná III associada aos eventos ENOS. Tese de Doutorado, UFCG: Campina Grande 2012.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.; MANTOVANI, E. Manual de irrigação. 7ª ed. Editora da UFV. Viçosa – MG. 2.005. 611p.
- BERTOLINE, D. C.; DE SÁ, M. E.; ARF, O.; FURLAN JR, E.; COLOMBO, A. DE S.; CARVALHO, F. L. B. DE. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. Bragantia, Campinas, v. 69, p. 339-347, 2010.
- BOTELHO, A. C. e DINIZ, J. S. A produção da soja em territórios tradicionais da agricultura familiar na microrregião de Chapadinha Maranhão. XXI Encontro Nacional de Geografia Agrária – Territórios em Disputa: os desafios da Geografia Agrária. Universidade Federal de Uberlândia, 2012.
- BRAGUETO, C. R.; CARVALHO, M. S.de . Breves considerações sobre as divisões regionais do estado do Paraná. Geografia. Londrina, v. 6, p. 67-100, 1990.
- BRUM, A. Economia da soja: história e futuro. Uma visão desde o Rio Grande do Sul. 2005.
- CANZIANI, J. R. F.; GUIMARÃES, V. D. A.; WATANABE, M. Cadeia produtiva da soja. In: Grandes lavouras I: cd 1 - soja. Curitiba: UFPR, 2006.
- CARDOSO, C. O.; FARIA, R. T. de; FOLEGATTI, M. V.. Aplicação do modelo ceres-maize na análise de estratégias de irrigação para milho “safrinha” em Londrina-PR. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.24, n.1, p.37-45, jan/abr. 2004.

- CARNEIRO, M. S. A agricultura familiar da soja na região Sul e o monocultivo no Maranhão: duas faces do cultivo da soja no Brasil.- Rio de Janeiro: FASE, 2008.
- CASAROTTO FILHO, N. E KOPITCKE, B. H. Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 8 ed. São Paulo: Atlas, 1998.
- CATUCHI, Tiago Aranda et al. Respostas fisiológicas de cultivares de soja à adubação potássica sob diferentes regimes hídricos. *Pesq. agropec. bras.* [online]. 2012, vol.47, n.4, pp. 519-527.
- CHRISTOFIDIS, D. Recursos hídricos dos cerrados e seu potencial de utilização na irrigação. *Revista Item: Inovação e Tecnologia Moderna*. Brasília, n.69/70, p. 87-97. 2006.
- CHRISTOFIDIS, D. Agricultura irrigada sustentável no Semi-Árido e no Rio Grande do Norte. *Revista item*, Brasília, n.74/75, p. 62-67, 2007.
- Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Perspectivas para a agropecuária disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_09\\_13\\_10\\_33\\_09\\_7\\_soja.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_09_13_10_33_09_7_soja.pdf). Acesso em 02 de Outubro de 2013.
- Departamento de Economia Rural/Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (DERAL/SEAB). Soja/milho Área e Produção por região administrativa da SEAB - 2003 a 2007. Disponível em <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/ver5.pdf>. Acesso em 15 de Junho de 2012.
- Departamento de Economia Rural/Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (DERAL/SEAB). Soja – Análise da Conjuntura Agropecuária em: [http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/soja\\_2012\\_13.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/soja_2012_13.pdf). Acesso em 04 de outubro de 2013.
- DRUMOND, L.C.D.; FERNANDES, A.L.T. Viabilidade econômica de irrigação de pastagem. *Revista ABCZ*, Ano 0, n.1, Abril/2001.
- EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil. Sistemas de produção. 2004. Disponível em <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojaBrasil.htm>. Acessado em: 07/12/2012.
- EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja - Paraná - 2007. Londrina: Embrapa Soja, 2006. Disponível em [http://www.cnpso.embrapa.br/download/tpsoja\\_2007\\_pr.pdf](http://www.cnpso.embrapa.br/download/tpsoja_2007_pr.pdf). Acesso em: 07 de Dezembro de 2012.

- EMBRAPA. A história do milho *Jornal Eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo*. Sete Lagoas-MG. Ano 02. Edição 07. Maio de 2008. Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/grao/7\\_edicao/grao\\_em\\_grao\\_materia\\_03.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/grao/7_edicao/grao_em_grao_materia_03.htm) Acesso em 16 de junho de 2013.
- FARIA, R. T. de; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J.A.; SAAD, A. M. Determination of a long-term optimal irrigation strategy for dry beans in Parana State, Brazil. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)* [online]. 1997, vol.54, n.spe, pp. 155-164. ISSN 0103-9016.
- FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E. D.; ALMEIDA, I. R.; EVANGELISTA, B. A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L.. Caracterização do risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 415-421, 2001.
- FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L.. *Ecofisiologia da Soja*. Embrapa. Circular Técnica, n°48. Londrina, 2007.
- FIGUEIREDO, N.M.A. *Método e metodologia na pesquisa científica*. 2a ed. São Caetano do Sul, São Paulo, Yendis Editora, 2007.
- FOCUS | Visão Brasil: Desafios e Oportunidades para a produção da Soja Sustentável no Brasil - abril de 2010. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1240-1248, set./out., 2009.
- FOLEGATTI, M. V.; PESSOA, P. C. S.; PAZ, V. P. S. Avaliação do desempenho de um Pivo Central de Grande Porte e Baixa pressão. *Sci. agric.* [online]. 1998, vol.55, n.1, pp 119-127. ISSN 0103-9016.
- FRANKE, A. E.; DORFMAN, R.. Necessidades de irrigação suplementar em soja nas condições edafoclimáticas do Planalto Médio e Missões, RS. *Pesq. agropec. bras.* (Brasília) [online]. 2000, vol.35, n.8, pp. 1675-1683.
- FRANKE, A. E.; DORFMAN, R.. Viabilidade econômica da irrigação, sob condições de risco, em regiões de clima subtropical. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, vol.33, n.12, p. 2003-2013, dez/1998.
- FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; SOUZA, J. L. M. de; ZOCOLER, J. L. Planejamento de irrigação: análise de decisão de investimento. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica, 2005. 626 p.
- FRIZZONE, J. A.; MATIOLI, C. S.; REZENDE, R.; GONÇALVES, A. C. A.. Viabilidade econômica da Irrigação suplementar da cana-de-açúcar, *Saccharum spp.*, para a região Norte do estado de São Paulo. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1131-1137, 2001.
- GAZZONI, D. L. As razões da escalada de preços das commodities agrícolas. Em: <http://www.goethe.de/ins/br/sab/pro/rapadura/gazzoni.pdf>. Acesso em 20 de julho de 2013.

