

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS

RAFAEL DE OLIVEIRA FARRAPEIRA

**USO E EFICIÊNCIA DA ÁGUA NO PERÍMETRO
IRRIGADO DE POÇÃO DA RIBEIRA EM
ITABAIANA/SE.**

São Cristóvão, SE.

2017

RAFAEL DE OLIVEIRA FARRAPEIRA

**USO E EFICIÊNCIA DA ÁGUA NO PERÍMETRO
IRRIGADO DE POÇÃO DA RIBEIRA EM
ITABAIANA/SE.**

Dissertação apresentada ao Núcleo de
Pós-Graduação em Recursos Hídricos
como um dos requisitos para a
obtenção do título de Mestre em
Recursos Hídricos.

Orientador: Prof.Dr. Inajá Francisco de Sousa

Coorientador: Prof. Dr. Gregorio Guirado Faccioli

São Cristóvão, SE

2017

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

F241u Farrapeira, Rafael de Oliveira
Uso e eficiência da água no perímetro irrigado de Poção da Ribeira em Itabaiana/SE / Rafael de Oliveira Farrapeira ; orientador Inajá Francisco de Sousa. – São Cristóvão, 2017. 82 f. : Il.

Dissertação (mestrado em Recursos Hídricos)-
Universidade Federal de Sergipe, 2017.

1. Recursos hídricos. 2. Agricultura irrigada. 3. Água -
Uso. 4. Irrigação - Manejo. 5. Poção da Ribeira, SE 6.
Itabaiana, SE. I. Sousa, Inajá Francisco de, orient. II. Título.

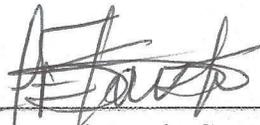
CDU: 556.18:631.67(813.7)

RAFAEL DE OLIVEIRA FARRAPEIRA

**USO E EFICIÊNCIA DA ÁGUA NO PERÍMETRO IRRIGADO DE
POÇÃO DA RIBEIRA EM ITABAIANA/SE.**

Dissertação apresentada ao
Núcleo de Pós-Graduação em
Recursos Hídricos como um dos
requisitos de obtenção do título
de Mestre em Recursos Hídricos.

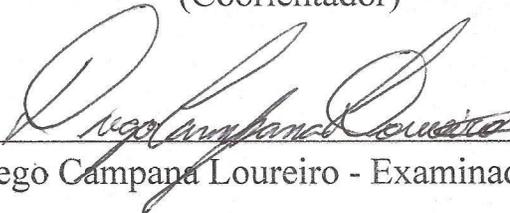
Aprovada: 17 de Fevereiro de 2017.



Dr. Inaja Francisco de Sousa
(Orientador)



Dr. Gregório Guirado Faccioli – Examinador Interno
(Coorientador)



Dr. Diego Campana Loureiro - Examinador Externo

São Cristóvão, SE

2017

*Dedico a minha mãe Rita Farrapeira e meu pai Antônio Farrapeira,
fundamentais para que eu concluísse esse ciclo da minha vida.*

É um paradoxo a Terra se mover ao redor do sol e a água ser constituída por dois gases altamente inflamáveis. A verdade científica é sempre um paradoxo, se julgada pela experiência cotidiana que se agarra à aparência efêmera das coisas”

Karl Marx

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus pela dádiva da vida e por me permitir concluir mais esse ciclo de grande importância em minha vida.

Agradeço em especial aos meus pais, por serem minha base e por toda a assistência, apoio e dedicação que me proporcionaram durante todo o trabalho realizado, amo vocês. Aos meus familiares por sempre torcerem e orarem por mim.

Agradeço a minha noiva Leilanne Guedes de Araújo Oliveira, por toda paciência, apoio e amor incondicional, compreensão pela distância e por torcer tanto pelo meu sucesso. Sem você seria impossível chegar até aqui, eu te amo.

Todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Sergipe, em especial ao meu orientador Prof. Dr. Inajá Francisco de Sousa e meu coorientador Prof. Dr. Gregorio Guirado Faccioli, por todos os puxões de orelha, por toda orientação, paciência e colaboração para que fosse possível a realização do projeto.

Agradeço também a todo pessoal da Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe (COHIDRO), em especial ao Augusto César de Barros Rocha e a todos do GEDEA pelo fornecimento de dados e apoio cruciais para o desenvolvimento da dissertação.

A todos, o meu muito Obrigado!

RESUMO

A água é um dos recursos naturais indispensáveis à manutenção das diversas formas de vidas existentes no planeta. Segundo a ANA (2014) a irrigação usa aproximadamente 70% das águas retiradas do sistema global de rios, lagos e mananciais subterrâneos. Com isso, a agricultura irrigada hoje se faz necessária para garantia da produção de alimentos. Entretanto é preciso avaliar e adequar cada um dos fatores que compõem o sistema de produção, incluindo a eficiência do uso e o manejo da água de irrigação. Com o intuito de avaliar o sistema de irrigação do perímetro irrigado de Poção da Ribeira (PIPR) no ano de 2016, localizado no município de Itabaiana/SE, o presente estudo tem como objetivo geral determinar a eficiência de aplicação da água, como também a eficiência do uso da água, em doze lotes. Utilizando a proposta descrita por Keller e Karmeli (1974), para avaliar o sistema de irrigação do perímetro, foram determinados os coeficientes de uniformidade: de Christiansen (CUC), de Emissão (CUE), Uniformidade absoluta (CUEa) e de Estática (Us). Para determinar a eficiência de aplicação do sistema de irrigação, determinou-se as eficiências: de aplicação (Ea), de aplicação Potencial (Epa), de aplicação para área adequadamente irrigada (EDad) e de irrigação para área adequadamente irrigada (Eipad). Para determinar o uso da água, foram obtidos os dados meteorológicos, junto à COHIDRO, e calculados a evapotranspiração de referência (ET_o), pelo método padrão de Penman-Monteith, e da evapotranspiração da cultura (ET_c). Por fim, com o intuito de descobrir a real necessidade das culturas, houve uma comparação de lâmina aplicada pelos agricultores nas culturas com a ET_c. Os resultados de CUC, CUE, CUEa e Us foram , respectivamente, 91,45%, 86,41%, 84,05% e 86,48%, valores com parâmetros que variam de bom à excelente na escala de Mantovani (2006). A Ea, teve valor médio considerado aceitável para Bernardo (2006) de 82,09% e as EPA, EDad e Eipad médias foram de , respectivamente, 67,37%, 91,04% e 55,09%, valores, com exceção da EDad, considerados inaceitáveis em literatura por Keller e Bliesner (2000). O maior valor de ET_o foi de 5,4 mm dia⁻¹ e o menor de 3,1 mm dia⁻¹. Já a ET_c teve seu maior valor em 5,86 mm dia⁻¹ e menor de 1,44 mm dia⁻¹. Em comparação com a lâmina aplicada, ficou claro o déficit hídrico, entre -1,61% a -72,51%, na maioria das irrigações dos lotes.

Palavras-chave: Agricultura Irrigada, manejo de irrigação; Uso e Eficiência da água, Poção da Ribeira, Itabaiana/SE;

ABSTRACT

The Water is one of the natural resources indispensable for the maintenance of the various forms of life on the planet. For ANA (2014) irrigation uses about 70% of the water withdrawn from the global system of rivers, lakes and underground springs. With this, irrigated agriculture nowadays is necessary to ensure the production of food. However, it's necessary to evaluate and adapt each of the factors that compose the production system, including the efficiency of the use and management of irrigation water. In order to evaluate the irrigation system of the Poção da Ribeira irrigated perimeter of (PIPR) in 2016, located in the city of Itabaiana / SE, the present study has as general objective to determine the efficiency of water use application, besides the efficiency of its use of water, in twelve lots. Using the proposal described by Keller and Karmeli (1974) to evaluate the perimeter irrigation system, were determined the uniformity coefficients: of Christiansen (CUC), Emission (CUE), Absolute Uniformity (CUEa) and Static (Us). In order to determine the efficiency of application of the irrigation system, were determined the efficiencies: application (Ea), potential application (Epa), application to properly irrigated area (EDad) and irrigation to properly irrigated area (Eipad). To determine the water use, the meteorological data were obtained with the COHIDRO, and the reference evapotranspiration (ETo) was calculated by the standard Penman-Monteith method and crop evapotranspiration (ETc). Finally, in order to discover the real need of the crops, there was a comparison of the water depth applied by the farmers in the crops with ETc. The results of CUC, CUE, CUEa and Us were, respectively, 91.45%, 86.41%, 84.05% and 86.48%, values with parameters varying from good to excellent on the scale of Mantovani (2006). The Ea had an acceptable value for Bernardo (2006) of 82.09% and the EPA, EDad and Eipad were, respectively, 67,37%, 91,04% and 55,09%, values considered, with the exception EDad, considered unacceptable in literature for Keller e Bliesner (2000). The highest value of ETo was 5.4 mm day⁻¹ and the lowest value was 3.1 mm day⁻¹. The ETc had its highest value in 5.86 mm day⁻¹ and the lowest in 1.44 mm day⁻¹. Compared with the applied water depth, it's evident the water deficit, between -1,61% and -72,51%, in the most irrigations of the lots.

Keywords: Irrigated Agriculture, Irrigation Management; Use and Efficiency of Water, Poção da Ribeira, Itabaiana / SE;

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Área Irrigada do Brasil.....	07
Figura 02 - Localização do município de Itabaiana/SE.....	18
Figura 03 - Mapa hidrológico da bacia hidrográfica do rio Traíras.....	20
Figura 04 - Estações de bombeamento e adutoras de recalque.....	23
Figura 05 - Esquema de seleção de pontos de coleta na irrigação por microaspersão.....	24
Figura 06 - Coletores plásticos em seus respectivos emissores.....	25
Figura 07 - Estação meteorológica no PIPR em Itabaiana-SE.....	30
Figura 08 - Gráfico representativo dos valores de CUC, CUE, CUEa, US do PIPR.....	49
Figura 09 - Valores de ETc do PIPR.....	56
Figura 10 - Setor do coentro lote 1 PIPR.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Distribuição percentual da irrigação nas regiões brasileiras.....	07
Tabela 02 - Características dos lotes do Perímetro Irrigado de Poção da Ribeira PIPR.....	22
Tabela 03 - Classificação dos valores do desempenho de sistemas de irrigação localizada em função dos Coeficientes de Uniformidade.....	27
Tabela 04 - Culturas e tempo de irrigação do primeiro lote do perímetro irrigado de Poção da Ribeira (PIPR).....	33
Tabela 05 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em $l\ h^{-1}$ do primeiro lote do perímetro irrigado do PIPR.....	33
Tabela 06 - Culturas e tempo de irrigação do segundo lote do PIPR.....	34
Tabela 07 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em $l\ h^{-1}$ do segundo lote do PIPR.....	34
Tabela 08 - Culturas e tempo de irrigação do terceiro lote do PIPR.....	35
Tabela 09 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em $l\ h^{-1}$ do terceiro lote do PIPR.....	35
Tabela 10 - Culturas e tempo de irrigação do quarto lote do PIPR.....	36
Tabela 11 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em $l\ h^{-1}$ do quarto lote do PIPR.....	36
Tabela 12 - Culturas e tempo de irrigação do quinto lote do PIPR.....	37
Tabela 13 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em $l\ h^{-1}$ do quinto lote do PIPR.....	37
Tabela 14 - Culturas e tempo de irrigação do sexto lote do PIPR.....	38
Tabela 15 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em $l\ h^{-1}$ do sexto lote do PIPR.....	38
Tabela 16 - Culturas e tempo de irrigação do sétimo lote do PIPR.....	39
Tabela 17 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em $l\ h^{-1}$ do sétimo lote do PIPR.....	39

Tabela 18 - Culturas e tempo de irrigação do oitavo lote do PIPR.....	40
Tabela 19 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em l h ⁻¹ do oitavo lote do PIPR.....	40
Tabela 20 - Culturas e tempo de irrigação do nono lote do PIPR.....	41
Tabela 21 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em l h ⁻¹ do nono lote do PIPR.....	41
Tabela 22 - Culturas e tempo de irrigação do décimo lote do PIPR.....	42
Tabela 23 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em l h ⁻¹ do décimo lote do PIPR.....	42
Tabela 24 - Culturas e tempo de irrigação do décimo primeiro lote do PIPR.....	43
Tabela 25 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em l h ⁻¹ do décimo primeiro lote do PIPR.....	43
Tabela 26 - Culturas e tempo de irrigação do décimo segundo lote do PIPR.....	44
Tabela 27 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em l h ⁻¹ do décimo segundo lote do PIPR.....	44
Tabela 28 - Espaçamentos de cada lote do PIPR.....	45
Tabela 29 - Classificação dos valores de desempenho de sistemas irrigados dos doze lotes do PIPR.....	46
Tabela 30 - Indicadores de desempenho do sistema de irrigação do PIPR.....	47
Tabela 31 - Valores de avaliação de desempenho de eficiência do PIPR.....	49
Tabela 32 - Dados meteorológicos dos dias anteriores às coletas do PIPR do ano de 2016 em Itabaiana/SE.....	52
Tabela 33 - Valores de Evapotranspiração de referência (ET _o) pelo método padrão de Penman-Monteith em mm dia ⁻¹ no PIPR para o de 2016	53
Tabela 34 - Valores de coeficiente de cultura (K _c) dos lotes coletados no PIPR em 2016.....	53
Tabela 35 - Valores de ET _c para o PIPR.....	54
Tabela 36 - Valores de Lâmina Aplicada pelos agricultores do PIPR.....	57
Tabela 37 - Valores comparativos entre ET _c e Lâmina aplicada do PIPR.....	59

LISTA DE NOMENCLATURAS

ANA - Agência Nacional das águas;

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos;

COHIDRO - Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação do Estado de Sergipe;

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente;

CUC - Coeficiente de Uniformidade de Christiansen;

CUE - Coeficiente de Uniformidade de Emissão;

CUEa - Coeficiente de Uniformidade de Emissão Absoluta;

DESO - Companhia de Saneamento de Água de Sergipe;

Ea - Eficiência de Aplicação;

e_a - Pressão atual de vapor média diária

Eas - Espaçamento entre aspersores;

Ec - Eficiência de condução;

EDad - Eficiência de distribuição para área adequadamente irrigada;

Ef - Espaçamento entre fileiras;

Eipad - Eficiência de irrigação para área adequadamente irrigada;

Ep - Espaçamento entre plantas;

EPa - Eficiência potencial de aplicação;

e_s - Pressão de saturação do vapor média diária;

ET - Evapotranspiração;

ETc - Evapotranspiração de cultura;

ET_o - Evapotranspiração de referência;

ET_oCalc - Software para o cálculo de Evapotranspiração de referência;

G - Fluxo de calor no solo;

K_c - Coeficiente de cultura;

K_s - Coeficiente de Transmissividade;

L_{apl} - Lâmina aplicada;

L_{col} - Lâmina coleta;

n - número de emissores;

Pad - Porcentagem de área adequadamente irrigada;

PIPR - Perímetro Irrigado de Poção da Ribeira

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos;

q_{25%} - Médias das 25% menores vazões observadas;

Q_i - Vazão de cada emissor;

Q_m - Média de todas as vazões;

Q_x - Média das 12,5% maiores vazões observadas;

R_n - Saldo de radiação;

SNGRH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

S_q - Desvio Padrão da vazão do emissor;

T - Temperatura média diária;

U₂ - Velocidade do vento média;

U_s - Coeficiente de Uniformidade Estática;

γ - Coeficiente Psicométrico;

Δ - Declividade da curva de pressão de vapor no ponto de temperatura média;

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo Geral.....	4
2.2. Objetivos Específicos.....	5
3.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
3.1. Considerações iniciais.....	5
3.2. Irrigação	5
3.2.1. Irrigação no Mundo	6
3.2.2. Irrigação no Brasil	6
3.2.3. Irrigação em Sergipe.....	8
3.2.4. Métodos de Irrigação	9
3.2.5. Método de Irrigação por Aspersão.....	9
3.2.6. Método de Irrigação Localizada.....	10
3.2.7. Eficiência dos Métodos de Irrigação.....	12
3.4. Uniformidade de Distribuição da Água.....	14
3.5. Demanda Hídrica das Culturas.....	15
4. METODOLOGIA	18
4.1. Caracterização da área de estudo	18
4.2. Procedimentos metodológicos.....	21
4.3. Eficiência de Aplicação da Água.....	24
4.4. Eficiência do Uso da Água.....	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1. Coletas de Vazões e Características dos Lotes.....	33
5.2. Eficiência de Aplicação da Água.....	46
5.3. Eficiência do Uso da Água.....	52
6. CONCLUSÕES	61
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1 INTRODUÇÃO

A água na agricultura irrigada para Fernandez & Garrido (2002), significa um recurso natural que não é abastecido naturalmente por meio de chuvas, é necessário à aplicação artificial aos cultivos, de forma a aprimorar o seu desenvolvimento biológico. Com o auxílio da irrigação a produção agrícola é intensificada. Além disso, a agricultura irrigada diminui as incertezas, prevenindo o agente econômico (irrigante) contra a irregularidade das chuvas, anual e interanual. A atividade de irrigação é a maior consumidora de água entre os diversos usos desse recurso natural. E dentro dessa atividade os consumos específicos são diversificados, a depender do método de irrigação empregado. Os fatores que são importantes para definir o consumo de água para irrigação são os índices de evaporação das regiões, natureza do solo, o tipo de requerimentos das diferentes culturas (BERNARDI, 2003).

No mundo, as áreas irrigadas equivalem a cerca de 18%, onde 44% dessa área é responsável pela produção agrícola mundial. A chegada de novas tecnologias geradas pela pesquisa para melhorar a produtividade das culturas e proporcionar o uso eficiente da água ajudaram a impedir plantios em áreas marginais, desmatamentos, diminuindo os riscos e a geração de emprego e renda (CALHEIROS et al. 2008).

No Brasil, segundo informações da ANA (2014), a distribuição percentual do volume consumido entre os setores da sociedade são: agricultura irrigada 46%, consumo urbano 27% e indústria 18%. Apesar da grande quantidade demandada pela agricultura irrigada, há que se considerar que mais de 90% da água consumida pelas plantas são perdidos através da transpiração, retornando então para o ciclo hidrológico, assim como acontece com a evaporação que ocorre nos espelhos d'água de represas e de reservatórios para produção de energia, conforme discutido por Morethson (2004).