- GUANZIROLI, C. E.. Agronegócio no Brasil: perspectivas e limitações. In: Economia - Textos Para Discussão. Universidade Federal Fluminense. Abril/2006. ISSN 1519-4612.
- HIRCHFELD, H. Engenharia Econômica e Análise de Custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2010. 519 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/censo2010/>. Acessado em 15/06/2012.
- JOBIM, C. I.; MATTUELLA, J.; LOUZADA, J. A.. Viabilidade econômica da irrigação do feijão no Planalto Médio do Rio Grande do Sul. REGA, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 5-15, jan./jun. 2009.
- KUSS, R.C.R.; KÖNIG, O.; DUTRA, L.M.C.; BELLÉ, R.A.; ROGGIA, S.; STURMER, G.R. Populações de plantas e estratégias de manejo de irrigação na cultura da soja. Ciência Rural, v.38, n.4, p.1133-1137, 2008.
- LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. de P.; GOMES, N. M.. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central em Lavras, MG. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 32, n. 6, p. 1832-1842, Nov./Dec. 2008.
- LIMBERGUER, L. O clima do oeste do Paraná: Análises da presença do lago de Itaipu. 2007. 136 p. Dissertação (mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro SP, 2007.
- MANTOVANI, E. C. A irrigação do cafeeiro. ITEM – Irrigação e Tecnologia Moderna, Brasília, Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, n. 48, p. 45-49, 2000.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. 2. ed., atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2009. 355 p.
- MARQUES, P. A. A.; COELHO, R. D.. Estudo da viabilidade econômica da irrigação da pupunheira (*Bactris Gasipaes* H. B. K.) para Ilha Solteira – SP, Brasil. Cienc. Rural, Santa Maria, V. 33, n. 2, p. 291-297, abril/2003.
- MARQUES, P. A. A.; FRIZZONE, J. A.. Modelo computacional para determinação de risco econômico em culturas irrigadas. Acta Sci. Agron. Maringá, v. 27, n. 4, p. 719-727, Oct./Dec., 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 da Piracicaba-SP. Irriga, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 55-65, jan/mar, 2006.
- MARTINS, C. A. da S.; REIS, E. F. dos; PASSOS, R. R.; GARCIA, G. de O. Desempenho de sistema de irrigação por aspersão convencional na cultura do milho (*Zea mays* L.)<sup>1</sup>. Idesia [online]. 2011, vol.29, n.3, pp. 65-74.

- MENDONÇA, F. C.; VINHOLIS, M. de M. B.; SIMÕES, M. A. R. e; REZENDE, M. de; COLOMBO JÚNIOR, C. N.. Avaliação dos impactos econômico, social e ambiental de ações de pesquisa e transparência de tecnologia de irrigação da pastagens. 47° Congresso SOBER, Porto Alegre, julho/2009.
- MINAYO, M. C. de S.. O desafio do conhecimento científico: pesquisa qualitativa em saúde. 2a edição. São Paulo/Rio de Janeiro: Hucitec-Abrasco, 1993.
- MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.
- OLIVEIRA, M. M. Como fazer pesquisa qualitativa. Petrópolis, Vozes, 2007.
- PEGORARE, A. B.; FEDATTO, E.; PEREIRA, S. B.; SOUZA, L. C. F.; FIETZ, C. R.. Irrigação suplementar no ciclo do milho "safrinha" sob plantio direto. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. (Campina Grande, PB). 2009, vol.13, n.3, pp. 262-271. ISSN 1807-1929.
- RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.
- ROCHA, José S.M. et al - Manual de Avaliações de Impactos e Passivos Ambientais – segunda Ed. Ver. E. ampl. – Santa Maria: Ed. Palotti, 2005 . xx, 479p. IL.
- ROCHA, José Sales Mariano da. Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas. 4 ed. Santa Maria: UFSM, 2007. p.302.
- ROSSETTI, L. A. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e seguridade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Passo Fundo, v 9, n 3, p. 386-399, 2001. Número Especial – Zoneamento agrícola.
- RUVIARO, C.; DORNELES, J. G. L.; SILVA, A. M.; BEM, C. A. V.. Comportamento da soja submetida a diferentes regimes hídricos e viabilidade da irrigação suplementar na região do vale do Jaguari-RS. PERSPECTIVA. Erechim, v.35, n.131, p. 79-90, setembro/2011.
- SANDRI, D.; CORTEZ, D. de A. Parâmetros de desempenho de dezesseis equipamentos de irrigação por pivô central. Ciênc. agrotec., Lavras, vol.33, n.1, p. 271-278, jan./fev., 2009.
- SCHIRMER, L. M.; MATTUELLA, J. L.. Análise econômica da irrigação da cultura do milho pelo sistema pivô-central no Rio Grande do Sul. Análise econômica. Porto Alegre. Vol. 10, n. 17, p. 127-139, março/1992.

- SCHLESINGER, Sergio. O biodiesel da soja: queimando óleo e florestas, chamuscando gente. Impactos Cumulativos e Tendências Territoriais da Expansão das Monoculturas para a Produção de Bioenergia. Agronegócio + agroenergia. FBOMS, 2006.
- SCHONWALD, C.; SAMPAIO, S. C.; SATO, M.; FRIGO, E. P.; SUSZEK, M.; FRIGO, J. P.. Avaliação econômica de sistemas de irrigação em estabelecimentos rurais familiares na região oeste do Paraná. Irriga, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 128-138, janeiro/março, 2008. ISSN 1808-3765.
- SILVA, A. E. & FARIAS, J. R. B. Disponibilidade hídrica para a cultura da soja nas safras 2007/08 e 2008/09 em Londrina-PR. Embrapa Soja, Documentos 312, 2009.
- SILVA, M. E. S. & GUETTER A. K. Mudanças climáticas regionais observadas no estado do Paraná. Terra Livre São Paulo Ano 19 - vol. I - n. 20 p. 111-126, 2006.
- SILVA, M. R.; MARTIN, T. N.; ORTIZ, S.; BERTONCELLI, P.; VONZ D. Desempenho agrônomo de genótipos de milho sob condições de restrição hídrica. Rev. de Ciências Agrárias. 2012, vol.35, n.1, pp. 202-212. ISSN 0871-018X.
- SIMEPAR Monitoramento e previsão climática de geadas no Paraná Zaicovski M. B, GUETTER A. K., QUADRO M. F. L. de disponível em <http://www.cbmet.com/cbm-files/12-b832b236c7f5d0d9216a0f234e6a619a.pdf> acessado em 28.06.2013
- STRECK, Nereu. Augusto.; ALBERTO, Cleber. Maus. Simulação do impacto da mudança climática sobre a água disponível do solo em agroecossistemas de trigo, soja e milho em Santa Maria, RS. Ciência Rural, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 424-433, 2006.
- VENTURA, F. et al. Validation of development models for winter cereals and maize with independent agrophenological observations in the BBCH scale. Italian Journal of Agrometeorology. v. 3, p. 17-26, 2009.

## APÊNDICES

**Apêndice 1** - Produtividade de soja e correspondente precipitação pluviométrica durante o ciclo da cultura (out – jan) nas safras 2005/06 a 2011/12 dos municípios

<b>Município</b>	<b>Safra</b>	<b>Precipitação (mm)</b>	<b>Produtividade (kg/ha)</b>
Foz do Iguaçu	2005/06	738	1.983
	2006/07	758	3.223
	2007/08	764	3.471
	2008/09	541	756
	2009/10	853	3.471
	2010/11	732	3.595
	2011/12	629	1.833
Medianeira	2005/06	779	2.355
	2006/07	699	3.427
	2007/08	569	3.471
	2008/09	575	1.240
	2009/10	968	3.719
	2010/11	791	3.700
	2011/12	575	1.810
Itaipulândia	2005/06	550	1.735
	2006/07	537	3.100
	2007/08	621	3.347
	2008/09	476	700
	2009/10	680	3.500
	2010/11	559	3.223
	2011/12	580	2.165
Santa Helena	2005/06	797	1.750
	2006/07	709	2.850
	2007/08	574	3.350
	2008/09	894	1.300
	2009/10	856	3.600
	2010/11	764	2.880
	2011/12	565	1.608
São Miguel do Iguaçu	2004/05	802	-
	2005/06	654	2.000
	2006/07	560	3.471
	2007/08	622	3.099
	2008/09	409	1.314
	2009/10	802	3.471
	2010/11	702	3.595
2011/12	576	1.603	

Fonte: adaptado de ANA (2013); DERAL (2013).

**Apêndice 2 - Produção de soja e milho das safras 1993 a 2012 em 18,23 ha**

Ano	Soja		Milho	
	Produção (kg)	Produtividade (kg/ha)	Produção (kg)	Produtividade (kg/ha)
1993	29.599	1.624	12.150	666
1994	31.931	1.752	58.261	3.196
1995	30.832	1.691	45.334	2.487
1996	16.797	921	39.370	2.160
1997	35.829	1.965	43.086	2.363
1998	24.267	1.331	28.179	1.546
1999	49.378	2.709	-	
2000	53.984	2.961	-	
2001	53.705	2.946	-	
2002	66.801	3.664	15.000	823
2003	66.199	3.631	37.839	2.076
2004	36.790	2.018	33.018	1.811
2005	35.704	1.959	-	
2006	33.608	1.844	3.647	200
2007	46.636	2.558	38.445	2.109
2008	60.364	3.311	46.298	2.540
2009	29.199	1.602	77.805	4.268
2010	54.373	2.983	83.325	4.571
2011	48.735	2.673	104.378	5.726
2012	20.532	1.126	55.734	3.057

**Apêndice 3 - Exemplo de cenário considerado**

<b>Variável</b>	<b>Valor mensal</b>	<b>Valor ou Taxa anual</b>
Preço da soja (R\$)		50,00
Preço do milho (R\$)		20,00
Eficiência da produção de soja irrigada (%)		1,00
Eficiência da produção de milho safrinha irrigado (%)		1,00
Taxa de Mínima Atratividade anual (%)		0,06
Inflação anual projetada (%)		0,05
<b>Investimento (R\$)</b>		<b>(667000,00)</b>
<b>Desembolso inicial</b>		<b>(192000,00)</b>
Equipamento pivô central		(475000,00)
Base de concreto do pivô		(4000,00)
Casa de bombas		(10000,00)
Vala adutora		(3000,00)
Mão-de-obra de construção da casa de bombas e vala		(10000,00)
Rede trifásica		(140000,00)
Outorga da água		(10000,00)
Outros		(15000,00)
<b>Financiamento</b>		<b>496375,00</b>
Valor financiado (R\$)		(475000,00)
Taxa do financiamento (% ao ano)		0,05
Período de carência		1,00
Número de parcelas		8,00
Valor de cada parcela		(75255,24)
<b>Custos operacionais (valor mensal e anual)</b>	<b>(4300,00)</b>	<b>(51600,00)</b>
Custo com energia elétrica	(1800,00)	(21600,00)
Custo com mão de obra	(2000,00)	(24000,00)
Custo com materiais	(200,00)	(2400,00)
Custo com manutenção	(300,00)	(3600,00)
Outros		0,00



### Apêndice 5 - Precipitação em Foz do Iguaçu durante o ciclo da cultura da soja, nos anos de 2005 a 2012

Data	Precipitação mensal (mm)	Precipitação diária (mm)																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
01/10/05	415,5	22,9	0,0	0,0	0,0	12,1	5,5	0,0	22,1	15,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	54,2	33,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	67,2	21,9	23,2	76,5	53,7	0,0	0,0
01/11/05	65,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,5	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
01/12/05	43,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	14,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
01/01/06	213,1	0,0	76,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	32,9	0,0	0,0	14,7	5,7	12,3	28,7	40,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
01/10/06	124,3	33,5	0,0	0,0	0,0	0,0	52,1	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7	0,0	0,0	0,0	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	0,0
01/11/06	207,2	49,5	29,7	0,0	11,3	0,0	0,0	43,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	19,3	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	22,1	0,0	0,0	0,0	
01/12/06	242,5	0,0	0,0	0,0	11,8	0,0	0,0	6,9	0,0	26,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,2	57,0	0,0	0,0	0,0	58,6	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0	
01/01/07	184,1	0,0	0,0	0,0	44,4	16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	18,5	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	4,1	0,0	68,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	16,1	0,0	4,9	
01/10/07	226,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,1	44,2	56,3	0,0	0,0	0,0	0,0	35,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,7	
01/11/07	213,4	0,0	9,5	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,6	18,3	17,3	0,0	0,0	0,0	77,7	0,0	0,0	0,0	22,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
01/12/07	181,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	111,7	0,0	0,0	0,0	0,0	35,4	6,7	0,0	0,0	0,0	6,1	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	19,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/01/08	142,7	0,0	0,0	0,0	35,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,6	23,3	0,0	0,0	
01/10/08	225,2	0,0	0,0	0,0	59,1	39,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	49,3	0,0	0,0	11,5	0,0	0,0	56,5	0,0	
01/11/08	111,1	0,0	72,5	4,1	0,0	0,0	17,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/12/08	25,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	16,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0
01/01/09	179,2	0,0	0,0	31,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,1	0,0	44,1	59,4	0,0	0,0	14,3	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0
01/10/09	262,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,1	0,0	3,2	0,0	0,0	59,7	0,0	0,0	41,1	16,1	0,0	8,3	0,0	16,6	54,5	0,0	0,0	45,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
01/11/09	249,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	64,5	0,0	0,0	43,5	51,5	0,0	0,0	0,0	17,7	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	37,1	0,0	23,7	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0
01/12/09	201,2	36,6	0,0	55,8	0,0	0,0	0,0	0,0	13,5	0,0	0,0	0,0	57,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	0,0
01/01/10	140,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	39,1	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	52,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,7	0,0	0,0	0,0
01/10/10	268,7	0,0	12,2	0,0	9,1	39,1	0,0	65,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	87,3	16,3
01/11/10	27,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
01/12/10	322,8	0,0	0,0	44,5	25,5	7,8	62,2	12,9	37,2	0,0	29,6	0,0	31,7	13,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,3	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	12,6	0,0	5,7
01/01/11	112,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,6	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,6	0,0	17,1	0,0	
01/10/11	296,5	0,0	26,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,1	5,7	0,0	0,0	50,6	23,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	49,1	0,0	0,0	0,0	0,0	89,2	0,0	
01/11/11	130,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	72,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
01/12/11	69,6	12,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,0	0,0	0,0	0,0	4,6	16,4	0,0	

Fonte: adaptada da ANA (Agência Nacional de Águas).