Em 2000, as captações de água para atendimento aos principais usos consuntivos correspondiam ao abastecimento humano domiciliar (350 km³ e 9,5% em volume), produção industrial (750 km³ e 20,3% em volume) e produção de alimentos (2.595 km³ e 70,2% em volume), totalizando 3.695 km³ anuais de água derivada dos mananciais (CHRISTOFIDIS, 2006).

A crescente preocupação mundial com a produção eficiente de energia e com os recursos hídricos estabelece o desenvolvimento de novas estratégias que economizem água sem causar a redução da produtividade (MANTOVANI et al. 2013). O enriquecimento de técnicas que envolvam a sustentabilidade deverá superar a escassez e promover uma nova

ética aos recursos hídricos, tendo o aprimoramento como base na utilização, no controle dos desperdícios, além de proporcionar o desenvolvimento. (TUNDISI, 2005)

Uma boa estratégia de manejo da irrigação é fundamental para economizar água sem, contudo, por em risco o rendimento das culturas (JALOTA et al. 2006). Com isso o manejo da água deve ser adequado e a utilização dos índices de eficiência do uso da água são essenciais para um planejamento e tomada de decisão da irrigação, elevando assim, a produtividade das culturas (KARATAS et al. 2009).

Nos sistemas irrigados é fundamental o conhecimento do manejo em relação a água com a finalidade de definir o melhor momento para que haja a irrigação, pois esse momento é crucial para o sucesso do empreendimento (MARTINS et al, 2010). Existem diversas alternativas ou técnicas de uso que possibilitam a produção de alimentos com um volume adequado para que se alcance a sustentabilidade na disponibilidade de água para produção de alimentos.

As qualidades físico-hídricas do solo, o clima, a cultura e o manejo dos equipamentos de irrigação além do conhecimento técnico são relevantes para a melhoria da eficiência dos sistemas empregados sem causar danos ambientais (FOLEGATTI, 1996) (DECHMI et al. 2010) (SILVA et al. 2012)

Atualmente o país conta com diversas instituições que regulamentam, fiscalizam e estabelecem padrões de qualidade necessários aos diversos tipos de usos dos recursos hídricos. A Agência Nacional das Águas (ANA), o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) são alguns exemplos dessas instituições, além dos comitês de bacias e secretarias de recursos hídricos.

A importância desse trabalho pode ser explicada pelo fato do município de Itabaiana ser considerado um dos maiores produtores de hortaliças do estado de Sergipe, por conta da existência de dois perímetros irrigados, além de outras fontes irrigantes como água de açudes e poços artesianos. (COHIDRO, 2016)

Neste sentido, o presente trabalho determinou a eficiência de aplicação e uso da água do perímetro irrigado de Poção da Ribeira em Itabaiana/SE.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Determinar a eficiência de aplicação e uso da água nos lotes do perímetro irrigado de Poção da Ribeira, localizado no município de Itabaiana/SE.

2.2 Objetivos específicos

- (i) Planejamento do uso água adequado para cada lote;
- (ii) Determinação dos coeficientes de uniformidade;
- (iii) Determinação da Evapotranspiração das culturas;

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Considerações Iniciais

Para Lima (2003) elemento crucial para a vida, a água é um recurso de valor inestimável e possui diversas utilidades, como por exemplo, para a irrigação, tornando-a um fator de extrema importância para discussão entre o homem e seu uso. O fato é que a pouca disponibilidade dos recursos hídricos e o crescimento populacional preocupam. Com isso, o sinal de alerta para o homem está ligado e é necessário procurar técnicas avançadas para produzir alimento com maior eficiência no uso da água.

Um das formas de determinar a maior eficiência no projeto de irrigação e, conseqüentemente, produzir alimento com utilização de técnicas avançadas, é através da determinação dos coeficientes de uniformidade e eficiência de aplicação e potencial, parâmetros de extrema importância para caracterizar qualquer sistema de irrigação. (BERNARDO, 2006)

De acordo com a ANA (2014) a agricultura consome cerca de 69% de toda a água derivada das fontes (rios, lagos e aquíferos subterrâneos) e os outros 31% são consumidos através das indústrias e uso doméstico. Sendo este, então, o elemento necessário ao desenvolvimento agrícola, sem o controle e a administração adequados e confiáveis, não será possível uma agricultura sustentável. No Brasil, quase metade da água que é consumida é destinada a agricultura irrigada (CARDOSO et al. 1998).

A produção agrícola no Brasil vem crescendo a cada ano, sendo considerado um dos países com maior quantidade de terras agricultáveis de todo o planeta. No nordeste, o município de Itabaiana, onde se encontra o perímetro irrigado de Poção da Ribeira, é considerado um dos municípios de Sergipe com grande potencial neste setor. (LOPES E MOTA, 1997)

3.2 Irrigação

A técnica da irrigação pode ser definida como sendo a aplicação artificial de água ao solo, em quantidades adequadas, desejando proporcionar a umidade adequada ao desenvolvimento normal das plantas nele cultivadas, com o intuito de suprir a falta ou a má distribuição das chuvas. Com base nessa definição, a irrigação tem como propósito satisfazer as necessidades hídricas das culturas, aplicando a água uniformemente e de forma eficiente, ou melhor, que a maior quantidade de água aplicada seja armazenada na zona radicular à

disposição da cultura, sem alterar a fertilidade do solo e com mínima interferência sobre os demais fatores necessários à produção cultural (MELLO; SILVA, 2009).

A irrigação na agricultura deve ser entendida não somente como um seguro contra secas ou veranicos, mas como uma técnica que dê condições para que o material genético expresse em campo todo o seu potencial produtivo. Além disso, se bem utilizada, a irrigação é um instrumento muito eficaz no aumento da rentabilidade, permitindo, por exemplo, a racionalização de insumos através da fertirrigação. (SANTOS et al. 2003)

3.2.1 Irrigação no Mundo

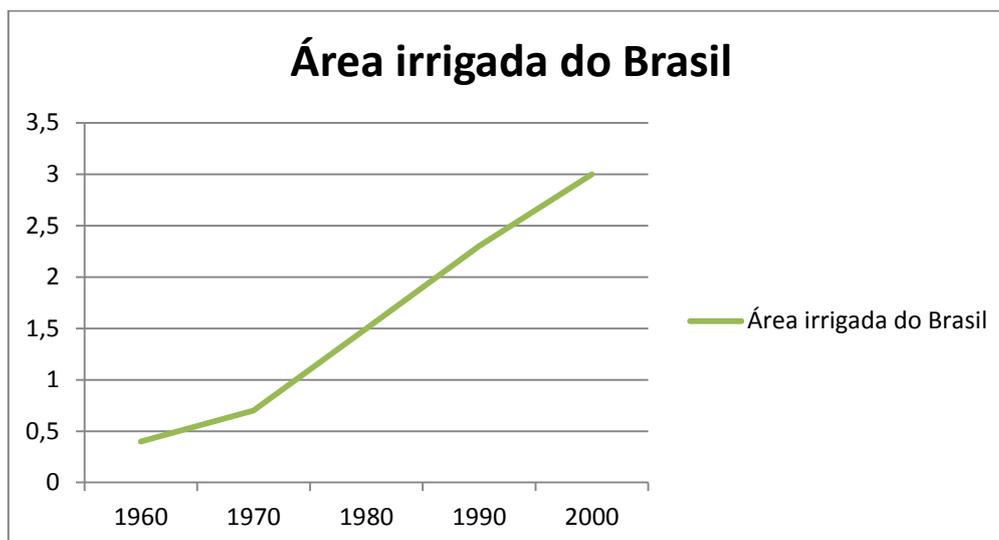
Em 1990, a área irrigada no mundo representava aproximadamente 17% das terras sob cultivo permanente e temporário, permitindo a aquisição de cerca de 40% da produção agrícola total mundial. A superfície irrigada na América Latina é de quase 16 milhões de hectares, grande parte desta área corresponde ao México e o restante se divide, em sua maior parte, entre Argentina, Brasil, Chile e Peru. Esta região apresenta um importante potencial de irrigação, principalmente no Brasil. Da área irrigável adicional para os próximos 50 anos, estimada em mais de 150 milhões de hectares em nível mundial, 11,5% estão no Brasil, possibilitando uma média de incorporação anual de 260 mil hectares irrigados (FAO, 1996a).

Após o fim da década de 90 entrando nos anos 2000, cerca de 1,533 bilhões de hectares foram cultivados com produtos permanentes ou temporários, dos quais 18%, isto é, 278 milhões de hectares são irrigados, valores que correspondem a 44% da produção agrícola mundial. A Índia já tinha mais de 57 milhões de hectares irrigados, a China mais de 53 milhões, os Estados Unidos superavam 25 milhões, sendo os três maiores neste setor. (FAO, 1996b)

3.2.2 Irrigação no Brasil

Para Domingues (2004), o Brasil irriga 5% da área cultivada que significa aproximadamente 3 milhões de hectares, e o potencial de irrigação do país é cerca de 29 milhões de hectares, isto excluindo as áreas de alto valor ecológico na região Norte que são as Bacias do Amazonas e a do Tocantins. A evolução da área irrigada no Brasil tem sido lenta, enquanto as estatísticas são conflitantes. De acordo com Mello (2009) a área irrigada no país aumentou de 0,4 milhões de hectares em 1960, para 3 milhões de hectares nos anos 2000, como pode ser observado na figura 01 abaixo.

Figura 01 - Área irrigada do Brasil.



Fonte: Adaptado de Mello (2009)

Em se tratando de área irrigada total, a região Sudeste é a mais expressiva com 1,58 milhões de hectares irrigados, o que equivale a 35,6% da área total irrigada no Brasil. Em seguida vem a região Sul com 27,5% de área irrigada e em terceiro a região Nordeste com 22,1%, por último as regiões centro-oeste e a norte que juntas somam apenas 14,8% do total. Esses dados podem ser observados na Tabela 01, onde mostra a distribuição percentual da irrigação de cada região brasileira. (CENSO AGROPECUÁRIO, 2005-2006).

Tabela 01 - Distribuição percentual da irrigação nas regiões brasileiras.

Região	Área irrigada (ha) Censo 2005/2006	Pocentagem (%)
Suldeste	1.586.744	35.6
Sul	1.224.578	27.5
Nordeste	985.348	22.1
Centro-Oeste	549.466	12.4
Norte	107.789	2.4
Total	4.453.925	100.0

Fonte: Adaptado do Censo Agropecuário 2005-2006.

3.2.3 Irrigação em Sergipe

Para Lopes e Mota (1997), a partir da década de 70, a agricultura sergipana vem sofrendo mudanças significativas, seja na maneira de produção ou nas muitas relações de verificações em ordens políticas governamentais. Uma dessas mudanças foram às criações dos perímetros irrigados, entre eles o perímetro irrigado de Poção da Ribeira (PIPR), que é um projeto de irrigação pública estadual, sem intervenção fundiária. Os estudos iniciais foram realizados no ano de 1984, mas o projeto ficou concluído em 1985, iniciando-se em seguida a implantação das obras.

No estado Sergipano a agricultura irrigada se faz presente e representa uma grande parcela de desenvolvimento socioeconômico e da agricultura do estado. Atualmente são seis perímetros irrigados em funcionamento e que geram empregos e melhorias a qualidade de vida dos agricultores das regiões. Os perímetros são: Perímetro irrigado do Piauí (em Lagarto), Jacarecica I (em Itabaiana), Jacarecica II (entre Malhador e Areia Branca), Jabiberi (em Tobias Barreto), Califórnia (em Canindé do São Francisco) e Poção da Ribeira (em Itabaiana). (COHIDRO, 2016)

Segundo a COHIDRO (2016) No perímetro irrigado de Poção da Ribeira no município de Itabaiana/SE, as principais culturas presente nos lotes são: Alface, batata doce e coentro. Entretanto ainda existe o cultivo de outras culturas como: quiabo, rúcula, cebolinha, pimentão, repolho, amendoim, entre outros. No ano de 2015 o perímetro irrigado de poção da Ribeira produziu 22234 toneladas, para um valor de produção total do ano de R\$32.562.500,00. O perímetro ainda possui uma área agrícola irrigável de 1100 ha e um público beneficiado de 4660 pessoas.

No ano de 1997, foi realizado um estudo comparativo entre os perímetros irrigados de Poção da Ribeira e Jacarecica I, ambos localizados no município de Itabaiana. No estudo, analisou-se a implantação de projetos de irrigação, os benefícios gerados por esse meio, como também apresenta a expectativa dos produtores e agricultores antes e depois da implantação dos projetos após sua efetivação. Após feito esse estudo, concluiu-se que, dentre os diversos benefícios, a irrigação promoveu mudanças no tipo de cultura plantada, no mercado de trabalho, de insumos e na oferta de olerícola, além de ter proporcionado uma melhoria nas condições de vida e renda dos produtores familiares do perímetro irrigado de Poção da Ribeira (LOPES E MOTA, 1997)

3.2.4 Métodos de Irrigação

Os métodos para a realização da irrigação são os de aspersão, localizada, superfície e subterrânea. Cada método tem sua peculiaridade e eles são escolhidos com base principalmente no local em que se encaixa melhor, portanto não existe um método melhor que o outro, todos possuem suas vantagens, mas existem limitações no emprego de cada um deles. Alguns aspectos relevantes são importantes para a escolha do método adequado de irrigação como a disponibilidade e qualidade da água, energia e mão-de-obra despendida, a topografia e o tipo de solo, o custo de implantação, o clima e a cultura (PIRES, et al. 1999).

No perímetro irrigado de Poção da Ribeira os métodos de irrigação encontrados são de dois tipos: Método de irrigação por aspersão e método de irrigação Localizada. Entretanto quase 90% de todo o perímetro utiliza irrigação localizada, por ser uma irrigação com maior eficiência e com maior praticidade. (COHIDRO, 2016)

3.2.5 Método de Irrigação por Aspersão

Neste método de irrigação a água é aplicada ao solo sob a forma de uma chuva mais ou menos intensa e uniforme sobre a superfície, com o objetivo de que a infiltração se processe no ponto o qual ela alcança. O processo de aplicação de água por um aspersor consiste em um jato d'água emitido a grande velocidade que se dispersa no ar em um conjunto de gotas, distribuindo-se sobre a superfície do terreno, com o objetivo de se conseguir uma distribuição uniforme entre vários aspersores (MELLO; SILVA, 2009).

Os sistemas de irrigação por aspersão podem ser de dois tipos segundo Souza (2010), sistemas convencionais (portátil, semi-portátil e fixo) e sistemas mecanizados (Auto-propelido, pivô-central, Lateral móvel). Os componentes de um sistema de irrigação por aspersão são constituídos por: Motobomba, tubulações, aspersores e acessórios. O perímetro Irrigado de Poção da Ribeira utiliza apenas o sistema de aspersão convencional, apesar de ter caído bastante nos últimos anos esse tipo de sistema de irrigação na região (COHIDRO, 2016).

Segundo Souza (2010) a aspersão convencional se dá pela aplicação da água por meio de aspersores, de modo que esses aspersores estão conectados em linhas laterais (tubulação que conduz a água até o aspersor), que recebe água da linha de derivação (tubulação que conduz a água até as linhas laterais). Ainda deve existir uma linha principal em casos que dependam do tamanho do sistema.

Pequenas e médias propriedades utilizam bastante esse tipo de aspersão, por conta de sua vasta aplicabilidade. Outro dado positivo é que este tipo de sistema apresenta valores de eficiência de aplicação de água da ordem de 75% a 90% (BERNARDO et al, 2006).

Para Gomes (1997) entre os sistemas de irrigação existentes, os mais utilizados são os por aspersão convencional, pela sua facilidade e versatilidade. Normalmente são mais apropriados para diversos tipos de culturas, solos, topografias, formas e tamanhos de áreas para irrigar. Sem contar que são sistemas que representam menos custo de implantação e que apresenta maior flexibilidade para manejo.

3.2.6 Método de Irrigação Localizada

De acordo com BERNARDO et al (2006), os sistemas de irrigação localizada são de grande importância no cenário agrícola brasileiro, com aplicações voltadas principalmente para a fruticultura, horticultura e fertirrigação. Geralmente, esses sistemas são mais utilizados em culturas perenes que apresentam maior espaçamento entre plantas e entre fileiras. A irrigação localizada tem por objetivo aplicar água somente na zona radicular das culturas, em pequenas intensidades, porém com alta frequência (turno de rega de um a quatro dias), de modo que se mantenha a umidade do solo ao nível da capacidade de campo ou próximo dele.

As vantagens desse sistema são: Maior eficiência no uso da água; Maior produtividade: como a irrigação é diária, há maior uniformidade da umidade do solo e, com isso, maior desenvolvimento da cultura; Maior eficiência de adubação; Maior eficiência de controle fitossanitário; Não interfere nos tratos culturais; Pode ser adotado para qualquer tipo de solo e qualquer topografia; Pode ser usado com água salina ou em solos salinos; e, Maior economia de mão de obra. Já as suas limitações pode-se dizer que são principalmente o entupimento dos emissores e a distribuição do sistema radicular da planta, no qual é mais concentrado (MELLO;SILVA, 2009).

Entretanto, Schwankl (1996) reitera algumas desvantagens desse sistema, que são: elevado custo inicial, problemas de entupimentos (devido ao pequeno diâmetro dos emissores), pode ocorrer o acúmulo de sais na superfície do solo e no perímetro do bulbo (trazendo prejuízos as plantas) e o desenvolvimento radicular que nesse sistema fica limitado.

Já para Testezlaf (2011) a irrigação localizada é um tipo de tecnologia que vem crescendo aos poucos e sendo adotada pelos irrigantes, principalmente, pelo fato do grande aproveitamento que se tem da água, evitando desperdícios, diminuindo os consumos e , conseqüentemente, aumentando a produtividade. Esse aproveitamento tem explicação por

conta deste método irrigar apenas regiões próximas a zona radicular da cultura, diferentemente de outros tipos de sistemas que irrigam toda a área. Ainda para o autor, alguns exemplos que se pode dar de culturas que são conduzidas por este método são: citros, uva, abacate, morango, tomate e maçã.

Pizarro (1996) acredita que o principal objetivo de um sistema de irrigação é suprir a demanda hídrica das culturas, o de sistema de irrigação localizada determina uma menor área molhada comparada aos outros métodos de irrigação. Deste modo ocorrerá uma menor evaporação direta da água no solo.

De acordo com Rebouças (1999), o Brasil possuía apenas 8% de sua área irrigada por sistemas de irrigação localizada, entretanto, esse número vem crescendo com o passar dos anos devido a esse sistema apresentar vantagens que são descritas por Souza (2010) como: economia de mão-de-obra, maior eficiência do uso da água, maior controle de irrigação, não dificulta outras operações de cultivo, maior controle de ervas daninhas, economia de água e energia e existe possibilidade de automação..

Segundo Souza (2010) a irrigação localizada aplica a água através dos chamados emissores, gotejadores ou microaspersores, de baixa vazão. Esses emissores se localizam em linhas laterais e formam um reticulado extenso de canalizações que vão cobrir toda a área a ser irrigada ao mesmo tempo. A água é distribuída sob pressão no pé da planta, de maneira a molhar a área da zona radicular da cultura. Para Keller & Bliesner (2000) esses sistemas são compostos basicamente por: Motobomba, cabeçal de controle, linha principal, linha de derivação, linha lateral e emissores e possíveis válvulas, sensores e controladores que monitoram e controlam a vazão, pressão, tempo de funcionamento e outros fatores que são necessários para o funcionamento do sistema.

Testezlaf (2011) divide a irrigação localizada pela importância econômica e de área irrigada, em dois tipos: Irrigação por gotejamento e irrigação por microaspersão.

De uma maneira geral denomina-se irrigação por gotejamento as peças que são responsáveis por dissipar a pressão disponível ao longo das linhas laterais, aplicando pequenas e constantes vazões. Também chamada de “ponto fonte”, a irrigação por gotejamento aplica a água na superfície do solo, deixando esse solo com uma forma circular e seu volume molhado com forma de bulbo, denominado de bulbo úmido. Formam-se faixas contínuas quando os pontos de gotejamento são próximos uns aos outros. A irrigação por gotejamento vem ganhando espaço nos últimos quinze anos, principalmente, pela aplicação ser bem maior e o consumo de água menor. (BERNARDO, 2006).

A microaspersão atua de forma diferente dos sistemas por gotejamento que aplicam água na forma de gotas diretamente no solo, a irrigação por microaspersão funciona com os emissores que operam em pequenos jatos lançados no ar, ficando suspensos por pequenas distâncias até chegar ao solo. Apesar de atuar diferente da irrigação por gotejamento, a microaspersão apresenta os mesmos componentes, com exceção do emissor utilizado. O microasporador possui vazões superiores aos gotejadores e irrigam área maiores do solo na forma circular ou em pequenos círculos ao longo do seu raio. (TESTEZLAF,2011)

Silva & Silva (2005) ressalta que as perdas de água que ocorrem no sistema de microaspersão são, muitas vezes, maiores que as perdas na irrigação por gotejamento. E isso acontece por conta da maior superfície molhada de solo e porque na microaspersão a água é lançada no ar. O autor ainda afirma que mesmo funcionando próximo a superfície do solo, os microasporadores têm sua uniformidade alterada significativamente por conta do vento, o que resulta no arraste de gotas. Além da evaporação que ocorre da gota caso a distância percorrida por ela seja grande.

Os emissores utilizados na irrigação por microaspersão podem ser classificados em dois tipos: Microasporador rotativo, que funciona quando o emissor possui partes móveis que ajudam a distribuir o jato na área de aplicação e o microasporador estacionário, que não possui parte móvel, apenas placas defletoras de jato (TESTEZLAF, 2011).

No perímetro Irrigado de Poção da Ribeira a irrigação localizada utilizada é a de microaspersão (COHIDRO, 2016).

3.2.7 Eficiência dos métodos de irrigação

A eficiência de um sistema de irrigação pode ser definida como a relação entre a quantidade de água armazenada no sistema radicular e a quantidade total derivada da fonte. Essa eficiência é considerada um dos parâmetros mais utilizados para avaliar o seu desempenho. A eficiência de todo o sistema de irrigação deve levar em consideração todas as perdas possíveis, como: perdas por evaporação e arrastamento pelo vento, percolação e perda por vazamento no sistema de condução de água. (BERNARDO et al, 2006)

Ainda segundo Bernardo et al, (2006), o termo eficiência significa um balanço entre os volumes de água envolvidos no processo de irrigação. Esses volumes dizem à quantidade de água captada na fonte, fornecida às parcelas, volume necessário às plantas, armazenado no solo à profundidade efetiva do sistema radicular das culturas e volume perdido por deriva, escoamento superficial ou *run-off*, evaporação e percolação.

Soares (1991) criou um modelo computacional que simula a precipitação de um aspersor, em condições operacionais diferentes, e percebeu o aumento na uniformidade de distribuição da água quando o ângulo da haste do aspersor varia da posição vertical para perpendicular.

Para Bernardo et al, (2006), as baixas eficiência e uniformidade dos sistemas de irrigação estão entre os principais fatores que interferem na degradação do solo. Segundo o autor a eficiência de aplicação é uma fração de água aplicada que é utilizada visando satisfazer as necessidades fisiológicas da planta, entretanto, é preciso minimizar as perdas por evaporação, deflúvio e percolação profunda.

A utilização de sistemas mais eficientes é uma busca iminente na agricultura irrigada, pois existe a tendência de menor disponibilidade hídrica das águas e um aumento considerável a energia. Dentre os sistemas pressurizados, a irrigação localizada é a que propicia a maior eficiência de irrigação, uma vez que as perdas na aplicação de água são relativamente pequenas, considerando-se que, quando bem projetada e manejada, a área máxima molhada não deve ser superior a 55% da área sombreada pela planta, com área mínima molhada de 20% nas regiões úmidas e de 30% nas regiões de clima semiárido (AZEVEDO, 1986).

Para Alves (1999), os métodos de irrigação localizada é o método considerado mais eficiente no semiárido, incluindo os seguintes fatores: i) apresentam maior eficiência no uso da água, adubação e controle de pragas e doenças; ii) adaptam-se a diferentes solos e topografia; e iii) acarretam em maior produtividade das fruteiras.

Segundo Bernardo (2006), a eficiência de aplicação é considerada a estimativa da percentagem do total de água aplicada na irrigação considerada útil as plantas. Em outras palavras, a baixa eficiência nos projetos de irrigação esta relacionada a desuniformidade de distribuição d'água.

Para Frizzone (1992) a eficiência de aplicação incorpora dois tipos de eficiência: a eficiência de distribuição, onde se determinam os coeficientes de uniformidade, e a eficiência em potencial de aplicação, onde encontram os valores de eficiência real de aplicação, potencial e para área adequadamente irrigada. Esses dois fatores dão ideia das perdas de água por percolação e por evaporação. Dentre os sistemas de irrigação, os sistemas localizados apresentam maiores valores de eficiência de aplicação, da ordem de 80 a 90%, bem superiores as faixas de 60 a 80%, e de 50 a 70%, dos sistemas por aspersão e superfície, respectivamente (KELLER & BLIESNER, 1990).

3.3 Uniformidade de distribuição da água

A uniformidade de distribuição de água é um conceito amplamente utilizado para avaliação e caracterização do desempenho de projetos de irrigação. Para Santos et al. (2003), este conceito ajuda a influenciar no custo da irrigação e o desempenho das culturas, além de se relacionar com a eficiência do uso da água na irrigação.

Segundo Martins (2007), a uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação é um dos principais parâmetros para diagnosticar a situação de funcionamento do sistema geral e está fortemente relacionada com a eficiência de aplicação de água, tanto na fase de projeto como no acompanhamento do desempenho após a implantação, sendo uma etapa fundamental antes que qualquer estratégia de manejo seja implantada. A uniformidade de distribuição é caracterizada pelo cálculo de coeficientes de uniformidade de aplicação de água.

Para Bernardo et al (2006), o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição ou Emissão (CUD ou CUE), o Coeficiente de Uniformidade de Emissão Absoluta (CUEa) e o Coeficiente de Uniformidade Estática (Us) são os quatro coeficientes mais utilizados para determinação da uniformidade de aplicação e distribuição de água de um sistema de irrigação por aspersão.

Bernardo et al (2006), consideram excelente a uniformidade quando o CUC se apresenta acima de 90%, bom de 80-90%, regular de 70-80%, ruim 70-60% e inaceitável abaixo de 60%.

Segundo Keller & Bliesnar (2000), o CUE (coeficiente de uniformidade de emissão) é descrito pela razão entre as vazões mínimas e médias dos emissores. Para Pizarro (1996), quanto maior o valor de “CUD” mais cara fica a instalação de irrigação, já que para ocorrer menor variação de vazão na subunidade de irrigação a distribuição da pressão na rede hidráulica tem que ficar mais uniforme, necessitando maiores diâmetros de tubulações, menores comprimentos de tubulações laterais e maior investimento de reguladores de pressão.

Segundo Souza et al (2005), o CUE é um coeficiente sensível a pequenas variações na distribuição de água de um sistema de irrigação. O CUE considera a razão entre a média do menor quartil (quartil que menos recebe água) e a média da precipitação

Keller e Karmelli (1974) sugeriram também uma variação na fórmula de CUE, chamada de coeficiente de uniformidade de emissão absoluta (CUEa). Essa variação inclui a razão das vazões máximas e mínimas dos emissores com a média no qual se tem em conta um excesso de irrigação.

Para Merriam e Keller (1978), os fatores que ajudam para a não uniformidade do sistema estão relacionados ao controle de qualidade nos processos de fabricação, falha no manejo, mudanças físicas dos componentes, envelhecimento e entupimento dos emissores.

Segundo Mantovani (2006) a classificação dos valores do desempenho de sistemas de irrigação em função do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), do Coeficiente de Uniformidade de Emissão (CUE), do Coeficiente de Uniformidade de Emissão Absoluta (CUEa) e do Coeficiente de Uniformidade Estatística (Us) pode se definida como Excelente, bom, razoável, ruim e inaceitável.

3.4 Demanda Hídrica das culturas

O Brasil, apesar de todo avanço tecnológico em irrigação, apresenta ainda um desperdício de água em torno de 36% da água que é captada para a irrigação, fruto do inadequado manejo do sistema de irrigação e problemas de infraestrutura. Esse dado mostra que o país ainda tem avançado de forma lenta quando se fala em manejo de irrigação e uso racional da água (IICA,2008)

Segundo Bernardo et al (2006), os pontos que são considerados essenciais para o manejo de irrigação consistem em saber quando e quanto de a água deve-se aplicar, sendo que o horário da irrigação é um dos principais pontos abordados quando se fala de manejo de irrigação. Ela pode ser definida através da medição da deficiência hídrica que a planta está sofrendo, do balanço hídrico do solo, da disponibilidade da água no solo, de fatores climáticos, e o tipo de distribuição de água que existe no seu sistema de irrigação.

Para determinar qual a quantidade de água que deve ser utilizada na cultura, é necessário saber a quantidade consumida pela cultura, dividida pela eficiência de aplicação. A quantificação do consumo hídrico de determinada cultura pode ser calculada pela evapotranspiração real. Entretanto é importante salientar que a quantidade de água que será irrigada deve ser suportável a capacidade de retenção de água na zona radicular da planta. (BERNARDO et al, 2006)

Para Mantovani et al (2013), os dados meteorológicos são de suma importância para definir diversas atividades. Uma dessas atividades é o cálculo da evapotranspiração, que traz o consumo de água pelas plantas e, conseqüentemente, a lâmina d'água que deve ser aplicada na cultura. Com isso, é possível determinar os melhores horários para irrigações, pulverizações, entre outras atividades. Normalmente esses dados meteorológicos são coletados de estações agrometeorológicas automáticas que ficam instaladas no campo a ser irrigado, e necessita de alguns dados de entrada para o cálculo de evapotranspiração de

referência, como: temperatura máxima, média e mínima, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade do vento, precipitação e umidade foliar.

De acordo com Doorenbos e Pruitt (1977), para encontrar as necessidades hídricas das culturas, o método mais comum está baseado na estimativa da evapotranspiração da cultura (ET_c). Primeiramente, estima-se a evapotranspiração de referência (ET_o), normalmente utilizando uma equação empírica. Na segunda, a ET_c é obtida ao multiplicar ET_o por um coeficiente de cultura (k_c) que integra as características da cultura e do clima local.

JENSEN et al (1990), estimam a evapotranspiração de referência por uma série de métodos teóricos e empíricos, como os de Penman-Monteith, considerado modelo padrão pela FAO 56, Penman-FAO, FAO-radiação, FAO-Blaney-Cridde, Hargreaves e Samani, Priestley-Taylor, entre outros métodos empíricos, que utilizam elementos meteorológicos (temperatura, umidade relativa, insolação, velocidade do vento, radiação, entre outros) e variáveis da cultura (resistência estomática e resistência aerodinâmica). A utilização de determinado método depende de informações climáticas da região em estudo e da precisão de cada uma das informações para as condições específicas de uso.

Smith (1991) sugere que se adote uma definição padronizada para a evapotranspiração de referência, principalmente, à utilização do modelo de Penman-Monteith. A evapotranspiração de referência seria aquela que ocorre em uma cultura hipotética.

Para Faria (1998), os estudos meteorológicos de superfície são de extrema importância na determinação da evapotranspiração (ET). Neste período de transferência de vapor d'água, os elementos climáticos controlam a demanda hídrica da atmosfera, atuando, no contínuo solo-planta-atmosfera, como dreno. A automação dessas medições, em tempo real, facilita a obtenção da ET e, conseqüentemente, permite traçar estratégias de manejo de irrigação, determinar o volume de água necessária aos sistemas agrícolas e dimensionar sistemas de distribuição e de armazenamento de água.

Segundo Souza et al (2003), o clima pode ser monitorado por dois tipos de Estações Meteorológicas de Superfície: as Estações Meteorológicas Convencionais (EMC) e as Estações Meteorológicas Automáticas (EMA). As Estações Meteorológicas Convencionais necessitam de coletas de dados diárias do observador meteorológico. Elas se dividem em classes de acordo com o número de elementos observados. As de primeira classe medem todos os elementos do clima, já as de segunda classe realizam as medidas de pressão atmosférica, radiação solar e vento, as de terceira classe medem a temperatura máxima, a mínima e a chuva, também conhecidas como termo-pluviométricas.

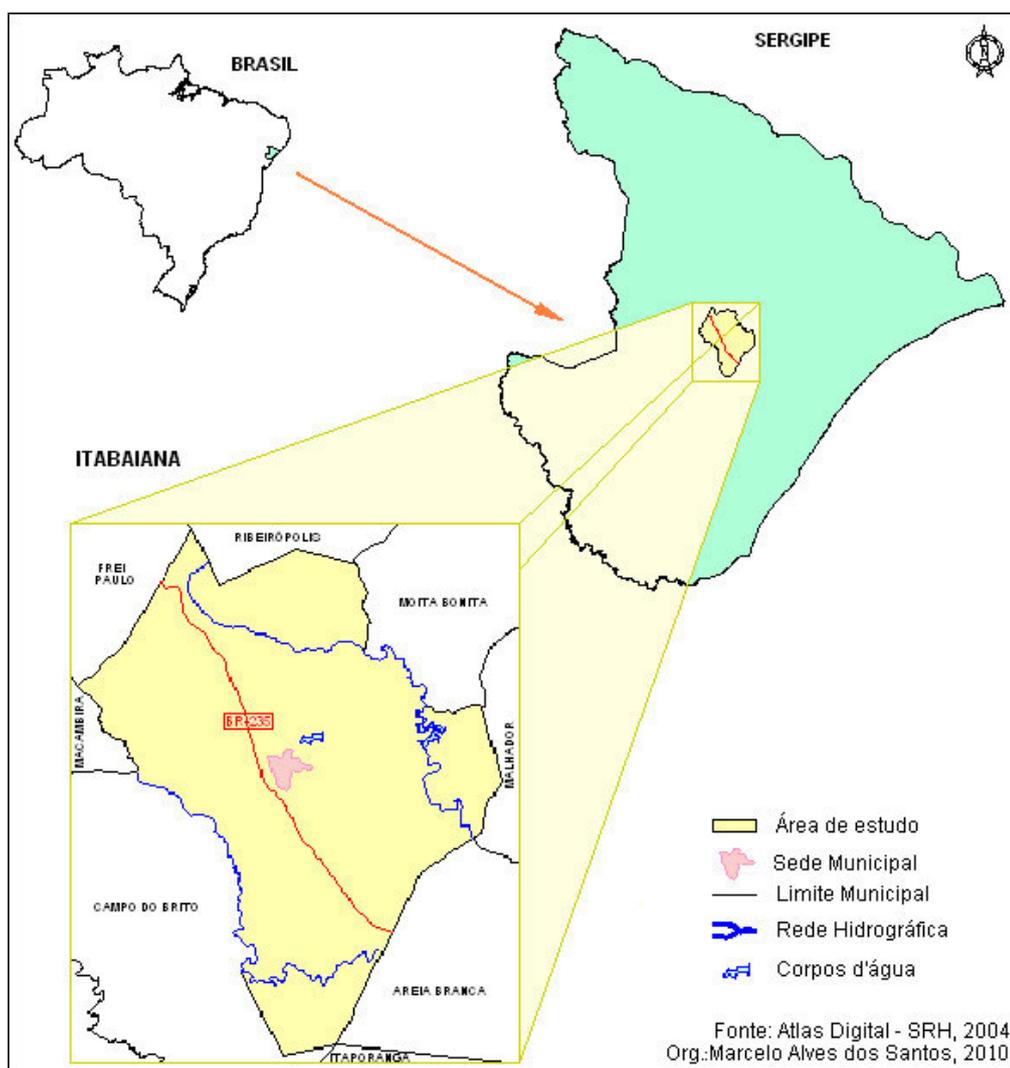
Outro tipo de estação meteorológica é a Estação Meteorológica Automática com a coleta de dados totalmente automatizada. Nessa estação os sensores operam com princípios que permitem a emissão de sinais elétricos, que são captados por um aparelho de aquisição de dados (Datalogger). Desta maneira, o armazenamento e o processamento dos dados são completamente informatizados. Sua maior vantagem é o registro contínuo de todos os elementos, com saídas dos dados em intervalos que o usuário programar. Em estudos climatológicos, os sensores eletrônicos permitem a obtenção de variáveis do clima praticamente em tempo real e a tomada de decisões com relação ao manejo de irrigação, à aplicação de defensivos, ao risco de incêndios, à previsão de geadas, à ocorrência de pragas e de doenças, à classificação climática, ao zoneamento agrícola, dentre outras aplicações (SOUZA et al, 2003).