### Apêndice 6 - Precipitação em Medianeira durante o ciclo da cultura da soja, nos anos de 2005 a 2012

Data	Precipitação mensal (mm)	Precipitação diária (mm)																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
01/10/05	427,4	40,1	1,7	0,0	0,0	27,7	7,3	0,0	3,3	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	51,5	23,2	0,0	0,0	1,4	8,0	0,0	0,0	47,4	23,3	23,7	60,3	93,0	0,0	0,0	
01/11/05	50,9	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,9	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4		
01/12/05	78,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	35,1	0,0	0,0	0,0	14,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	
01/01/06	222,2	20,7	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	17,7	5,1	3,8	3,9	0,0	0,0	34,2	16,8	0,0	1,6	22,2	5,9	20,9	53,6	6,7	0,0	0,0	4,0	0,0
01/10/06	152,8	0,0	53,9	0,0	0,0	0,0	35,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	0,0	0,0	0,0	16,2	0,0	10,9	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,3	0,0	
01/11/06	204,6	6,9	52,5	0,0	21,9	0,0	0,0	43,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,1	27,3	0,0	0,0	0,0	0,0	12,3	0,0	0,0	17,0	10,0	0,0		
01/12/06	154,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	0,0	16,9	0,0	0,0	15,6	29,3	0,0	18,4	0,0	9,1	32,0	5,8	0,0	3,9	0,0	0,0
01/01/07	187,0	0,0	0,0	2,3	2,5	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	52,8	0,0	28,7	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	79,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	3,6	0,0	2,5
01/10/07	137,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	4,1	1,8	10,6	0,0	4,5	40,7	27,9	0,0	0,0	0,0	0,0	30,8	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8	
01/11/07	203,2	0,0	22,4	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,5	23,2	5,4	0,0	0,0	69,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/12/07	115,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	38,4	0,0	0,0	0,0	0,0	31,8	14,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	2,3	1,7	0,0	1,0	0,8	3,5	0,0
01/01/08	114,0	1,3	0,0	0,0	2,2	1,9	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	32,4	7,8	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,0	9,3	0,0	6,6
01/10/08	207,7	0,0	11,4	0,0	27,3	42,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,4	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	17,3	13,0	0,0	0,0	15,0	0,0	2,2	44,9	0,0	
01/11/08	110,0	0,0	46,2	14,6	0,0	0,0	18,9	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/12/08	36,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	22,5	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	
01/01/09	221,0	0,0	0,0	7,7	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	2,0	10,1	0,0	33,8	55,4	20,6	0,0	11,6	0,0	57,7	0,5	0,0	3,5	0,0	0,0	8,7	0,0	0,9	8,0	0,0	0,0	
01/10/09	332,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	0,6	10,6	0,0	0,0	53,8	0,0	0,0	64,2	15,5	8,6	4,9	11,8	27,8	0,0	66,6	0,0	0,0	57,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/11/09	249,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	46,4	0,0	0,0	30,1	33,2	0,0	0,0	37,2	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	41,5	0,0	1,4	25,6	0,0	5,7	9,5	12,8		
01/12/09	201,3	0,0	0,0	64,2	11,1	0,0	0,0	0,0	24,4	0,0	0,0	1,9	40,2	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	38,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	6,6	0,5	
01/01/10	184,8	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,8	0,0	16,7	0,0	23,8	0,0	0,0	5,9	1,4	5,4	0,0	21,7	11,4	0,0	0,0	0,0	0,0	17,1	0,0	77,8	0,0	0,0	
01/10/10	242,8	0,0	10,9	0,0	0,0	39,4	0,0	71,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	20,1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,1	11,4	
01/11/10	49,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,9	0,0	0,0	0,0	15,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	
01/12/10	306,6	0,0	11,5	45,8	59,8	38,4	0,0	7,3	29,4	0,0	14,3	36,3	19,5	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	20,1	5,8	0,0	
01/01/11	191,8	0,0	22,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	0,0	0,0	2,3	8,6	6,1	0,0	0,0	5,0	2,3	43,9	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	15,2	0,0	0,0	8,3	1,9	59,1	0,0	
01/10/11	263,3	0,0	16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,0	6,9	1,1	0,0	36,4	22,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	49,7	8,3	0,0	0,0	78,5	6,0	
01/11/11	140,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	59,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	74,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/12/11	29,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,5	0,4	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	2,6	0,0	0,0	0,0	15,5		

Fonte: adaptada da ANA (Agência Nacional de Águas).