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da Área de Estudo

Definiu-se a área de estudo na região nordeste do país, no agreste do estado de Sergipe, o perímetro Irrigado Poção da Ribeira, com seu manancial fornecedor de água, a barragem da Ribeira. Este perímetro encontra-se a cerca de 56 km de Aracaju e a 13 km de Itabaiana (figura 02) e localiza-se a uma latitude 10°41'06" Sul e a uma longitude 37°25'31" Oeste, estando a uma altitude de 188 metros. É a quarta cidade de Sergipe em importância sócioeconômica atrás da capital Aracaju, São Cristóvão e Nossa Senhora do Socorro, as quais fazem parte da grande Aracaju e ocupa uma área de 338,4 Km² do agreste Sergipano (COHIDRO, 2016).

Figura 02 - Localização do município de Itabaiana –SE.

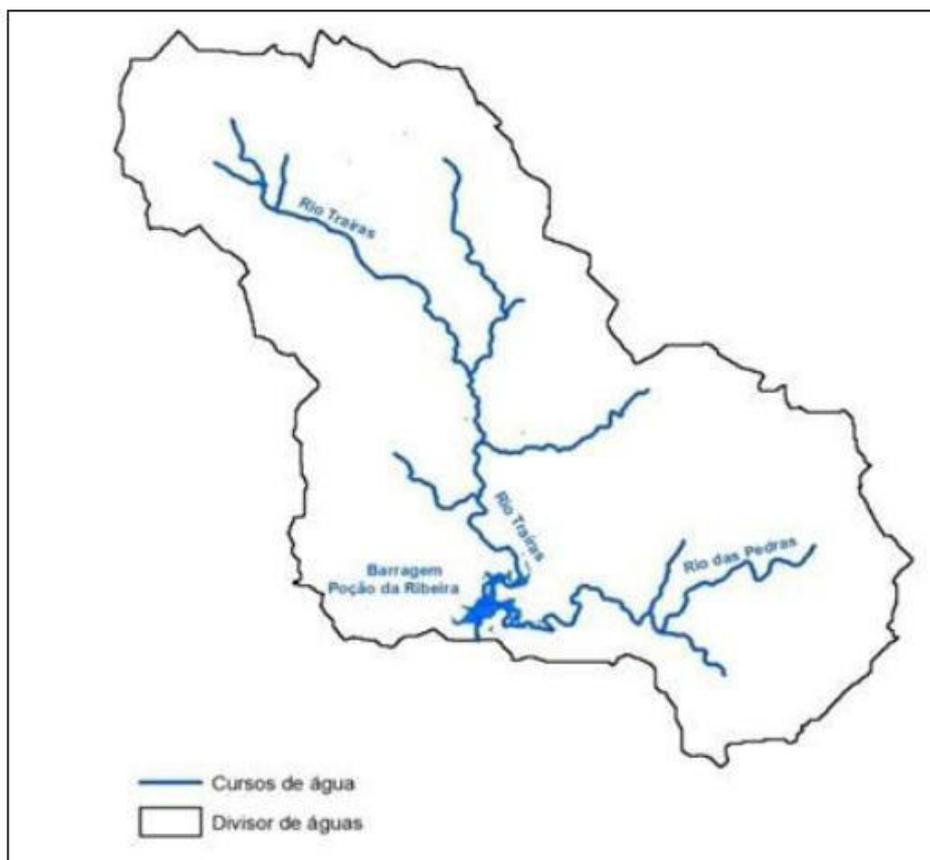


Fonte: Santos (2013)

Para Lopes e Mota (1997) o perímetro irrigado de Poção da Ribeira está localizado em uma área que é historicamente indicada pela presença de um elevado número de propriedade com tamanho médio de 4 a 5 hectares. Para os autores, Itabaiana é uma das cidades que melhor representam a relação do homem campo-cidade. Itabaiana caracteriza-se pela predominância de minifúndios onde desenvolvem uma policultura, com atenção destacada para os seguintes cultivos: feijão, amendoim, milho, mandioca e hortaliças (batata-doce, coentro, tomate, pimentão, cenoura, cebolinha, etc.). O perímetro é composto pelos povoados Cajaíba, Dendezeiro, Forno, Gandu I, Gandu II, Lagoa do Forno, Mangabeira, Mangueira, Rio das Pedras, São José e Várzea da Cancela, localizados no município de Itabaiana. (COHIDRO, 2011)

Segundo informações da COHIDRO (2016), o Perímetro Irrigado Poção da Ribeira possui área de 1.970 hectares, sendo 1.100 deles irrigáveis, divididos em 466 lotes irrigados cujas áreas individuais não superam cinco hectares de área. O método predominante de irrigação é a irrigação localizada por meio da microaspersão. A área do perímetro está localizada dentro da bacia do rio Traíras (figura 03), afluente pela margem esquerda do rio Vaza Barris, e seus tributários. Sua bacia possui uma área de 195,34 km², e se encontra no município de Itabaiana. Como principais contribuintes, pode –se citar o rio das Pedras. No decorrer da bacia é possível encontrar pastagem e a agricultura irrigada destaca-se no perímetro irrigado de Poção da Ribeira que é abastecido pela barragem da Ribeira.

Figura 03 - Mapa hidrológico da bacia hidrográfica do rio Traíras



Fonte: Atlas digital, 2011.

O projeto de irrigação Poção da Ribeira é composto por uma barragem de terra, também conhecida como barragem da Ribeira. Esta barragem foi construída através do barramento dos rios das Pedras e Traíras, com 26 m de altura e 800 m de comprimento. Possui um reservatório de acumulação de 16.500.000 m³ de água e de uma vazão de 3.456 m³ h⁻¹, formando um reservatório de acumulação por aspersão, que atinge 1.100 ha de área irrigável. (SERGIPE, 2000).

Segundo dados da COHIDRO (2016), no PIPR predominam as culturas de alface, amendoim, batata doce, cebolinha, coentro, pimentão, tomate, dentre outros. Apesar do sistema de irrigação predominante ser o de microaspersão, é possível encontrar aspersão convencional. Toda a administração e serviços assistência técnica agrônômica, além de serviços de manutenção e operação do perímetro irrigado Poção da Ribeira são de total responsabilidade da Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe (COHIDRO). Os sistemas de adução são constituídos por duas estações de

bombeamento (EB – 01 e EB-02), duas adutoras de recalque, duas caixas de passagem (CP – 01 e CP- 02) como são representados na figura 04.

Figura 04 - Estações de bombeamento e adutoras de recalque



Fonte: O próprio autor

No ano de 1987 a barragem da Ribeira foi construída no rio Traíras entre os municípios de Campo do Brito e Itabaiana, com a intenção de ajudar a implementação do perímetro irrigado Poção da Ribeira e promover o desenvolvimento da agricultura irrigada do local. A partir do ano de 1998, a Companhia de Saneamento de Água de Sergipe (DESO) iniciou a operação de captação de água na barragem para fins de abastecimentos humanos. (COHIDRO, 2011)

4.2 Procedimentos Metodológicos

Para avaliar e determinar a eficiência de aplicação de água e o uso de água dos sistemas de irrigação do perímetro irrigado de Poção da Ribeira, foram feitas coletas e

análises durante os meses de agosto, setembro e outubro de 2016, em 12 (doze) lotes do perímetro.

Os métodos de escolha para análise de coleta dos lotes ficaram por conta da aceitação dos agricultores no trabalho a ser desenvolvido e por diferentes regiões do perímetro. Com o intuito de coletar em lotes com naturezas distintas, isto é, declividade do terreno (cota topográfica), distância para as estações de bombeamento, características hidráulicas e tamanho do lote, os lotes selecionados ficaram próximos à barragem, adutoras, a COHIDRO e a pista da BR-235. Visando, deste modo, descobrir, comparar e diferenciar o volume de água recebida por cada agricultor, a vazão dos microaspersores e como essa água é distribuída e aplicada, averiguando se a quantidade de água supriu a demanda hídrica das culturas. Na tabela 02 é possível visualizar um resumo dos doze lotes coletados e suas características.

Tabela 02 – Características dos lotes do Perímetro Irrigado de Poção da Ribeira (PIPR).

Nº do lote	Nome Agricultor	Povoado	Área (m²)	Coordenadas Geográficas (Latitude e Longitude)	Dia da Coleta	Comércio do Agricultor
427	João Fernandes dos Santos	São José	2600	10°46'45'' S 37° 24'39'' W	08/08/2016	Salvador, Itabaiana e Aracaju
367	Airton Bispo	Cajaíba	14018	10°48'6'' S 37°25'5''W	05/09/2016	Feira de Santana - BA
318	José Tavares De Jesus	Cajaíba	13800	10°48'45'' S 37° 25' 4''W	13/09/2016	Salvador
141	José Augusto Dias	São José	23000	10°46'4'' S 37°23'20''W	21,09/2016	Salvador e Aracaju
86	Gilberto Mesquita dos Santos	São José	13600	10°46'32''S 37°24'32''	23/09/16	Salvador, Carira-SE

92	Edmilson da Silva Santos	São José	16400	10°46'4'' S 37°23'21'' W	30/09/2016	Salvador
337	Alessandro Barbosa de Menezes	Várzea da Canela	-----	10°47'57'' S 37°26'29'' W	07/10/2016	Feira de Santana-BA
426	José Tavares Xavier	São José	10000	10°47'8'' S 37°24'46'' W	10/10/2016	Itabaiana
167	José Chagas	São José	-----	10°46'37'' S 37°24'37'' W	12/10/2016	Itabaiana
125	Eliana Santos Ferreira	Várzea da Canela	8500	10°47'54'' S 37°26'26'' W	14/10/2016	Bahia
198	Josia Tavares	Lagoa do Forno	11700	10°45'30'' S 37°23'56'' W	17//10/2016	Sergipe
286	Cícero Gois	São José	5500	10°46'4'' S 37°23'20'' W	19/10/2016	Bahia

Fonte: O próprio autor.

A irrigação no perímetro é dividida em turnos (manhã e tarde) e grupos, chamados de T1 e T2. Cada lote recebe em torno de quatro horas de água por dia e cabe ao agricultor dividir, com o auxílio de ramais, a água e o tempo que cada cultura foi irrigada. Quando o grupo T1 recebia água pela manhã, no dia seguinte a água era fornecida à tarde. Já o grupo T2 ao receber a água pela tarde, no dia seguinte a água chegava pela manhã. Ao fim das quatro horas os ramais eram trocados, para beneficiar o outro grupo, ou desligados para a irrigação do dia seguinte. Entretanto, foi possível observar em diversos lotes a presença de tanques e poços artesanais. Segundo os agricultores, a quantidade de água e o tempo que são disponibilizados não são suficientes para conseguir suprir a demanda hídrica de todas as culturas, principalmente em lotes grandes onde existe uma grande variedade e exige mais tempo de irrigação.

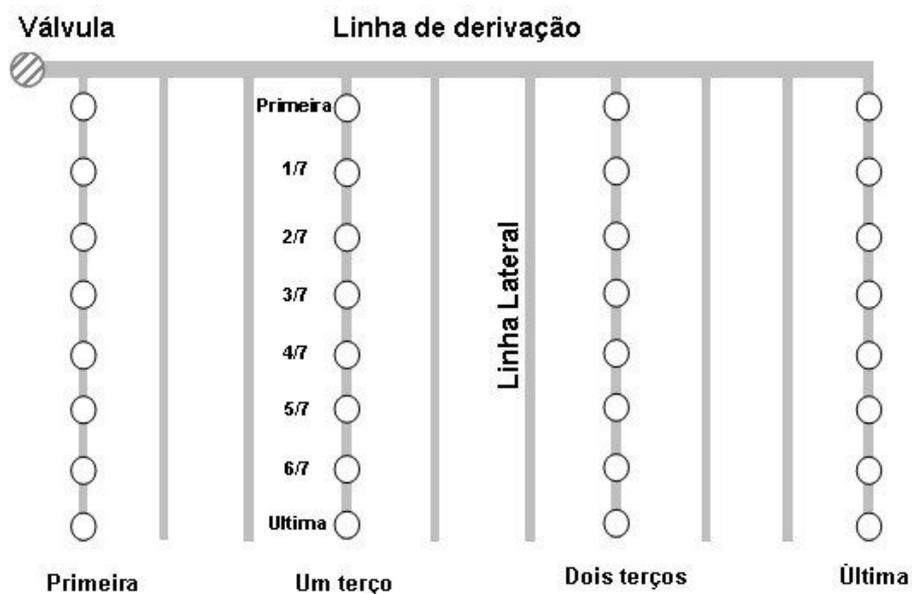
A metodologia aplicada para o presente estudo foi dividida em dois tópicos: eficiência de aplicação da água e eficiência do uso da água.

4.3 Eficiência de aplicação da água

A microaspersão, apesar de ser um sistema localizado, possui características hidráulicas e de operação semelhantes as do sistema de aspersão convencional. Desta maneira, segundo CONCEIÇÃO (2002), pode-se utilizar a mesma metodologia para determinar a eficiência de aplicação de água em ambos os sistemas.

Foram feitas coletas de água em diversos emissores, quatro por linha lateral, para descobrir a vazão real de cada um deles. Utilizou-se a metodologia de KELLER & KARMELI (1974), com modificação proposta por DENÍCULI et al. (1980) e apresentada por MANTOVANI et al. (2009), para avaliar a uniformidade de aplicação de água do projeto de irrigação localizada por microaspersão. Essa metodologia consiste na coleta de vazões de oito emissores em quatro linhas laterais, ou seja, a primeira lateral, a linha lateral situada a $1/3$ da origem, a situada a $2/3$ e a última linha lateral de cada unidade operacional do projeto de irrigação em estudo. Em cada uma das linhas laterais são selecionados oito emissores (o primeiro emissor, o situado a $1/7$, $2/7$, $3/7$, $4/7$, $5/7$, $6/7$ do comprimento da linha lateral e o último emissor), conforme ilustrado na Figura 05.

Figura 05 - Esquema de seleção de pontos de coleta no sistema de irrigação por microaspersão.



Fonte: Mantovani et al (2009)

Foram distribuídos seis coletores plásticos, baldes, nos emissores (figura 06) que permaneceram ali por um tempo de três minutos, tempo suficiente para não atrapalhar a irrigação do agricultor.

Figura 06 - Coletores plásticos em seus respectivos emissores.



Fonte: O próprio autor

Com o auxílio de um cronômetro digital, coletores plásticos e uma proveta graduada de 500 ml foi possível medir os volumes (em ml) e em seguida descobrir as vazões dos emissores. As medições das vazões foram feitas em quatro emissores no total de cada linha lateral, não seguindo os oito descritos por Keller & Karmeli (1974), por conta dos lotes dividirem as culturas em setores, não haveria tempo de coletar em oito emissores por linha lateral de cada setor. O tempo total de irrigação do agricultor é dividido pelo número de setores presentes no lote.

A uniformidade de aplicação de água foi estimada, utilizando-se a vazão de cada emissor avaliado, em função do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), do Coeficiente de Uniformidade de Emissão (CUE), do Coeficiente de Uniformidade de Emissão Absoluta (CUEa) e do Coeficiente de Uniformidade Estatística (Us), determinados pelas equações 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente descritas por BERNARDO et al (2006) e MANTOVANI et al. (2009)

$$CUC = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_m|}{n \cdot q_m} \right] \cdot 100 \quad (1)$$

onde:

CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, em %;

q_i = Vazão de cada emissor, L h⁻¹;

q_m = Vazão média dos emissores, L h⁻¹; e

n = Número de emissores

O coeficiente de Uniformidade de Christiansen ainda pode ser obtido pela relação de TARJUELO MARTÍN-BENITO (1995) :

$$CUC = 100 - 0,63 (100 - CUE) \quad (2)$$

onde:

CUE = Coeficiente de Uniformidade de Emissão %

$$CUE = \left[\frac{q_{25\%}}{q_m} \right] \cdot 100 \quad (3)$$

onde:

CUE = Coeficiente de Uniformidade de Emissão, em %;

$q_{25\%}$ = Média de 25% dos menores valores de vazões observadas, L h⁻¹; e

Q_m = Média de todas as vazões coletadas, L h⁻¹.

$$CUEa = \left[\frac{\frac{q_{25\%}}{q_m} + \frac{q_m}{q_x}}{2} \right] \cdot 100 \quad (4)$$

Onde:

$q_{25\%}$ = Média de 25 % das vazões, com menores valores, L h⁻¹;

q_m = Vazão média, considerando todos os coletores, $L h^{-1}$; e

q_x = Média das 12,5 % maiores vazões observadas, $L h^{-1}$.

$$U_s = 100 (1 - CV_q) = 100 \left(1 - \frac{S_q}{\bar{q}} \right)$$

(5)

onde:

U_s : Coeficiente de Uniformidade Estática;

CV_q : Coeficiente de variação da vazão do emissor;

S_q : Desvio padrão da vazão do emissor;

q : Vazão média do emissor.

A classificação dos valores de desempenho do sistema de irrigação pelos coeficientes de uniformidade (CUC, CUE, CUEa e U_s) se baseou na metodologia apresentada por Mantovani (2006) que está apresentada na Tabela 03.

Tabela 03 - Classificação dos valores do desempenho de sistemas de irrigação localizada em função do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), do Coeficiente de Uniformidade de Emissão (CUE), do Coeficiente de Uniformidade de Emissão Absoluta (CUEa) e do Coeficiente de Uniformidade Estatística (U_s).

CLASSE	CUC (%)	CUE (%)	CUEa (%)	(U_s) (%)
Excelente	> 90	>84	> 90	> 90
Bom	80 - 90	68 - 84	80 - 90	80 - 90
Razoável	70 - 80	52 - 68	70 - 80	70 - 80
Ruim	60 - 70	36 - 52	< 70	60 - 70
Inaceitável	< 60	<36	-	< 60

Fonte: Mantovani (2006)

Após encontrar os valores dos coeficientes de uniformidade, determinou-se a avaliação do desempenho de irrigação para sistemas por microaspersão. Para isso estimou-se a eficiência de aplicação (E_a), a eficiência em potencial de aplicação de água (E_{Pa}), a eficiência de distribuição para área adequadamente irrigada de projeto (E_{Dad}) e a eficiência de irrigação para área adequadamente irrigada de projeto (E_{ipad})

A eficiência de aplicação (Ea) e a eficiência de aplicação potencial (EPa) são dois parâmetros de suma importância para analisar qualquer sistema de irrigação. Elas são representadas segundo equações (6 e 7) apresentadas por BERNARDO (2006) :

$$Ea = K_s \cdot CUE \quad (6)$$

Onde:

Ea : Eficiência de Aplicação de água em %;

K_s : Coeficiente de transmissividade (Adotado como 90% para irrigação localizada);

CUE : Coeficiente de uniformidade de Emissão em %.

$$EPa = 100 * \frac{Lcol}{Lapl} \quad (7)$$

Onde:

EPa : Eficiência potencial de aplicação de água em %;

Lcol : Lâmina média coleta em mm; e

Lapl: Lâmina aplicada em mm.