## Apêndice 7 - Precipitação em Itaipulândia durante o ciclo da cultura da soja, nos anos de 2005 a 2012

Data	Precipitação mensal (mm)	Precipitação diária (mm)																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
01/10/05	320,5	21,7	2,7	0,0	0,0	12,3	12,9	0,0	15,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	16,5	0,0	65,4	0,0	0,0	0,0	3,3	23,4	0,0	0,0	18,9	25,3	12,3	44,5	45,5	0,0	0,0
01/11/05	68,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,1	0,0	18,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/12/05	57,5	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,4	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/01/06	103,3	10,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,3	14,3	0,0	0,9	0,0	4,4	34,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/10/06	118,5	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	28,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	0,0	0,0	0,0	20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	14,1	
01/11/06	140,1	2,5	4,1	0,0	14,3	0,0	0,0	62,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,7	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	23,9	8,5	0,0		
01/12/06	78,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	30,7	3,2	8,2	0,0	3,8	7,1	0,0	0,0	4,3	0,0	
01/01/07	200,5	5,8	0,0	17,3	37,6	31,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	83,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	
01/10/07	137,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,1	0,0	0,0	0,0	13,5	0,0	0,0	0,0	6,1	31,8	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	
01/11/07	214,5	13,7	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,5	8,7	38,7	0,0	0,0	49,5	0,0	0,0	0,0	32,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/12/07	178,8	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6	56,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,6	45,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	14,5	0,0	
01/01/08	90,8	0,0	0,0	0,0	12,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,9	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	0,5	0,0	
01/10/08	240,7	0,0	0,0	0,0	107,1	26,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	32,9	0,0	0,0	11,3	0,0	0,0	40,3	
01/11/08	112,3	0,0	25,2	42,2	0,0	0,0	20,7	13,7	0,0	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/12/08	19,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/01/09	102,8	0,0	32,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,1	11,3	0,0	0,0	15,7	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/10/09	196,3	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	18,3	0,0	0,0	0,0	0,0	13,7	0,0	0,0	70,1	10,1	0,0	0,0	12,3	0,0	0,0	9,5	0,0	57,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/11/09	161,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	42,3	13,8	0,0	0,0	32,5	32,7	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,8	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	
01/12/09	169,3	23,2	0,0	25,7	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0	82,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,7	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0	
01/01/10	152,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,4	3,0	0,0	77,0	0,0	0,0	6,7	0,0	7,0	0,0	25,1	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7	0,0	0,0	
01/10/10	203,3	0,0	15,4	0,0	43,6	0,0	0,0	8,8	44,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,9	0,0	
01/11/10	34,3	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/12/10	246,1	0,0	18,4	89,8	0,0	14,8	27,9	0,0	68,5	0,0	0,0	13,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	
01/01/11	75,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	0,0	15,1	0,0	0,0	0,0	0,0	26,9	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0		
01/10/11	237,2	0,0	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,9	13,3	0,0	0,0	37,5	25,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,9	0,0	0,0	0,0	73,1	0,0		
01/11/11	141,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7	48,9	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/12/11	69,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,2	0,0	0,0	0,0	16,7	0,0	

Fonte: adaptada da ANA (Agência Nacional de Águas).

### Apêndice 8 - Precipitação em Santa Helena durante o ciclo da cultura da soja, nos anos de 2005 a 2012

Data	Precipitação mensal (mm)	Precipitação diária (mm)																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
01/10/05	331,0	56,5	0,0	0,0	0,0	0,0	46,0	0,0	14,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	65,1	0,0	0,0	0,0	0,0	28,1	0,0	0,0	88,1	0,0	5,7	14,5	0,0	0,0	0,0	
01/11/05	110,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	52,3	0,0	0,0	0,0	0,0	29,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
01/12/05	148,9	12,7	0,0	13,2	0,0	0,0	63,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,3	0,0	0,0	17,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
01/01/06	206,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,5	26,1	0,0	0,0	0,0	0,0	78,1	0,0	0,0	0,0	28,8	0,0	42,9	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	
01/10/06	143,0	0,0	31,7	0,0	0,0	0,0	0,0	44,5	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	33,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,9	0,0	12,7	0,0	
01/11/06	161,3	8,3	15,7	0,0	8,1	15,3	0,0	38,4	0,0	0,0	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,3	0,0	0,0	0,0	9,3	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0		
01/12/06	131,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	0,0	0,0	0,0	13,7	19,1	40,0	0,0	0,0	6,8	20,5	0,0	0,0	24,5	0,0	0,0	
01/01/07	273,0	8,5	0,0	35,5	22,4	34,2	6,3	0,0	19,7	0,0	0,0	0,0	17,1	36,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/10/07	87,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,0	0,0	20,5	22,3	0,0	0,0	0,0	0,0	23,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/11/07	218,9	0,0	34,8	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,7	34,0	26,8	0,0	0,0	0,0	38,1	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	0,0	0,0		
01/12/07	131,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,1	0,0	3,8	28,9	0,0	8,3	
01/01/08	136,5	0,0	0,0	0,0	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,9	56,1	0,0	0,0	
01/10/08	404,9	0,0	28,5	0,0	63,2	84,1	0,0	0,0	0,0	0,0	38,9	0,0	0,0	0,0	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,2	82,4	0,0	0,0	7,9	0,0	0,0	48,2	0,0	
01/11/08	173,1	0,0	62,5	0,0	0,0	0,0	89,4	0,0	0,0	0,0	21,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/12/08	146,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	104,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/01/09	169,7	0,0	33,8	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	0,0	16,7	17,9	0,0	0,0	0,0	34,3	0,0	42,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/10/09	284,9	0,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	20,1	0,0	0,0	0,0	0,0	58,1	0,0	0,0	85,2	6,9	25,2	0,0	15,3	15,1	0,0	26,6	0,0	0,0	25,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/11/09	186,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,4	0,0	0,0	38,5	19,8	0,0	0,0	15,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	44,1	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/12/09	225,8	12,5	0,0	23,2	0,0	34,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	71,2	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,8	3,3	0,0	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	15,6	
01/01/10	158,5	28,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8	0,0	48,1	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	0,0	41,2	15,9	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/10/10	244,6	0,0	0,0	0,0	0,0	55,8	0,0	69,5	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	5,5	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	19,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,9	12,5	
01/11/10	95,8	0,0	0,0	0,0	0,0	7,9	0,0	0,0	0,0	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,7	0,0	45,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,9	9,7	0,0	0,0	
01/12/10	260,6	0,0	35,1	0,0	49,6	3,5	29,8	30,5	45,4	0,0	0,0	16,2	0,0	32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/01/11	163,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	24,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	14,8	0,0	0,0	5,7	0,0	10,2	14,1	0,0	0,0	0,0	90,1	0,0	
01/10/11	230,9	0,0	18,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,3	0,0	19,3	0,0	31,1	31,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	78,6	0,0	0,0	0,0	21,1	0,0	
01/11/11	141,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,5	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/12/11	62,7	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,3	

Fonte: adaptada da ANA (Agência Nacional de Águas).