Para o cálculo de Eficiência Potencial de Aplicação foi realizada uma estimativa da Lapl (equação 08). Normalmente, esse dado de lâmina bruta de projeto é calculado com o auxílio de contadores volumétricos presente nos lotes ou fornecido pelo órgão que administra o lote, no caso do PIPR, a COHIDRO. Todavia, a COHIDRO não possui esse dado e os lotes não apresentam contadores volumétricos.

Para que a Lapl fosse estimada, foi necessário conhecer a vazão que as estações de bombeamento fornecem para o perímetro, o tempo de funcionamento por turno, e a área total do perímetro.

$$Lapl = \frac{Q * T}{10 A} \quad (8)$$

Onde:

Lapl : Lâmina bruta aplicada, em mm;

Q : Vazão em $m^3 h^{-1}$;

T: Tempo de funcionamento da bomba em horas;

A : Área total do perímetro que recebe a vazão, em ha.

A eficiência de distribuição para área adequadamente irrigada de projeto (EDad) foi estimada, para uma condição projetada de manejo adequado do sistema, com a aplicação de uma lâmina de irrigação que permitisse atingir uma determinada porcentagem de área adequadamente irrigada preestabelecida. Seguindo a metodologia de KELLER e BLIESNER (2000), foi adotado um índice de 80% para área adequadamente irrigada, que considera possíveis perdas por arraste de vento e evaporação, e os valores da EDad foram obtidos pela equação 9 abaixo :

$$EDad = 100 + [606 - 24,9 Pad + 0,349Pad^2 - 0,00186Pad^3] * (1 - CUC 100^{-1}) \quad (9)$$

Onde:

EDad : eficiência de distribuição para área adequadamente irrigada em %;

Pad : Porcentagem de área adequadamente irrigada, %; e

CUC : Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, %

A eficiência de irrigação para área adequadamente irrigada de projeto (Eipad), foi estimada a partir do resultado dos valores de eficiência de distribuição para área adequadamente irrigada de projeto (EDad) e eficiência potencial de aplicação (EPa), apresentada na equação 10 abaixo:

$$Eipad = EDad * EPa * Ec \quad (10)$$

Onde:

EDad : Eficiência de distribuição para uma porcentagem de área adequadamente irrigada, decimal;

EPa : Porcentagem efetiva de água que alcança a superfície do solo, ou eficiência potencial de aplicação , em decimal; e

Ec : Eficiência de condução, decimal (valor adotado de 90%, aceito em literatura para casos em que não são conhecidos as perdas de condução do projeto).

4.4 Eficiência do uso da água

O teste dos coletores também foi útil para determinar se os produtores estão utilizando de maneira eficiente a água que lhe é disponibilizada para ser feita a irrigação. Apesar do sistema de irrigação localizada ter ótima eficiência, muitos produtores acabam irrigando a mais ou a menos as culturas por falta de conhecimento ou pela quantidade de água recebida. Com esta metodologia foi possível descobrir, em cada lote, se o produtor irrigou de maneira correta e cumpriu com a necessidade hídrica das culturas.

Com o auxílio da estação meteorológica do PIPR (figura 07) foi possível coletar os valores de pluviosidade (em milímetros), umidade relativa do ar (em porcentagem), velocidade do vento (em metros por segundo), insolação diária (por horas) e temperaturas máximas e mínimas (ambas em graus Celsius), dados estes que são fornecidos pela COHIDRO.

Figura 07 - Estação meteorológica no PIPR em Itabaiana-SE



Fonte: COHIDRO (2015)

A partir dos dados meteorológicos obtidos foi calculado, com o auxílio do software EToCalc criado por Allen (1998), a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método

padrão de Penman-Monteith, recomendado pela FAO 56, representado pela equação 11 abaixo:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \left(\frac{900U_2}{T + 237}\right)(e_a - e_s)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad [\text{mm/dia}^{-1}] \quad (11)$$

Onde:

Rn representa o saldo de radiação (MJ.m⁻² d⁻¹), G refere-se ao fluxo de calor no solo (MJ.m⁻² d⁻¹), T simboliza a temperatura média diária do ar (°C), U₂ representa a velocidade do vento média diária a dois metros de altura (m.s⁻¹), e_a refere-se à pressão atual de vapor média diária (kPa), e_s refere-se à pressão da saturação do vapor média diária (kPa), Δ simboliza a declividade da curva de pressão de vapor no ponto de temperatura média (kPa °C⁻¹), e γ representa o coeficiente psicrométrico (kPa °C⁻¹).

Os dados meteorológicos utilizados para o cálculo da evapotranspiração de referência são sempre do dia anterior à coleta.

Ao se obter o valor da evapotranspiração de referência, calculou-se a evapotranspiração da cultura (ET_c), representada pela equação 12:

$$KL \times ET_c = Kc * ET_o \quad [\text{mm dia}^{-1}] \quad (12)$$

Onde:

KL = Fator de localização igual a 1, quando não houver espaços secos nas faixas de irrigação das culturas;

ET_c = Evapotranspiração da cultura;

ET_o = Evapotranspiração de referência;

Kc = Coeficiente da cultura.

O valor do coeficiente da cultura varia de acordo com o tipo cultura e da fase (inicial, desenvolvimento, maturação e amadurecimento) em que ela se encontra. Esses dados são fornecidos por Allen et. al (1998). A cultura escolhida para esse cálculo dependerá de qual cultura o irrigante mais produz, fator este que irá variar de um lote para outro.

Ao final do cálculo da evapotranspiração da cultura, foi possível comparar a quantidade de água que é utilizada para a irrigação de uma cultura com a necessidade hídrica da própria cultura e obter o resultado final da eficiência do uso da água.

Para o cálculo de lâmina de água dos lotes, foi realizada uma média do volume total, em litros, de todos os emissores de cada setor de irrigação, dividido pela área. Percebeu-se que em todos os lotes, os espaçamentos entre aspersores e fileiras não respeitavam os padrões presentes em literatura para cálculo da área, eram muito curtos, ocorrendo que um aspersor molhava a área de irrigação de outro aspersor. Deste modo, não se calculou a área do setor multiplicando os espaçamentos. Foi considerada para o cálculo da área circular do aspersor a equação 13.

$$A = \pi(D/2)^2 \quad (13)$$

Onde:

A = área de um círculo, em m²

Π= proporção numérica de valor adotado 3,14

D= Diâmetro do círculo molhado do aspersor;

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Coletas de Vazões e Características dos Lotes

As principais culturas, horário de irrigação e tempo total de irrigação do lote 427, primeiro lote coletado, estão dispostas na tabela 04.

Tabela 04 - Culturas e tempo de irrigação do primeiro lote do Perímetro Irrigado de Poção da Ribeira (PIPR).

Cultura	Horário	Tempo Total
Coentro (oito dias) e Coentro (um mês)	11h: 20min às 12h e 14h às 15h	1 hora e 40 min
Alface (um mês)	11h 20 min às 12 h e 14h às 15h	1 hora e 40 min
Quiabo (um mês)	12h50 min às 14h	1h hora e 10 min

Fonte: O próprio autor.

A seguir, segue a tabela 05 com os volumes coletados dos emissores das três culturas e suas respectivas vazões.

Tabela 05 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em $l\ h^{-1}$ dos emissores do primeiro lote do PIPR.

Nº de emissores	Coentro		Alface		Quiabo	
	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)
1	3170	63,36	2950	58,68	2500	50,00
2	3885	77,76	2600	51,84	2550	51,01
3	2970	59,40	2960	59,04	2410	48,20
4	2880	57,60	2430	48,60	2660	53,21
5	2350	46,80	2890	57,60	2570	51,41
6	4020	80,28	2980	59,40	2350	47,02
7	2730	54,36	2990	59,76	2620	52,42
8	2950	59,04	3750	74,88	2420	48,38
9	2800	55,80	2850	56,88	1950	38,99
10	1470	29,52	3100	61,92	2460	49,21
11	2920	58,32	-	-	1700	33,98
12	2350	46,80	-	-	3390	67,79
13	2690	53,64	-	-	3180	63,61
14	2500	49,68	-	-	2470	49,39
15	2890	57,60	-	-	2550	51,01
16	2790	55,80	-	-	3360	67,21

Fonte: O próprio autor.

O maior e menor valor coletado de vazão foi, respectivamente, 80,28 l h⁻¹ e 29,52 l h⁻¹, ambos no setor do coentro.

A cultura, horário de irrigação e tempo total de irrigação do lote 367, segundo a ser coletado, estão dispostas na tabela 06.

Tabela 06 - Cultura e tempo de irrigação do segundo lote do PIPR.

Cultura (dias)	Horário	Tempo total
Batata Doce (8 dias)	11h10min às 12h 10min	1 hora
Batata Doce (33 dias)	12h10 min às 13h 10 min	1 hora
Batata Doce (45 dias)	13h10 min às 14: 10 min	1 hora
Batata Doce (60 dias)	14h10 min às 15 h	50 minutos

Fonte: O próprio autor.

A seguir, segue a tabela 07 com os volumes coletados dos emissores da cultura e suas respectivas vazões.

Tabela 07 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em l h⁻¹ dos emissores do segundo lote do PIPR.

Nº de emissores	BD(8)		BD(33)		BD(45)		BD(60)	
	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)
1	2630	52,60	2790	55,80	2680	53,60	2560	51,19
2	2450	49,00	2900	58,00	2650	53,00	3130	62,60
3	2510	50,18	3100	61,99	3165	63,30	2655	53,10
4	2520	50,40	2790	55,80	3350	67,00	2665	53,32
5	2610	52,20	2450	49,00	2760	55,20	1850	37,01
6	2640	52,81	2850	56,99	2660	53,20	2325	46,51
7	2630	52,60	2210	44,21	3625	72,50	2435	48,71
8	2510	50,18	2660	53,21	2770	55,40	2630	52,60
9	2800	56,02	2690	53,78	3170	63,40	2750	55,01
10	2530	50,62	2695	53,89	3070	61,40	2800	56,02
11	2620	52,42	2640	52,81	2975	59,50	2750	55,01
12	2440	48,82	2550	51,01	3265	65,30	2800	56,02
13	2370	47,41	2630	52,60	2865	57,30	3120	62,39
14	2480	49,61	2520	50,40	3100	62,00	2745	54,90
15	2650	52,99	2780	55,58	3290	65,80	2650	52,99
16	2050	41,00	2600	51,98	3070	61,40	3010	60,19

Fonte: O próprio autor.

O maior e menor valor coletado de vazão foi, respectivamente, 65,30 l h⁻¹ e 37,01 l h⁻¹.

A principal cultura, horário de irrigação e tempo total de irrigação do lote 318, o terceiro a ser coletado, estão dispostas na tabela 08.

Tabela 08 - Cultura e Tempo de irrigação do terceiro lote do PIPR.

Cultura	Horário	Tempo Total
Coentro (45 dias)	07h15min às 09h00minh	1 hora e 45 min
Coentro (30 dias)	9h às 11 h	2 horas

Fonte: O próprio autor.

A seguir, segue a tabela 09 com os volumes coletados dos emissores da cultura e suas respectivas vazões.

Tabela 09 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em $l\ h^{-1}$ dos emissores do terceiro lote do PIPR.

Nº de emissores	Coentro(30)		Coentro(45)	
	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)
1	2315	68,90	3445	46,30
2	2275	42,59	2130	45,50
3	2250	67,72	3385	45,00
4	2240	44,39	2220	44,78
5	2245	43,99	2200	44,89
6	2240	43,09	2155	44,78
7	2340	41,00	2050	46,80
8	2380	38,59	1930	47,59
9	2105	44,21	2210	42,08
10	2050	40,21	2010	41,00
11	1825	51,41	2570	36,50
12	2120	30,38	1520	42,41
13	2335	35,10	1755	46,69
14	2220	42,19	2110	44,39
15	2155	38,59	1930	43,09
16	2230	37,40	1870	44,60

Fonte: O próprio autor.

O maior e menor valor coletado de vazão foi, respectivamente, $46,30\ l\ h^{-1}$ e $42,41\ l\ h^{-1}$. As principais culturas, horário de irrigação e tempo total de irrigação do lote 141, quarto lote a ser coletado estão dispostas na tabela 10.

Tabela 10 - Culturas e tempo de irrigação do quarto lote do PIPR.

Cultura	Horário	Tempo Total
Coentro (15 dias)	11h10min às 11h40min e 13h40min às 14h	50 min
Alface (30 dias)	11h40min às 11h10min e 14h às 14h30min min	1 hora
Rúcula (15 dias)	11h40min às 11h10min e 14h às 14h30min min	1 hora
Batata Doce (60 dias)	12h10minhàs 13 h40min	1 hora e 30 min

Fonte: O próprio autor.

A seguir, segue a tabela 11 com os volumes coletados dos emissores das culturas e suas respectivas vazões.

Tabela 11 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em l h⁻¹ dos emissores do quarto lote do PIPR.

Nº de emissores	Coentro		Alf/Ruc		Batata Doce	
	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)
1	2825	56,48	2550	50,98	3650	73,01
2	2260	45,22	2615	52,27	3700	74,02
3	2645	52,88	2415	48,28	3425	68,51
4	2230	44,60	2450	49,00	3045	60,91
5	3200	64,01	2680	53,57	2570	51,41
6	3695	73,91	2850	56,99	2640	52,81
7	-	-	-	-	3810	76,21
8	-	-	-	-	3650	73,01
9	-	-	-	-	2350	47,02
10	-	-	-	-	2250	45,00
11	-	-	-	-	2450	49,00
12	-	-	-	-	2330	46,58
13	-	-	-	-	2730	54,61
14	-	-	-	-	2660	53,21
15	-	-	-	-	2820	56,41
16	-	-	-	-	2475	49,50

Fonte: O próprio autor.

A coleta foi realizada com poucas amostras na maioria das culturas, por conta da grande variedade e o pouco tempo disponível. Além disso, a alface e a rúcula foram coletadas

juntas por estar no mesmo setor. O maior e menor valor coletado de vazão foi, respectivamente, 76,21 l h⁻¹ e 45 l h⁻¹, ambos na batata doce.

As principais culturas, horário de irrigação e tempo total de irrigação do lote 86, quinto a ser coletado, estão dispostas na tabela 12.

Tabela 12 - Culturas e tempo de irrigação do quinto lote do PIPR.

Cultura	Horário	Tempo Total
Coentro (60 dias)	8h: 10min às 09h: 40min	1 hora e 30 minutos
Alface (60 dias)	8h: 10min às 08h40min min e 10h: 40min às 11h	50 minutos
Batata Doce (40 dias)	9h40min às 10h 40 min	1 hora

Fonte: O próprio autor.

A seguir, segue a tabela 13 com os volumes coletados dos emissores das culturas e suas respectivas vazões.

Tabela 13 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em l h⁻¹ dos emissores do quinto lote do PIPR.

Nº de emissores	Coentro		Alface		Batata Doce	
	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)
1	2465	49,28	3100	61,99	2100	42,0
2	2480	49,61	2250	45,00	2600	52,0
3	2440	48,82	2590	51,80	2450	49,0
4	2560	51,19	2870	57,38	2100	42,0
5	2100	42,01	2930	58,61	2350	47,0
6	2780	55,58	3255	65,09	2390	47,8
7	2350	47,02	3150	63,00	2250	45,0
8	2740	54,79	2930	58,61	2500	50,0
9	2310	46,19	2740	54,79	3200	64,0
10	2125	42,52	2980	59,62	2200	44,0
11	2050	41,00	-	-	2650	53,0
12	2855	57,10	-	-	2810	56,2
13	2670	53,39	-	-	2730	54,6
14	2225	44,50	-	-	2550	51,0
15	2295	45,90	-	-	2800	56,0
16	3055	61,09	-	-	2450	49,0

Fonte: O próprio autor.

A coleta seguiu em ritmo acelerado e com certa dificuldade pelo terreno do lote e área de trabalho. O maior e menor valor coletados de vazão foram, respectivamente, 64 l h⁻¹ e 41 l h⁻¹.

As principais culturas, horário de irrigação e tempo total de irrigação do lote 92, o sexto a ser coletado, estão dispostas na tabela 14.

Tabela 14 - Culturas e tempo de irrigação do sexto lote do PIPR.

Cultura	Horário	Tempo Total
Coentro (15 dias)	11h40 min às 12h30min min	50 minutos
Rúcula (40 dias)	11h 10 min às 11h40min	30 minutos
Batata Doce (60 dias)	12h: 30 min às 14h30min min	2 horas

Fonte: O próprio autor.

A seguir, segue a tabela 15 com os volumes coletados dos emissores das culturas e suas respectivas vazões.

Tabela 15 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em l h⁻¹ dos emissores do sexto lote do PIPR.

Nº de emissores	Coentro		Rúcula		Batata Doce	
	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)
1	1640	32,8	1800	36,0	1810	36,2
2	1580	31,6	1550	31,0	2125	42,5
3	1710	34,2	2050	41,0	2145	42,9
4	1840	36,8	1970	39,4	2050	41,0
5	1745	34,9	1930	38,6	1875	37,5
6	1785	35,7	1840	36,8	2230	44,6
7	1600	32,0	1950	39,0	2410	48,2
8	1625	32,5	2050	41,0	2135	42,7
9	1485	29,7	2100	42,0	2205	44,1
10	1425	28,5	1845	36,9	2235	44,7
11	1550	31,0	1650	33,0	2055	41,1
12	1620	32,4	1950	39,0	2250	45,0
13	1435	28,7	-	-	1975	39,5
14	1575	31,5	-	-	1845	36,9
15	1635	32,7	-	-	2105	42,1
16	1455	29,1	-	-	2075	41,5

Fonte: O próprio autor.

O lote não operou mais a partir das 14h30min. Foi possível perceber a presença de tanque no lote, no qual o agricultor abastece com a água que recebe para a irrigação, fator este, que também explica as pequenas quantidades de água que foram coletas nos microaspersores. O maior e menor valor coletado de vazão foi, respectivamente $48,2 \text{ l h}^{-1}$ e $28,5 \text{ l h}^{-1}$.

As principais culturas, horário de irrigação e tempo total de irrigação do lote 337, o sétimo a ser coletado, estão dispostas na tabela 16.

Tabela 16 - Culturas e tempo de irrigação do sétimo lote do PIPR.

Cultura	Horário	Tempo Total
Batata doce (40 dias)	8h20min às 8h: 40min	20 minutos
Batata Doce (15 dias)	8h40min às 9h: 10min	30 minutos
Amendoim (30 dias)	09h10min às 10h	50 minutos

Fonte: O próprio autor.

A seguir, segue a tabela 17 com os volumes coletados dos emissores das culturas e suas respectivas vazões.

Tabela 17 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em l h^{-1} dos emissores do sétimo lote do PIPR.

Nº de emissores	BD(5)		BD(2)		Amendoim	
	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)
1	1850	37,0	3135	62,7	2850	57,0
2	1880	37,6	3340	66,8	3110	62,2
3	1450	29,0	3520	70,4	3420	68,4
4	2380	47,6	3450	69,0	2895	57,9
5	2450	49,0	3630	72,6	3400	68,0
6	2500	50,0	3530	70,6	2880	57,6
7	2190	43,8	3550	71,0	2300	46,0
8	2260	45,2	3305	66,1	2450	49,0
9	2255	45,1	3385	67,7	2365	47,3
10	2245	44,9	3185	63,7	2255	45,1
11	2350	47,0	-	-	2435	48,7
12	2295	45,9	-	-	2385	47,7

Fonte: O próprio autor.

A coleta seguiu em ritmo normal e o agricultor não utilizou todo tempo que tinha disponível para irrigar as culturas. Por cerca de 1 hora e 50 minutos, o agricultor molhou

terras em que faria plantio no decorrer da semana. O maior e menor valor coletado de vazão foi, respectivamente $72,6 \text{ l h}^{-1}$ e 29 l h^{-1} .

As principais culturas, horário de irrigação e tempo total de irrigação do lote 426, o oitavo a ser coletado, estão dispostas na tabela 18.

Tabela 18 - Culturas e tempo de irrigação do oitavo lote do PIPR.

Cultura	Horário	Tempo Total
Coentro (20 dias)	11h40min às 12h e 40 min	1 hora
Batata Doce (60 dias)	12h40 min às 13h e 40 min	1 hora

Fonte: O próprio autor.

A seguir, segue a tabela 19 com os volumes coletados dos emissores das culturas e suas respectivas vazões.

Tabela 19 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em l h^{-1} dos emissores do oitavo lote do PIPR.

Nº de emissores	Coentro		BatataDoce	
	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)
1	1700	34,0	2255	45,1
2	2050	41,0	1650	33,0
3	1765	35,3	1400	28,0
4	2125	42,5	1650	33,0
5	1570	31,4	1625	32,5
6	2580	51,6	2450	49,0
7	1480	29,6	1420	28,4
8	2055	41,1	1830	36,6
9	1635	32,7	2080	41,6
10	1645	32,9	1985	39,7
11	1550	31,0	1555	31,1
12	1430	28,6	1430	28,6
13	1725	34,5	1850	37,0
14	1825	36,5	1935	38,7
15	1785	35,7	1740	34,8
16	1825	36,5	1925	38,5

Fonte: O próprio autor.

O Agricultor desligou o ramal da irrigação as 13h 40 min por conta de já ter irrigado o suficiente, em sua visão. Aproveitou o resto do tempo de fornecimento da água para outros fins. O maior e menor valor coletado de vazão foi, respectivamente, 51,6 l h⁻¹ e 28,4l h⁻¹.

As principais culturas, horário de irrigação e tempo total de irrigação do lote 167, o nono a ser coletado, estão dispostas na tabela 20.

Tabela 20 - Culturas e tempo de irrigação do nono lote do PIPR.

Cultura	Horário	Tempo Total
Repolho (120 dias)	7h50min às 9h	1 hora e 10 min
Batata Doce (60 dias)	09hàs 10h e 20 min	1 hora e 20 min
Coentro (60 dias)	10h20min às 11h	40 min

Fonte: O próprio autor.

A seguir, segue a tabela 21 com os volumes coletados dos emissores das culturas e suas respectivas vazões.

Tabela 21 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em l h⁻¹ dos emissores do nono lote do PIPR.

Nº de emissores	Repolho		Batata Doce		Coentro	
	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)
1	2950	59,0	2050	41,0	3125	62,5
2	4050	81,0	2435	48,7	2760	55,2
3	2550	51,0	2095	41,9	3085	61,7
4	2325	46,5	2825	56,5	2825	56,5
5	2250	45,0	2500	50,0	-	-
6	2750	55,0	3330	66,6	-	-
7	2855	57,1	3920	78,4	-	-
8	2880	57,6	2995	59,9	-	-
9	3360	67,2	2980	59,6	-	-
10	2855	57,1	2450	49,0	-	-
11	2655	53,1	2300	46,0	-	-
12	2795	55,9	2525	50,5	-	-
13	2620	52,4	2400	48,0	-	-
14	3160	63,2	2860	57,2	-	-
15	3290	65,8	2240	44,8	-	-
16	3095	61,9	3265	65,3	-	-

Fonte: O próprio autor.

O Agricultor começou a irrigação mais tarde por acreditar que não havia a necessidade de começar no horário normal. Também desligou o ramal antes de faltar água, visando

economizar água para os próximos irrigantes. O maior e menor valor coletado de vazão foi, respectivamente, 81 l h^{-1} e 41 l h^{-1} .

As principais culturas, horário de irrigação e tempo total de irrigação do lote 125, o décimo a ser feito a coleta, estão dispostas na tabela 22.

Tabela 22 - Culturas e tempo de irrigação do décimo lote do PIPR.

Cultura	Horário	Tempo Total
Batata Doce (40 dias)	11h30min às 13h	1 hora e 30 min
Batata Doce (60 dias)	13h às 15h	2 horas

Fonte: O próprio autor.

A seguir, segue a tabela 23 com os volumes coletados dos emissores das culturas e suas respectivas vazões.

Tabela 23 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em l h^{-1} dos emissores do décimo lote do PIPR.

Nº de emissores	BD(40)		BD(60)	
	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)
1	3050	61,0	3180	63,6
2	2875	57,5	2580	51,6
3	2400	48,0	2780	55,6
4	3055	61,1	3520	70,4
5	2835	56,7	3220	64,4
6	2650	53,0	2960	59,2
7	2450	49,0	2885	57,7
8	2345	46,9	3055	61,1
9	2420	48,4	3140	62,8
10	2600	52,0	2780	55,6
11	2435	48,7	2245	44,9
12	2210	44,2	2870	57,4
13	2230	44,6	3055	61,1
14	2780	55,6	2690	53,8
15	2640	52,8	2520	50,4
16	2625	52,5	2650	53,0

Fonte: O próprio autor.

A agricultora encerrou a irrigação um pouco mais cedo, mas abasteceu todo seu lote. O maior e menor valor encontrado de vazão foi, respectivamente, $70,4 \text{ l h}^{-1}$ e $44,2 \text{ l h}^{-1}$.

As principais culturas, horário de irrigação e tempo total de irrigação do lote 198,o décimo primeiro a ser coletado, estão dispostas na tabela 24.

Tabela 24 - Culturas e tempo de irrigação do décimo primeiro lote do PIPR.

Cultura	Horário	Tempo Total
Alface (35dias)	09h30 min às 10h00	30 minutos
Coentro (21 dias)	10h00 min as 10h 30 min	30 minutos.

Fonte: O próprio autor.

A seguir, segue a tabela 25 com os volumes coletados dos emissores das culturas e suas respectivas vazões.

Tabela 25 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em $l\ h^{-1}$ dos emissores do décimo lote do PIPR.

Nº de emissores	Alface		Coentro	
	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)
1	2335	46,7	1240	24,8
2	2470	49,4	1455	29,1
3	2730	54,6	1200	24,0
4	2250	45,0	1420	28,4
5	2435	48,7	2420	48,4
6	2620	52,4	1555	31,1
7	2345	46,9	1380	27,6
8	2520	50,4	1730	34,6
9	2810	56,2	1440	28,8

Fonte: O próprio autor.

No dia da coleta, praticamente todo o lote estava em colheita, por esse motivo só foi irrigado uma parte do lote (alface e coentro), além da água ter demorado a chegar para a irrigação. O lote possui aproximadamente quinze caixas d'água, além de poço artesiano. Em dias normais, são irrigados apenas quinze minutos por setor com a água que é disponibilizada pela COHIDRO, e para suprir a demanda hídrica das culturas são utilizadas as caixa d'água. O maior e menor valor encontrado de vazão foi, respectivamente, $56,2\ l\ h^{-1}$ e $24,8\ l\ h^{-1}$.

As principais culturas, horário de irrigação e tempo total de irrigação do lote 286, o décimo segundo a ser coletado, estão dispostas na tabela 26.

Tabela 26 - Tempo de irrigação das culturas do décimo segundo lote do PIPR.

Cultura	Horário	Tempo Total
Salsa (60 dias)	11h30min às 13h	1 hora e 30 min
Rúcula (60 dias)	13h às 14h30min	1 hora e 30 min

Fonte: O próprio autor.

A seguir, segue a tabela 27 com os volumes coletados dos emissores das culturas e suas respectivas vazões.

Tabela 27 - Volumes (V) em ml e Vazões (Q) em l h⁻¹ dos emissores do décimo segundo lote do PIPR.

Nº de emissores	Salsa		Rúcula	
	V(ml)	Q(l/h)	V(ml)	Q(l/h)
1	2305	46,1	2100	42,0
2	2300	46,0	2350	47,0
3	2000	40,0	2420	48,4
4	1980	39,6	2630	52,6
5	1480	29,6	2125	42,5
6	2290	45,8	2340	46,8
7	2225	44,5	1850	37,0
8	1750	35,0	2385	47,7
9	1970	39,4	2485	49,7
10	2100	42,0	2250	45,0
11	2375	47,5	2150	43,0
12	1935	38,7	2135	42,7
13	1880	37,6	2210	44,2
14	2125	42,5	2455	49,1
15	1640	32,8	2175	43,5
16	1860	37,2	1985	39,7

Fonte: O próprio autor.

O maior e menor valor encontrado de vazão foi, respectivamente, 52,6 l h⁻¹ e 29,6 l h⁻¹.

Além das coletas de água dos microaspersores, também foram medidos, em metros (m), os espaçamentos dos principais componentes do lote. Os dados medidos estão representados na tabela 28 abaixo.

Tabela 28 - Espaçamentos de cada lote do PIPR, onde espaçamento de aspersores (Eas), espaçamento de uma planta a outra (Ep) e também o espaçamento entre as fileiras (Ef).

Lote	Cultura	Eas(m)	Ep(m)	Ef(m)
1	Coentro	3,2	0,2	0,4
1	Alface	3,2	0,25	0,5
1	Quiabo	3,2	0,5	0,5
2	Batata D	3,2	0,55	0,55
3	Coentro	2,8	0,26	0,48
4	Coentro	3,1	0,27	0,45
4	Alf/Ruc	3,1	0,4	0,44
4	Batata D	2,8	0,58	0,5
5	Coentro	3	0,27	0,41
5	Alface	2,5	0,35	0,4
5	Batata D	2,52	0,45	0,4
6	Coentro	2,3	0,2	0,4
6	Rúcula	2,45	0,32	0,43
6	Batata D	2,4	0,5	0,6
7	Batata D	2,1	0,42	0,55
7	Amendoim	2,2	0,5	0,45
8	Coentro	1,8	0,28	0,4
8	Batata D	2,25	0,5	0,4
9	Repolho	1,8	0,6	0,5
9	Batata D	2,02	0,4	0,3
9	Coentro	1,9	0,34	0,38
10	Batata D	2,58	0,44	0,6
11	Alface	2,45	0,3	0,3
11	Coentro	2,3	0,2	0,25
12	Salsa	2	0,4	0,25
12	Rúcula	2,95	0,25	0,33

Fonte: O próprio autor

Os dados de espaçamento foram úteis para os cálculos de eficiência de aplicação da água e também para comparação entre o que foi irrigado com a real necessidade de irrigação para uso da água.

5.2 Eficiência de Aplicação da Água

Os valores dos coeficientes de uniformidade para determinar o o desempenho do sistema de irrigação são apresentados seguindo a classificação de Mantovani (2006) na tabela 29 abaixo, assim como os coeficientes dos demais lotes.

Tabela 29 - Classificação dos valores de desempenho de sistemas irrigados dos doze lotes do PIPR de acordo com Mantovani (2006), onde E = Excelente, B = Bom, R = Razoável, RU= Ruim e I = Inaceitável

Lote	Cultura	CUC	CUE	Clas.	CUEa	Clas.	US	Clas.
1	Coentro	85,06	76,29	B	73,97	R	79,29	R
1	Alface	93,12	89,09	E	83,85	B	88,29	B
1	Quiabo	91,38	86,33	E	81,26	B	82,77	B
2	Batata	96,51	94,46	E	85,95	B	93,47	E
3	Coentro	90,95	85,64	E	79,71	R	85,73	B
4	Coentro	87,35	79,93	B	77,97	R	79,85	R
4	Alf/Ruc	96,09	93,8	E	92,39	E	93,82	E
4	Batata	87,75	80,57	B	79,03	R	80,98	B
5	Coentro	91,23	86,08	E	84,81	B	88,21	B
5	Alface	92,63	87,73	E	88,1	B	89,79	B
5	Batata	91,29	86,19	E	84,83	B	88,37	B
6	Coentro	93,83	90,22	E	89,44	B	92,39	E
6	Rúcula	93,98	90,45	E	90,78	E	91,31	E
6	Batata	93,4	89,53	E	89,73	B	92,31	E
7	Batata	82,58	72,35	B	74,51	R	75,44	R
7	Amendoim	90,24	84,51	E	82,15	B	84,52	B
8	Coentro	91,86	87,09	E	86,53	B	83,83	B
8	Batata	87,8	80,65	B	78,56	R	83,26	B
9	Repolh	90,44	84,84	E	81,59	B	84,99	B
9	Batata	87,68	80,45	B	77,44	R	81,18	B
9	Coentro	95,95	93,58	E	93,97	E	93,79	E
10	Batata	93,31	89,39	E	86,53	B	88,11	B
11	Alface	95,15	92,31	E	90,67	E	92,48	B
11	Coentro	90,64	85,15	E	74,34	R	76,17	R
12	Salsa	94,2	90,8	E	88,42	B	87,28	B
12	Rúcula	93,33	89,42	E	89,02	B	91,08	E

Fonte: O próprio autor.

Os valores de coeficientes de uniformidade foram classificados individualmente na tabela 29, entretanto, considerando os valores médios obtidos, os coeficientes de

uniformidade são classificados como excelentes com valores de 91,45% e 86,41% para o CUC e CUE, respectivamente. Já para o CUEa e Us a classificação média de todos os lotes é considerada como bom, com valores de 84,05% e 86,48%, respectivamente, como mostra a tabela 30.

Tabela 30 - Indicadores de desempenho do sistema de Irrigação do PIPR

Indicador	Valor (%)	Classificação**
CUC	91,45	Excelente
CUE	86,41	Excelente
CUEa	84,05	Bom
Us	86,48	Bom

Fonte: O próprio autor; **Classificação por Mantovani (2006).

Para Mantovani & Ramos (1994) o valor de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) deve estar acima de 90% para ser considerado excelente, quanto maior for o valor de CUC, menor será a lâmina de irrigação necessária para alcançar a produção máxima. Todavia, Bernardo et al. (2005), admite valores acima de 80% como resultados satisfatórios. Desta maneira, independente do critério de classificação que foi utilizado, o sistema de irrigação por microaspersão do perímetro irrigado de Poção da Ribeira, apresenta valores acima dos parâmetros aceitáveis.

Para Lopez et al (1992), o coeficiente de uniformidade estática (Us), é considerado um tratamento mais rigoroso quanto aos problemas de distribuição de água que ocorrem na linha lateral do sistema. Sendo assim, ao ser comparado com o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), os valores de Us tendem a serem menores que os de CUC, assim como afirma também Santos et. al (2012) para o coeficiente de uniformidade de emissão (CUE), que tendem, geralmente, a serem menores que os valores de CUC. Valores estes que foram encontrados no presente estudo e corroboram de forma justa ao que se apresenta em literatura.