### Apêndice 9 - Precipitação em São Miguel do Guaçu durante o ciclo da cultura da soja, nos anos de 2004 a 2012

Data	Precipitação mensal (mm)	Precipitação diária (mm)																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
01/10/04	276,5	0,0	0,0	24,2	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	62,2	16,5	0,0	0,0	41,7	0,0	23,9	0,0	0,0	0,0	0,0	33,9	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0
01/11/04	235,3	5,8	0,0	23,0	33,1	4,8	10,9	0,0	0,0	0,0	48,0	17,7	8,6	0,0	0,0	10,1	8,2	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	10,5	38,5	0,0	0,0	
01/12/04	91,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	69,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
01/01/05	200,3	0,0	0,0	50,0	5,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,3	0,0	0,0	0,0	21,8	0,0	0,0	0,0	17,9	36,1	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	
01/10/05	320,5	21,7	2,7	0,0	0,0	12,3	12,9	0,0	15,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	16,5	0,0	65,4	0,0	0,0	0,0	3,3	23,4	0,0	0,0	18,9	25,3	12,3	44,5	45,5	0,0		
01/11/05	68,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,1	0,0	18,7	0,0	0,0	0,0	18,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
01/12/05	57,5	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,4	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
01/01/06	103,3	10,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,3	14,3	0,0	0,9	0,0	4,4	34,4	0,0	0,0	0,0	0,0		
01/10/06	118,5	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	28,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	0,0	0,0	0,0	20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1		
01/11/06	140,1	2,5	4,1	0,0	14,3	0,0	0,0	62,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	23,9	8,5	0,0		
01/12/06	78,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	30,7	3,2	8,2	0,0	3,8	7,1	0,0	0,0	4,3	0,0		
01/01/07	200,5	5,8	0,0	17,3	37,6	31,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	83,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
01/10/07	137,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,1	0,0	0,0	0,0	0,0	13,5	0,0	0,0	6,1	31,8	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
01/11/07	214,5	13,7	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,5	8,7	38,7	0,0	0,0	49,5	0,0	0,0	0,0	32,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
01/12/07	178,8	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6	56,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,6	45,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	14,5	0,0		
01/01/08	90,8	0,0	0,0	0,0	12,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,9	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	0,5	0,0		
01/10/08	240,7	0,0	0,0	0,0	107,1	26,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	32,9	0,0	0,0	11,3	0,0	40,3	0,0		
01/11/08	112,3	0,0	25,2	42,2	0,0	0,0	20,7	13,7	0,0	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
01/12/08	19,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
01/01/09	102,8	0,0	32,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,1	11,3	0,0	0,0	15,7	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
01/10/09	196,3	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	18,3	0,0	0,0	0,0	0,0	13,7	0,0	0,0	70,1	10,1	0,0	0,0	12,3	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	57,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
01/11/09	161,9	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	42,3	13,8	0,0	0,0	32,5	32,7	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,8	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0		
01/12/09	169,3	23,2	0,0	25,7	0,0	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0	82,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,7	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0		
01/01/10	152,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,4	3,0	0,0	77,0	0,0	0,0	6,7	0,0	7,0	0,0	25,1	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7	0,0	0,0		
01/10/10	203,3	0,0	15,4	0,0	43,6	0,0	0,0	8,8	44,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,9	0,0		
01/11/10	34,3	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
01/12/10	246,1	0,0	18,4	89,8	0,0	14,8	27,9	0,0	68,5	0,0	0,0	13,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0		
01/01/11	131,7	0,0	1,8	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	3,1	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	0,0	0,0	55,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	30,5		
01/10/11	283,1	0,0	14,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,1	0,0	0,0	0,0	0,0	36,6	27,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	7,5	0,0	0,0	128,3	3,3		
01/11/11	136,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	47,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	78,7	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
01/12/11	38,7	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6		

Fonte: adaptada da ANA (Agência Nacional de Águas).

**Apêndice 10 - Preços médios recebidos pelos produtores no Paraná, nos anos de 1995 a 2012 por saca de soja**

Ano	Preço (R\$/saca de 60 kg)												Média	Δ %
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
1995	10,29	10,23	8,75	8,58	8,12	8,30	9,48	10,34	10,46	11,05	11,89	<b>12,46</b>	10,00	
1996	13,42	13,00	11,89	12,66	13,45	13,02	13,03	13,66	15,86	16,03	16,04	<b>16,13</b>	14,02	40,20
1997	15,52	14,82	15,09	15,83	15,89	15,68	14,89	15,97	17,10	17,44	17,34	<b>17,77</b>	16,11	14,91
1998	<b>16,44</b>	14,96	13,34	12,87	12,76	12,22	12,27	11,72	12,04	12,37	12,90	13,07	13,08	-18,81
1999	13,28	15,58	15,71	13,77	13,33	13,83	13,77	15,18	17,56	18,47	<b>18,86</b>	18,16	15,63	19,50
2000	18,04	18,10	17,32	17,14	17,45	16,60	15,86	15,69	16,35	16,90	17,32	<b>19,00</b>	17,15	9,72
2001	18,41	16,62	16,19	16,22	16,79	19,24	22,00	23,83	25,27	26,20	<b>26,63</b>	24,86	21,02	22,57
2002	23,61	21,26	19,71	19,98	22,31	26,00	29,33	32,47	36,89	41,87	42,55	<b>43,93</b>	29,99	42,67
2003	40,51	40,85	37,94	34,63	33,62	33,23	32,42	32,80	35,57	41,05	<b>43,95</b>	42,53	37,43	24,81
2004	42,54	42,46	<b>48,15</b>	47,57	45,89	40,32	35,98	34,22	34,54	30,97	29,50	28,90	38,42	2,64
2005	29,15	27,01	31,76	29,20	27,81	<b>29,19</b>	29,12	27,61	25,68	24,65	24,24	25,30	27,56	-28,27
2006	26,16	25,58	23,69	22,57	23,93	24,81	24,58	23,91	24,50	26,55	<b>29,01</b>	28,43	25,31	-8,16
2007	28,90	29,50	28,62	27,21	27,03	27,30	27,64	30,20	33,87	35,13	37,91	<b>40,11</b>	31,12	22,96
2008	42,06	44,37	43,28	40,97	40,86	<b>45,07</b>	45,67	40,26	41,25	40,47	40,65	39,46	42,03	35,06
2009	45,69	44,96	42,77	44,54	<b>45,98</b>	45,07	42,69	42,81	42,16	41,28	40,85	39,81	43,22	2,83
2010	37,16	33,29	31,15	30,59	31,48	31,87	34,01	36,88	37,96	39,81	43,39	<b>43,87</b>	35,96	-16,80
2011	45,52	<b>45,68</b>	43,35	40,96	40,38	40,10	40,33	41,15	44,02	42,26	41,08	40,14	42,08	17,02
2012	42,44	43,47	47,92	51,67	55,33	58,29	65,63	72,60	<b>73,92</b>	67,27	67,17	67,25	53,81	27,88

Fonte: adaptado do DERAL – SEAB/PR.

**Apêndice 11 - Preços médios recebidos pelos produtores no Paraná, nos anos de 1995 a 2012 por saca de milho**

Ano	Preço (R\$/saca de 60 kg)												Média	Δ %
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
1995	6,16	5,22	4,48	4,89	5,13	5,17	5,52	5,73	5,53	6,04	6,40	<b>6,40</b>	5,56	
1996	6,75	6,23	6,50	7,39	8,25	7,99	7,91	8,05	<b>8,12</b>	7,97	7,40	6,63	7,43	33,80
1997	5,84	5,63	5,79	6,11	6,31	6,16	6,12	6,24	6,44	6,67	6,73	<b>6,78</b>	6,24	-16,10
1998	7,18	7,13	7,01	7,14	7,31	7,16	7,10	7,05	6,97	7,00	7,24	<b>7,72</b>	7,17	15,00
1999	8,00	8,23	8,23	8,17	8,18	8,18	8,18	8,15	8,54	9,47	11,02	<b>11,33</b>	8,81	22,90
2000	<b>11,94</b>	11,38	10,73	10,54	10,88	10,49	10,46	11,54	11,44	11,24	10,49	8,54	10,81	22,70
2001	7,83	7,16	7,01	7,12	7,27	7,73	8,27	9,22	9,67	9,91	10,06	<b>10,19</b>	8,45	-21,80
2002	10,35	10,87	11,18	11,42	12,22	12,62	12,98	13,88	15,18	18,62	<b>22,28</b>	20,83	14,37	70,00
2003	19,76	<b>19,95</b>	17,68	16,83	15,37	14,65	12,92	13,02	14,35	14,19	14,83	15,25	15,73	9,50
2004	14,91	14,81	15,67	18,20	<b>18,96</b>	17,37	15,97	14,97	15,03	14,23	13,49	12,71	15,53	-1,30
2005	13,02	13,38	15,78	16,26	<b>15,97</b>	15,95	15,87	15,02	14,55	13,08	11,79	11,52	14,35	-7,60
2006	11,87	12,67	10,95	10,44	11,69	12,45	12,12	11,81	12,03	13,26	15,40	<b>16,44</b>	12,59	-12,20
2007	16,56	16,33	16,25	14,83	14,54	14,60	14,14	16,34	19,58	19,39	22,82	<b>24,94</b>	17,53	39,20
2008	<b>22,20</b>	20,71	19,86	20,02	20,13	20,17	21,31	18,44	17,72	16,98	15,72	15,22	19,04	8,60
2009	<b>17,56</b>	17,27	16,13	16,48	17,40	17,23	15,44	14,70	14,50	15,20	15,51	14,83	16,02	-15,90
2010	14,58	14,09	13,84	13,68	13,73	13,92	13,07	14,14	16,60	17,79	<b>19,87</b>	19,50	15,40	-3,90
2011	20,62	22,34	22,90	23,67	23,22	23,52	<b>23,78</b>	22,23	23,03	21,65	21,66	20,30	22,41	45,50
2012	22,50	23,07	22,57	21,39	20,56	19,96	23,17	26,60	24,78	24,33	26,35	<b>26,92</b>	21,27	-5,10

Fonte: adaptado do DERAL – SEAB/PR.

**Apêndice 12** - Inflação anual e acumulada, preço médio anual da soja e do milho, variação de preço anual e acumulado

Ano	Inflação		Preço da saca de 60 kg de soja			Preço da saca de 60 kg de milho		
	Anual (%)	Acumulada (%)	Valor médio (R\$)	Δ (%)	Acumulado (%)	Valor médio (R\$)	Δ (%)	Acumulado (%)
1995	22,41	22,41	10,00			5,56		
1996	9,56	34,11	14,02	40,22	40,22	7,43	33,78	33,78
1997	5,22	41,11	16,11	14,95	61,18	6,24	-16,11	12,22
1998	1,66	43,46	13,08	-18,82	30,85	7,17	14,96	29,01
1999	8,94	56,28	15,63	19,46	56,32	8,81	22,87	58,51
2000	5,97	65,61	17,15	9,74	71,55	10,81	22,70	94,50
2001	7,67	78,31	21,02	22,59	110,30	8,45	-21,77	52,15
2002	12,53	100,66	29,99	42,67	200,05	14,37	69,98	158,63
2003	9,30	119,32	37,43	24,78	274,41	15,73	9,49	183,19
2004	7,60	135,98	38,42	2,66	284,36	15,53	-1,31	179,47
2005	5,69	149,41	27,56	-28,27	175,71	14,35	-7,58	158,27
2006	3,14	157,24	25,31	-8,16	153,21	12,59	-12,23	126,68
2007	4,46	168,72	31,12	22,95	211,31	17,53	39,16	215,46
2008	5,90	184,57	42,03	35,07	320,48	19,04	8,63	242,70
2009	4,31	196,84	43,22	2,82	332,36	16,02	-15,86	188,36
2010	5,91	214,38	35,96	-16,80	259,70	15,40	-3,87	177,20
2011	6,50	234,81	42,08	17,04	320,98	22,41	45,51	303,36
2012	5,84	254,37	53,81	27,87	438,32	21,27	-5,07	282,90

Fonte: adaptado IBGE (inflação); DERAL (preço dos produtos).

**Apêndice 13** - Produção real, extrapolada e incremental para as safras de 1993 a 2012

Ano	Soja			Milho		
	Produção 18,23 ha (kg)	Produção equivalente 83,43 ha (kg)	Produção incremental 83,43 ha (kg)	Produção 18,23 ha (kg)	Produção equivalente 83,43 ha (kg)	Produção incremental 83,43 ha (kg)
1	29.599	135.460	170.255	12.150	55.604	422.081
2	31.931	146.132	159.583	58.261	266.631	211.054
3	30.832	141.103	164.612	45.334	207.471	270.215
4	16.797	76.871	228.843	39.370	180.177	297.509
5	35.829	163.971	141.743	43.086	197.183	280.503
6	24.267	111.058	194.657	28.179	128.961	348.725
7	49.378	225.978	79.736	0	-	-
8	53.984	247.058	58.657	0	-	-
9	53.705	245.781	59.934	0	-	-
10	66.801	305.715	0	15.000	68.648	409.038
11	66.199	302.960	2.755	37.839	173.170	304.516
12	36.790	168.369	137.345	33.018	151.107	326.579
13	35.704	163.399	142.315	0	-	-
14	33.608	153.807	151.908	3.647	16.690	460.995
15	46.636	213.430	92.285	38.445	175.944	301.742
16	60.364	276.256	29.459	46.298	211.883	265.803
17	29.199	133.629	172.086	77.805	356.075	121.611
18	54.373	248.838	56.877	83.325	381.337	96.349
19	48.735	223.036	82.679	104.378	477.686	0
20	20.532	93.965	211.750	55.734	255.067	222.619

**Apêndice 14 - Entrevista com empresa fornecedora de equipamentos de irrigação****Qual a vida útil dos equipamentos de pivô central?**

20 anos

**Um equipamento de irrigação por pivô central tem valor residual?**

Para a renovação do investimento somente 30% é necessário. O valor residual chega a ser de 70%.

**Vocês estão tendo muita procura por instalação de irrigação na região oeste do Paraná?**

É um mercado em franca expansão. Os pivôs estão agora se difundindo mais. Antigamente para aumentar a produção o produtor investia em novas áreas, hoje existem menos áreas disponíveis e o custo da terra é muito alto. Então a alternativa de tecnificar a produção aumenta.

**O uso de irrigação possibilita obter uma produtividade semelhante à produtividade em regime de chuvas normais?**

A irrigação possibilita 100% da produtividade ou até mais, já que, trabalha-se com aplicação intensiva de tecnologia de produção. Variedades, adubação, etc...