Apesar de todos os coeficientes de uniformidade serem considerados como aceitáveis, existem alguns setores dos lotes que, individualmente, apresentam classificação considerada razoável. Nos valores de CUEa, houve uma oscilação. Os resultados variam de razoável para excelente, com destaques negativos para os lotes: 1, 3, 4 e 11 (coentro), 4, 7, 8 e 9 (Batata

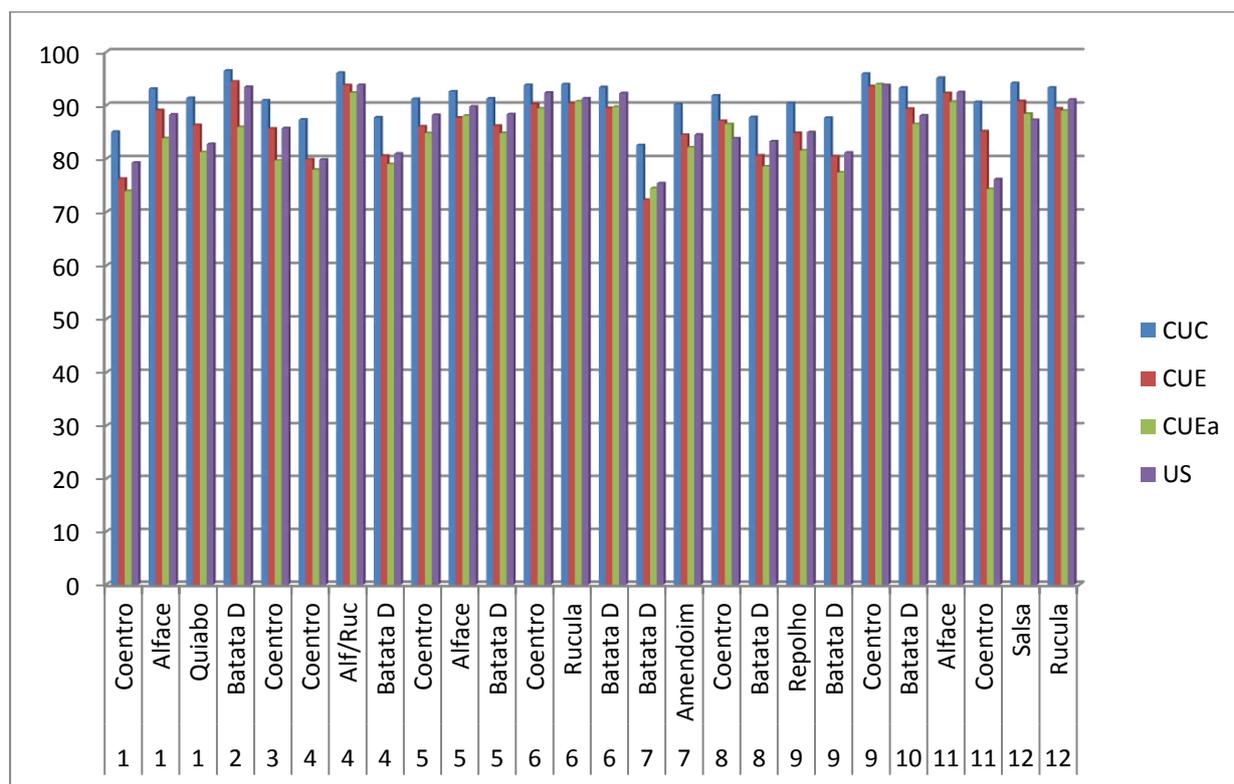
doce), com classificação razoável. Os resultados de Us também mostram problemas nos sistemas de irrigação de alguns lotes. Os valores, assim como o CUEa, variaram de razoável para excelente. Os destaques negativos ficaram para os lotes: 1 e 4 (coentro) e 7 e 11 (Batata doce), sendo classificado como razoável. Estes valores poderiam ser melhorados se as pequenas falhas de manutenção no sistema fossem corrigidas, como por exemplo, os pequenos entupimentos que ocorrem com o tempo nos microaspersores, observados em campo, como descreve Bernardo et al (2006).

Resultados semelhantes foram encontrados por Alves et al. (2015), em um sistema de irrigação por microaspersão em uma propriedade produtora de maracujá no município de Palmeiras dos Índios, sertão de Alagoas. No presente trabalho, os valores de CUC, CUE e Us foram de 94,7%, 92,6% e 93,2%, respectivamente. Como também valores de CUC e CUE semelhantes registrados de 93,3% e 90,62%, respectivamente, no trabalho realizado por Jesus et al. (2015), nos perímetros irrigados da CODEVASF, nos municípios de Barreiras e Riachão das Neves, na Bahia. Apesar de valores um pouco acima, ambos os trabalhos apresentam a mesma classificação para os coeficientes de uniformidade do perímetro irrigado de Poção da Ribeira, em Itabaiana/SE.

Rigo et al (2011), encontrou valores de CUC bem próximos, com uma média de 89,39%, no trabalho realizado em *Citrus*, na cidade de Jerônimo Monteiro no Espírito Santo. Assim como Martins (2009), em sistemas de irrigação localizada (gotejamento, microaspersão e microspray) no estado do Espírito Santo, região Sul do Brasil.

Na figura 08, foi possível fazer uma comparação de todos os valores de uniformidade, em cada setor dos doze lotes analisados.

Figura 08 - Gráfico representativo dos valores de CUC, CUE, CUEa e US do PIPR.



Fonte: O próprio autor.

Apesar de possuir resultados aceitáveis na classificação descrita, percebeu-se a diferença dos coeficientes de uniformidade do sistema de irrigação comparando alguns lotes com outros, como é possível analisar na batata doce no lote 7, com valores baixos e razoáveis, e na batata doce do lote 2, com valores bons e excelentes.

Os valores de avaliação de desempenho de irrigação em microaspersão, pelas eficiências de aplicação, foram calculados e representados, individualmente, pela tabela 31 abaixo seguindo a classificação de Bernardo (2006) para Ea e Keller e Bliesnar (2000) para Epa, Edad e Eipad.

Tabela 31 - Valores de avaliação de desempenho de eficiência do PIPR, onde Ea é a eficiência de aplicação em %, Epa é a eficiência de aplicação potencial em %, Edad é eficiência de distribuição para área adequadamente irrigada de projeto em % e Eipad é a eficiência de irrigação para área adequadamente irrigada de projeto em %.

Lote	Cultura	Ea (%)*	Lcol (mm)	Lapl (mm)	Epa (%)**	Edad (%)**	Eipad (%)**
1	Coentro	72,48	2,9	4,2	69,05	84,35	52,42

1	Alface	84,64	3,05	4,2	72,62	92,80	60,65
1	Quiabo	82,01	1,86	4,2	44,29	90,97	36,26
2	Batata D	89,74	1,62	4,2	38,57	96,35	33,45
3	Coentro	81,36	3,35	4,2	79,76	90,52	64,98
4	Coentro	75,93	1,55	4,2	36,90	86,75	28,81
4	Alf/Ruc	89,11	1,72	4,2	40,95	95,91	35,35
4	Batata D	76,54	3,55	4,2	84,52	87,17	66,31
5	Coentro	81,78	2,62	4,2	62,38	90,82	50,99
5	Alface	83,34	2,44	4,2	58,10	92,28	48,25
5	Batata D	81,88	2,51	4,2	59,76	90,88	48,88
6	Coentro	85,71	1,6	4,2	38,10	93,54	32,07
6	Rucula	85,93	0,99	4,2	23,57	93,70	19,88
6	Batata D	85,05	4,62	4,2	110,00	93,09	92,16
7	Batata D	68,73	1,75	4,2	41,67	81,76	30,66
7	Amendoim	80,28	2,99	4,2	71,19	89,78	57,52
8	Coentro	82,74	3,53	4,2	84,05	91,48	69,19
8	Batata D	76,62	2,26	4,2	53,81	87,22	42,24
9	Repolho	80,60	6,66	4,2	158,57	89,99	128,43
9	Batata D	76,43	5,62	4,2	133,81	87,10	104,89
9	Coentro	88,90	3,47	4,2	82,62	95,76	71,20
10	Batata D	84,92	4,62	4,2	110,00	92,99	92,06
11	Alface	87,69	1,33	4,2	31,67	94,92	27,05
11	Coentro	80,89	0,96	4,2	22,86	90,20	18,56
12	Salsa	86,26	4,8	4,2	114,29	93,93	96,61
12	Rucula	84,95	1,19	4,2	28,33	93,02	23,72

Fonte: O próprio autor; *Classificação por Bernardo (2006); **Classificação por Keller e Bliesnar (2000)

Para Bernardo et al (2006), a eficiência de aplicação é considerada ideal com valores iguais ou maiores à 95%, aceitáveis entre 80% e 95% e inaceitável abaixo de 80% . A média geral dos valores calculados para Ea foi de 82,09%, valor considerado aceitável na literatura proposta por Bernardo et al (2006).

Olhando individualmente cada lote, é possível perceber que em um mesmo lote houve uma eficiência aceitável para um setor e inaceitável para outro. Destaca-se negativamente o

lote 7 que no setor da batata doce apresentou valor de 68,73%, considerado inaceitável, e para o setor do amendoim apresentou uma eficiência de 80,28 %, com classificação considerada aceitável na literatura de Bernardo (2006).

Nascimento et al (2009), desenvolveram e avaliaram um sistema de microaspersão no mamoeiro e encontrou valores de Ea abaixo dos valores encontrados para o perímetro irrigado de Poção da Ribeira. Seu valor de eficiência de aplicação foi considerado inaceitável com 70%.

Já para Benício et al (2009), avaliando um sistema de microaspersão na goiabeira, encontrou valor de 83,7%, semelhante ao calculado no PIPR, sendo considerado aceitável.

Em outro estudo feito em na cidade de Iguatu, região centro-sul do Ceará, Carmo et al. (2014), avaliaram um sistema de irrigação por microaspersão na cultura da bananeira e encontrou um valor para a Ea aceitável de 82,1%, bem próximo ao encontrado no PIPR e portanto classificado como aceitável.

O valor médio encontrado de EPa foi de 67,37 % , resultado que mostra uma ineficiência no sistema de irrigação. Os valores individuais de setor estão apresentados na tabela 30 acima, mas chama atenção o baixo valor encontrado de 23,57%, no setor da rúcula no lote 6, visto que, alguns lotes onde ocorreu excesso de irrigação, como no próprio lote 6 (batata doce) e 9, a EPa superou os 100%.

Os valores médios obtidos para EDa e Eipad foram, respectivamente, de 91,04% e 55,09%. Os valores individuais dos lotes estão representados na tabela 31. Os resultados mostram que apesar de uma boa eficiência de distribuição, o sistema de irrigação do perímetro apresenta resultados de eficiência considerados inaceitáveis na literatura descrita por Keller e Bliesnar (2000).

No estudo realizado por Sousa (2001) em cafeicultura no sul do estado da Bahia e Espírito Santo, foi encontrado um valor médio de EPa de 92,7%, valor muito maior que o encontrado no PIPR. Já no trabalho realizado por Bonomo (2000), onde foi analisado o sistema de irrigação na cafeicultura em área de cerrado de Minas Gerais, o valor médio de EPa foi de 82,9%, inferior ao apresentado por Sousa (2001) mas superior ao encontrado no PIPR.

Para os valores de EDa, Bonomo (2000) e Sousa (2001) obtiveram valores inferiores de EDa médios aos encontrados no PIPR. Os valores encontrados pelos autores foram, respectivamente, 80,91% e 79,4%. Já para de Eipad, ambos estudos encontraram valores médios superiores ao PIPR. Os valores foram, respectivamente, 79,02% e 79%.

5.3 Eficiência do uso da água.

Os dados meteorológicos, coletados da estação do perímetro irrigado de Poção da Ribeira, foram disponibilizados pela COHIDRO para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o). A tabela 32 abaixo apresenta os dias anteriores às coletas e valores dos dados meteorológicos.

Tabela 32 - Dados meteorológicos dos dias anteriores as coletas do PIPR do ano de 2016 em Itabaiana/SE.

Dia/mês	Tmín (°C)	Tmáx(°C)	Tméd(°C)	UR(%)	Insolação (horas)	Velocidade do vento(m/s)
07/08	20	28	24	50	-	0,66
04/09	21	29	25	51	9,09	0,95
12/09	22	28	25	50	9,42	0,78
20/09	23	30	27	49	10,05	1,38
22/09	24	30	27	54	8,18	0,89
29/09	24	30	27	44	9,07	0,24
06/10	21	28	25	44	9,50	1,10
09/10	22	28	25	49	9,41	0,49
11/10	22	28	25	44	8,50	1,59
13/10	21	28	25	49	7,30	1,81
16/10	21	29	25	49	5,48	1,25
18/10	22	28	25	36	9,25	1,11

Fonte: COHIDRO (2016)

Com os dados meteorológicos conhecidos e o auxílio do software EToCalc (Allen, 1998), disponibilizado pela FAO, foi possível chegar ao valor de evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método padrão de Penman-Montheith, recomendado pela FAO 56, através da equação 10. Os valores de ET_o em mm dia⁻¹ estão descritos na tabela 33 abaixo.

Tabela 33 - Valores de Evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método padrão de Penman-Monteith em mm dia⁻¹ no PIRP para o ano de 2016.

Dia/Mês	ET_o (mmdia⁻¹)
07/08	3,1
04/09	4,5
12/09	4,5
20/09	5,4
22/09	4,8
29/09	4,3
06/10	5,1
09/10	4,6
11/10	5,4
13/10	5,2
16/10	4,6
18/10	5,2

Fonte: O próprio autor.

O maior valor encontrado de ET_o foi de 5,4 mmdia⁻¹ nos dias 20 de setembro e 11 de outubro, e o menor valor encontrado foi de 3,1 mmdia⁻¹ no dia 07 de agosto. A média de valores de todos os dias foi de 4,72 mmdia⁻¹.

Diversos estudos determinam e comparam o cálculo da ET_o em diversos perímetros e estados do País. Mas não foi possível fazer essa comparação dos estudos com o realizado no PIPR, por conta da ET_o ser calculada durante meses ou até anos e assim determinar as médias, máximas e mínimas. Para o caso específico do presente estudo no PIPR foi necessário, apenas, determinar a ET_o do dia anterior a coleta e descobrir posteriormente a ET_c.

Os valores de K_c são fornecidos por Allen et al (1998), e estão descritos na tabela 34 abaixo:

Tabela 34 - Valores de coeficiente de cultura (K_c) dos lotes coletados no PIPR em 2016

Culturas	DAP	K_c
Alface	30	1,00
Alface	60	0,3

Coentro	8, 15 e 60	0,6
Coentro	30 e 45	0,9
Quiabo	30	0,6
Batata Doce	8,30	1,15
Batata Doce	45	0,75
Batata Doce	60	0,6
Rúcula	15	-
Rúcula	40	-
Amendoim	30	0,8
Repolho	120	0,9
Salsa	60	0,9

Fonte: Allen et al (1998)

Os valores de coeficientes de cultura da rúcula não foram encontrados na literatura descrita por Allen et al. (1998), e por isso foram desconsiderados os cálculos de evapotranspiração da cultura (ETc) para setores dos lotes que apresentem essa cultura.

Na tabela 35 estão dispostos os lotes, culturas, dia após a poda, coeficiente de cultura, evapotranspiração de referência e valores de Evapotranspiração da cultura, em mm dia⁻¹ dos lotes do PIPR.

Tabela 35 - Valores de ETc para o PIPR.

Lote	Cultura	DAP	Kc	ETo (mmdia ⁻¹)	ETc (mmdia ⁻¹)
1	Coentro	08 e 30	0,6 e 0,9	3,1	1,86 e 2,79
1	Alface	30	1,00	3,1	3,1
1	Quiabo	30	0,6	3,1	1,86
2	Batata Doce	8/30, 45 e 60	1,15, 0,75 e 0,6	4,5	5,17, 3,37 e 2,7
3	Coentro	30 e 45	0,9	4,5	4,05
4	Coentro	15	0,6	5,4	3,24
4	Alface	30	1,00	5,4	5,4
4	Batata Doce	60	0,6	5,4	3,24
5	Coentro	60	0,6	4,8	2,88
5	Alface	60	0,3	4,8	1,44
5	Batata Doce	40	0,75	4,8	3,6

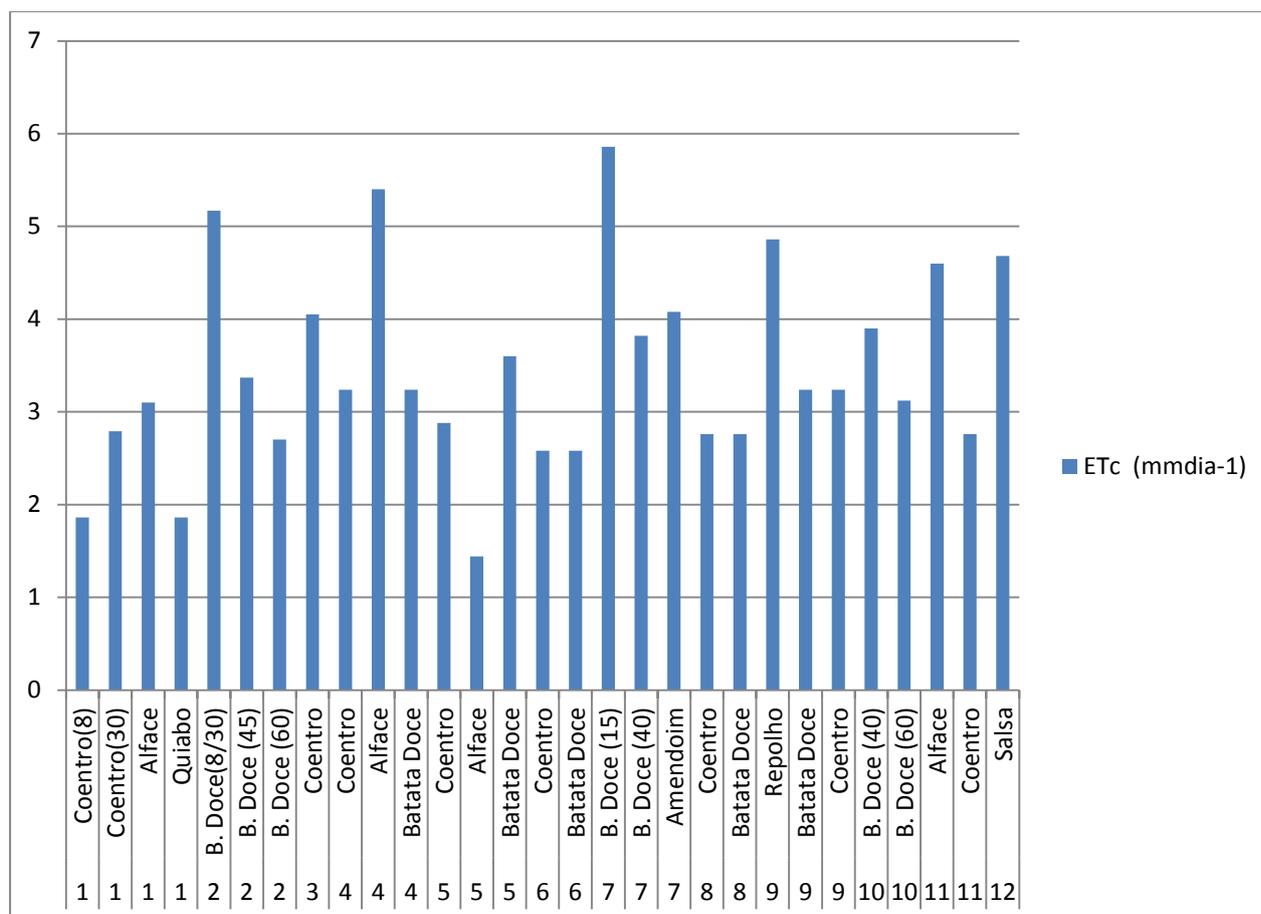
6	Coentro	15	0,6	4,3	2,58
6	Batata Doce	60	0,6	4,3	2,58
7	Batata Doce	15 e 40	1,15 e 0,75	5,1	5,86 e 3,82
7	Amendoim	15	0,8	5,1	4,08
8	Coentro	20	0,6	4,6	2,76
8	Batata Doce	60	0,6	4,6	2,76
9	Repolho	120	0,9	5,4	4,86
9	Batata Doce	60	0,6	5,4	3,24
9	Coentro	60	0,6	5,4	3,24
10	Batata Doce	40 e 60	0,75 e 0,6	5,2	3,9 e 3,12
11	Alface	35	1,00	4,6	4,6
11	Coentro	21	0,6	4,6	2,76
12	Salsa	60	0,9	5,2	4,68

Fonte: O próprio autor.