**Por que recomendam o pivô e não o autopropelido?**

Pelo custo. Não inicial, mas operacional. A energia consumida é pelo menos 3 vezes mais. A mão-de-obra também, sem contar que tecnicamente não é interessante, já que, principalmente feijão e soja, danifica e derruba muitas flores, restringindo a produção.

**E o sistema linear (áreas retangulares)?**

É mais recomendado se o terreno tiver menos de 5% de caimento e puder se fazer um sistema de adução por valas.

**E o pivô pequenas áreas?**

Tende a ficar mais caro. A área de abrangência é menor e o sistema de adução não muda muito.

**Quais os principais custos?**

Energia. Os demais são muito baixos. Se fizer a manutenção preventiva os custos de manutenção são baixos. Trocas de óleo e rolamentos, mas é pouca coisa.

**Apêndice 15 - Entrevista com Produtor Rural que utiliza irrigação****Você tem propriedade irrigada e não irrigada?**

Sim

**Qual o tamanho de área irrigada?**

Um pivô de 70 e outro de 40 ha.

**Por que pivô?**

Facilidade de usar pouca mão-de-obra e pelo tamanho de área irrigada que me dá.

**Quais culturas você planta?**

Soja, milho, milho doce, trigo, batata, ervilha. Eu procuro diversificar a produção. Produzir culturas com maior valor de mercado. O problema é que você tem que vender seu produto, diferente da soja. É onde tenho melhor rentabilidade. E também o pivô não pode ficar parado. Você não pode fazer um investimento desse tamanho pra deixar ele parado. O que mais dá dinheiro é arrendar pros batateiros (plantadores de batata inglesa), só que eles não arrendam dois anos seguidos a mesma área.

**Usa a quim irrigação?**

Pouco.

**Por que não?**

Por duas razões. Primeiro, a maioria dos produtos não é recomendável que se aplique com a quantidade de água da irrigação; segundo, diminui muito a vida útil do sistema

**Tem mercado pra pivôs usados? Tem valor residual na troca por um novo?**

Muito pouco. Algo em torno de 20%.

**Quais os custos operacionais?**

Energia. Todos os outros somados não chegam a 10% da energia. Quando você precisa de assistência técnica especializada da autorizada é caro. Idêntico ao custo de uma colheitadeira, por exemplo.

**Quanto gasta de energia?**

Na última safra de feijão irriguei uma lâmina total de 500 mm durante o ciclo de 4 meses. Gastei 116.417 kW no pivô de 70 ha.

**Consegue irrigar tudo no horário de energia verde?**

Não.

**Existe financiamento?**

Sim. A uma taxa de 2,5% ao ano. Financia-se 80% e as prestações são anuais. 1 ano de carência e 8 anos pra pagar.

**Você financiou?**

Não, comprei a vista. Mas existem linhas baratas

**Qual o diferencial da área irrigada.?**

Na nossa região como tem a estação da seca e chuva, se você não tiver você faz uma safra por ano. Eu faço 3.

**Se você tivesse propriedade aqui no oeste do PR você usaria um sistema de irrigação?**

Sim.

**Apêndice 16 - Entrevista com Produtor Rural que utiliza irrigação****Você tem irrigação na sua lavoura?**

Sim. 3 pivôs. 2 fixos e 1 rebocável

**Qual a área irrigada?**

100 alqueires

**Há quanto tempo vocês os tem?**

7 anos

**Dá muito problema? Custo?**

Não. Praticamente nada. A única vez que deu um problema foi quando estourou um tubo enterrado porque tinha ar dentro. Senão é só o trabalho de engraxar periodicamente, trocar algumas borrachas que ressecam, e outras coisinhas do tipo. O serviço que mais dá é serviço de eletricitista.

**E esse é um serviço caro?**

Não, e também não é toda hora.

**E o gasto com energia é alto?**

É o maior. Eu gasto dá pra dizer 1800 reais por mês pros três pivôs. Mas é por causa do contrato com a COPEL. Senão teria mês que gataria bem pouco. Tem um vizinho que tem um pivô pequeno e o motor dele não é tão forte assim. Ele instalou na rede normal e gasta 500, ... 600 reais quando usa bastante. Aqui não dá porque só o motor do pivô grande é de 150 cv.

**O que você planta?**

Soja e milho. Agora plantei milho pra semente da COODETEC num pivô. No maior. Nos outros é soja que estamos colhendo agora.

**Mas já plantou outras culturas?**

Sim. Eu fiz o pivô pra plantar milho doce pra indústria da Lar. Mas sempre plantei soja também. Algumas vezes feijão. Planto trigo também.

**E outras culturas como batatinha, tomate, ... ?**

Não. Só grãos.

**Já teve proposta de plantar esse tipo de cultura?**

Não. Não tem onde entregar. Uma vez veio um cara de Medianeira falando em plantar batatinha, mas depois não veio mais.

**E a outorga de água deu muito trabalho pra conseguir?**

Não. Na época eu fiz porque a Lar precisava. Aí eu fui junto com eles umas duas vezes, mas foi ligeiro. Um vez na Itaipu e outra nem sei onde foi.

**Você tem um funcionário que cuida só da irrigação?**

Sim. Aquele que está vindo ali. Ele tá engraxando, mas qualquer um sabe fazer. Ele liga e desliga ...

**Podemos ver onde você capta a água?**

Sim, vamos lá.

**Você instalou pra atender a produção de milho doce da Lar, mas hoje a fábrica fechou e você planta soja e milho principalmente. Hoje você instalaria o pivô mesmo assim? Ele se paga?**

Eu instalaria. Pra você ver, teve um ano, eu ainda plantava milho doce pra lar, mas intercalando área. Onde não tinha irrigação colhi 35 sacas de soja por alqueire e onde tinha irrigação colhi 125. Então só ali são 90 sacas de diferença. Em 40 alqueires, faz a conta?

3600 sacas e com preço que ta hoje!

**Você lembra o ano que foi?**

Há uns 3 ou 4 anos, não lembro direito.

**Mas isso em ano ruim. Mas se pega um ano bom com esse, quanto dá de diferença?**

Uns 20 sacos vai dar nesse ano. Faz a conta 20 sacas em 40 alqueires? E aí tem a safrinha ainda.

**Você consegue fazer 3 safras por ano?**

As vezes. Eu também não planto pensando nisso. Você plantar com calma e variedade que renda 10 sacas a mais por alqueire, já paga a safra de trigo por exemplo, então ...

**Se a irrigação se paga, porque tão pouca gente assim faz isso?**

A por causa do investimento né, que é alto. Mas dá pra financiar.

**Você financiou o teu?**

Sim pelo Santander na época. O juro era de 8,5% ao ano, se não me engano. Mas já está pago agora.