Observa-se na tabela 35 que o maior e menor valor encontrado, respectivamente, foi de 5,86 mm dia⁻¹ para a cultura da batata doce de quinze dias no lote 7 e 1,44 mm dia⁻¹ na alface de sessenta dias no lote 5. Esse valor de ETc baixo para a alface é explicado pelo fato da cultura já estar em colheita e, por isso, apresentar baixo valor de coeficiente de cultura.

A figura 09 abaixo faz uma comparação de todos os valores de ETc, em mm dia⁻¹ encontrados nos lotes de PIPR para as culturas.

Figura 09 - Valores de ETc do PIPR.

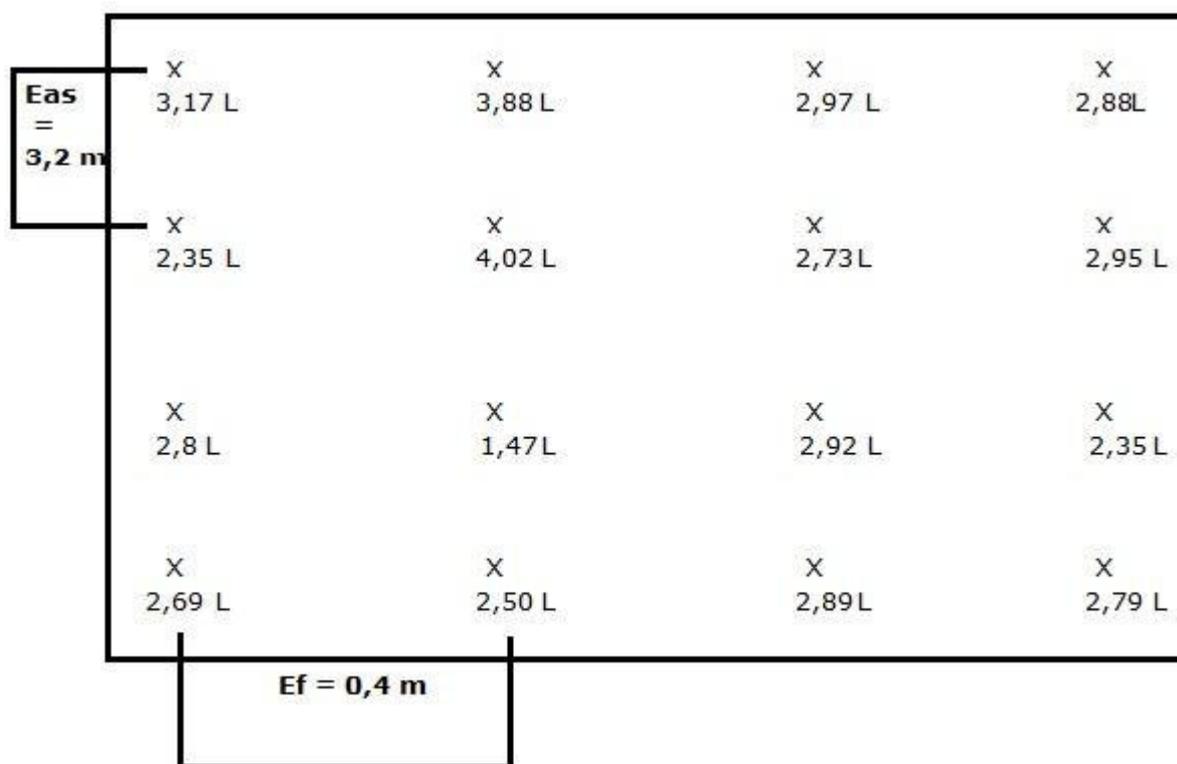


Fonte : O próprio autor.

A real necessidade hídrica das culturas está disposta nos valores de evapotranspiração de cultura calculados. Para descobrir se os agricultores realizaram um uso eficiente da água, foram comparados os valores de ETc encontrados, com os valores de lâmina de água que são aplicados pelos agricultores nas culturas.

Como exemplo, o lote 1 possui três setores (coentro, alface e quiabo). O setor do coentro está representado pela figura 12 abaixo:

Figura 10 - Setor do coentro lote 1 do PIRP



Fonte: O próprio autor.

Os valores de Lâmina de água aplicada pelos agricultores em todos os lotes se encontram dispostos na tabela 36 abaixo.

Tabela 36 - Valores de Lâmina Aplicada pelos agricultores do PIRP

Lote	Cultura (dias de plantado)	Volume (l)	Área (m ²)	Lâmina Aplicada (mm dia ⁻¹)
1	Coentro	93,32	32,15	2,90
1	Alface	98,32	32,15	3,05
1	Quiabo	59,96	32,15	1,86
2	B. Doce (8)	50,4	32,15	1,56
2	B. Doce (33)	53,4	32,15	1,66
2	B. Doce (45)	60,58	32,15	1,88
2	B. Doce (60)	44,66	32,15	1,39
3	Coentro (45)	77	24,61	3,11
3	Coentro (30)	88,72	24,61	3,60

4	Coentro	46,66	30,17	1,55
4	Alface	51,8	30,17	1,72
4	B. Doce	87,29	24,61	3,55
5	Coentro	74,06	28,26	2,62
5	Alface	47,99	19,62	2,44
5	B. Doce	50,16	19,94	2,51
6	Coentro	26,66	16,61	1,60
6	B. Doce	83,6	18,09	4,62
7	B. Doce (40)	14,50	13,84	1,05
7	B. Doce (15)	34	13,84	2,46
7	Amendoim	45,48	15,19	2,99
8	Coentro	35,93	10,17	3,53
8	B. Doce	35,97	15,89	2,26
9	Repolho	67,72	10,17	6,66
9	B. Doce	71,95	12,81	5,62
9	Coentro	39,31	11,33	3,47
10	B. Doce (40)	78	20,90	3,73
10	B. Doce (60)	115,32	20,90	5,52
11	Alface	25,01	18,84	1,33
11	Coentro	15,38	16,61	0,96
12	Salsa	60,40	12,56	4,80

Fonte: O próprio autor

O maior valor de lâmina aplicada em todo perímetro foi no lote 9 para o setor do repolho, com valor alto de lâmina aplicada de 6,6 mm dia⁻¹. E o menor valor aplicado ficou no lote 11 para o setor de coentro, com apenas 0,96 mm dia⁻¹.

Na tabela 37 é possível comparar a real necessidade de irrigação, pela evapotranspiração de cultura, de cada cultura dos doze lotes do perímetro irrigado de Poção da Ribeira com a lâmina que foi aplicada no dia da coleta.

Tabela 37 - Valores comparativos entre ETc e Lâmina aplicada do PIPR.

Lote	Cultura (dias de plantado)	Volume (l)	ETC (mm dia⁻¹)	Lâmina Aplicada (mm dia⁻¹)	Excesso ou déficit hídrico (%)
1	Coentro	93,32	2,59	2,90	11,97
1	Alface	98,32	3,1	3,05	- 1,61
1	Quiabo	59,96	1,86	1,86	0
2	B. Doce (8)	50,4	5,17	1,56	- 69,83
2	B. Doce (33)	53,4	5,17	1,66	-67,89
2	B. Doce (45)	60,58	3,37	1,88	-43,66
2	B. Doce (60)	44,66	2,7	1,39	-48,52
3	Coentro (45)	77	4,05	3,11	-23,21
3	Coentro (30)	88,72	4,05	3,60	-11,12
4	Coentro	46,66	3,24	1,55	-52,16
4	Alface	51,8	5,4	1,72	-68,15
4	B. Doce	87,29	3,24	3,55	9,57
5	Coentro	74,06	2,88	2,62	-9,03
5	Alface	47,99	1,44	2,44	69,44
5	B. Doce	50,16	3,6	2,51	-30,28
6	Coentro	26,66	2,58	1,60	-37,99
6	B. Doce	83,6	2,58	4,62	79,06
7	B. Doce (40)	14,50	3,82	1,05	-72,51
7	B. Doce (15)	34	5,86	2,46	-58,02
7	Amendoim	45,48	4,08	2,99	-26,72
8	Coentro	35,93	2,76	3,53	27,89
8	B. Doce	35,97	2,76	2,26	-18,12
9	Repolho	67,72	4,86	6,66	37,03
9	B. Doce	71,95	3,24	5,62	73,45
9	Coentro	39,31	3,24	3,47	7,1
10	B. Doce (40)	78	3,9	3,73	-4,36
10	B. Doce (60)	115,32	3,12	5,52	76,92
11	Alface	25,01	4,6	1,33	-71,09

11	Coentro	15,38	2,76	0,96	-65,22
12	Salsa	60,40	4,68	4,80	2,56

Fonte: O próprio autor.

É possível perceber pela tabela 37 que dos trinta setores dos doze lotes, apenas oito setores irrigaram a quantidade superior a necessidade hídrica das culturas. Entretanto, esse dado não deve ser levado em consideração caso a lâmina de irrigação aplicada tenha sido muito maior que a real necessidade da cultura porque haverá um excesso grande de aplicação não ocorrendo eficiência do uso da água, como acontece no lote número 9, em especial no setor do repolho, onde a ETc foi de 4,86 mm dia⁻¹ e a lâmina aplicada foi de 6,6 mm dia⁻¹, a maior lâmina aplicada entre todos os lotes. É importante observar que o lote 1, irrigou exatamente a quantidade de água que o setor de quiabo necessitava e os demais setores ficaram com valores comparativos bem próximos. Entre todos os lotes, o que apresentou um maior déficit foi o lote número 7, no setore da batata doce de quarenta dias, com um déficite superior a - 72%

No estudo feito por Ferreira (2012), onde foi avaliado o manejo de irrigação na cultura da bananeira no perímetro irrigado de Gorutuba em Minas Gerais, também ocorreram déficits e excessos em lotes do perímetro. O fato de não possuírem metodologias de manejo adequados para controlar a irrigação faz com que a maioria dos agricultores irriguem baseados no empirismo da experiência de campo. Os déficits variaram entre - 2% e - 33%, enquanto no PIPR, chegaram a déficits que variaram entre -1,61% e -72,51%.

6 CONCLUSÕES

Os dados estimados e apresentados sobre a eficiência de aplicação e o uso da água nos doze lotes do perímetro Irrigado de Poção da Ribeira, permitiram chegar as seguintes conclusões:

1. Em relação aos cálculos de coeficientes de uniformidade, ocorreu uma variação de classificação considerada entre razoável e excelente. Nenhum dos lotes apresentou resultados considerados ruins ou inaceitáveis, podendo desta maneira, considerar o sistema de irrigação do PIPR como hidraulicamente satisfatório em sua uniformidade.
2. Os valores de eficiência de aplicação do uso da água do perímetro, ficaram longe de serem considerados como excelentes. Apenas a Eficiência de aplicação (E_a) e a Eficiência de distribuição de área adequadamente irrigada (E_{Dad}) apresentarem parâmetros aceitáveis em literatura. Os valores obtidos para a eficiência potencial de aplicação (E_{Pa}) e para Eficiência de irrigação para área adequadamente irrigada (E_{idad}) possuem parâmetros inaceitáveis em literatura. O sistema de irrigação do PIPR, portanto, é dito como hidraulicamente insatisfatório em sua eficiência.
3. Para os valores de uso da água, ficou claro que os agricultores, em grande maioria, desconhecem a real necessidade hídrica de suas culturas, irrigando sempre volumes de água que não correspondem com evapotranspiração da cultura, ocasionando, na maior parte dos lotes, um déficit hídrico nas culturas ou aplicando uma lâmina de água superior ao que a cultura necessita.
4. É possível melhorar o sistema de irrigação dos lotes com a instalação de válvulas volumétricas e deste modo permitir um controle maior da água aplicada pelos agricultores em seus lotes. Realizar manutenção nos sistemas de irrigação (desde às bombas até os microaspersores), como também, o fornecimento da evapotranspiração da cultura para os agricultores pelo órgão responsável do perímetro (COHIDRO), evitando déficits hídricos e desperdício de água e, conseqüentemente, maximizando a produção agrícola.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Roma, 1998. 300p.

ALVES, C. F. G., LUCIO J. C. B., MENEZES S. M. de, ALMEIDA R. S. de, SILVA F. B., SILVA J. C.. **Avaliação de um Sistema de Irrigação por Microaspersão na Cultura do Maracujá (*passiflora sp.*)**, XXV CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 08 a 13 de novembro de 2015, UFS - São Cristóvão/SE

ALVES, E. J. (org.). **A Cultura da Banana: Aspectos Técnicos, Socioeconomicos e Agroindustriais**. 2a ed. Brasília: Embrapa – Serviço de Produção de Informação. 1999. 585p.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil** / Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. – Brasília: ANA, SPR, 2014.

AZEVEDO H. M. **Irrigação localizada. Informe Agropecuario**, Belo Horizonte, v.12, n.139, p.40-53, 1986.

BENÍCIO, F.R.; CARVALHO, C.M.; ELOI, W.M.; GONÇALVES, F.M.; BORGES, F.R.M. **Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão na cultura da goiaba em BarbalhaCE**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza. v.3, n.2, p.55–61, 2009.

BERNARDI, C. C. **Reuso de água para irrigação**. Brasília: ISAEFGV/ ECOBUSINESS SCHOOL, 2003. 52p.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. 2006 **Manual de Irrigação**. 8 ed. Viçosa, MG: UFV. 625p.

BONOMO, R. **Análise da irrigação na cafeicultura em área de cerrado de Minas Gerais**. 2000. 236f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

CALHEIROS, R. de O, PIRES, R. C. de M., ARRUDA, F. B., SAKAI, E., BRUNINI, O., AGRICULTURA IRRIGADA- **Revista Tecnologia e Inovação Agropecuária** 2008 pag 98-109

CARDOSO, H.E.A.; MANTOVANI, E.C.; COSTA, L.C. **As águas da agricultura**. Agroanalysis. Instituto Brasileiro de Economia/Centro de Estudos Agrícolas. Rio de Janeiro. 1998. p.27-28.

CARMO, F. F. DO, DUTRA, I., SILVA DA, M. G., COSTA, M. S., em Agronomia, E. D. G., & UFERSA, M. **Avaliação de Sistema de Irrigação por Microaspersão na Cultura da Bananeira no Município de Iguatu-CE** . 9º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de água e Chuva; 12 à 15 de agosto de 2014 – Feira de Santana – BA.

CHRISTOFIDIS, D 2006. **Recursos hídricos dos cerrados e seu potencial de utilização na irrigação**. ITEM, Brasília, n.69/70, p. 87-97.

CHRISTOFIDIS, D. **Água: gênese, gênero e sustentabilidade alimentar no Brasil**. Brasília, 2006. 18p

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E IRRIGAÇÃO DE SERGIPE. **Dados de Bombeamento de água para fins de irrigação, no perímetro irrigado Poção da Ribeira**, 2011.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E IRRIGAÇÃO DE SERGIPE. **Mananciais responsáveis pelo abastecimento de água tratada para os povoados que formam o perímetro irrigado Poção da Ribeira**, 2011.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E IRRIGAÇÃO DO ESTADO DE SERGIPE (Cohidro-SE). **Relatório Técnico Anual**. Aracaju: Cohidro, 2016.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E IRRIGAÇÃO DO ESTADO DE SERGIPE (Cohidro-SE). **Relatório Técnico Anual**. Aracaju: Cohidro, 2015.

CONCEIÇÃO, M. A. F. **Simulação da distribuição de água em microaspersores sob condição de vento.** 2002, 110 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Piracicaba: ESALQ/USP, 2002.

DECHMI, F.; PLAYAN, E.; FACI, J.; CRAVERO, J. **Simulation of sprinkler irrigation water uniformity impact on corn yield.** Spanish Journal of Agricultural Research, v. 8, p. 143-151, 2010.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo, num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa. 1980. v 27, n. 150, p. 155- 162.

DOMINGUES, A. F. **Visão da ANA sobre a irrigação e sua inserção na gestão de recursos hídricos.** In: Seminário: O estado da arte da agricultura irrigada e as modernas tecnologias no uso racional da água na irrigação. Anais...Brasília, 2004.

DOORENBOS, J., PRUITT, J.O. **Guidelines for predicting crop water requirements.** Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO Irrigation and Drainage, 24)

FAO. **Producción de alimentos: función decisiva del agua.** Disponível em <www.fao.org/wsf/final/volume2/t07sum-s.htm>. 1996b.

FAO. **Situación de la seguridad alimentaria en América Latina y El Caribe.** Disponível em <www.fao.org/efs/spanish/LAR96-4.htm>1996a.

FARIA, M. A. **Simpósio de manejo de irrigação.** Poços de Calda, MG- Brasil, 1998. 367 p.

FERNANDEZ, J. C. & GARRIDO, R. J. **Economia dos recursos hídricos.** Salvador: EDUFBA, 2002.

FERREIRA, G. H., **Avaliação do manejo de irrigação na cultura da bananeira no perímetro irrigado Gorutuba no estado de Minas Gerais.** 2012. 83 f. Dissertação (Pós graduação em Engenharia Agrícola). VIÇOSA, Minas Gerais, 2012.

FOLEGATTI, M. V. **Estabilidade temporal e variabilidade espacial da umidade e do armazenamento de água em solo siltoso.** 1996. 84f. Tese (Livre-Docência). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

FRIZZONE, J. A. **Irrigação por aspersão**. Piracicaba: ESALQ – Departamento de Engenharia Rural, 1992. 53p. Serie Didática, 3.

GOMES, H.P. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento**. 2. ed. Campina Grande, PB: UFPB, 1997. 390 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário – 2006**. Rio de Janeiro, 2009. Apostila.

JALOTA SK; SOOD AGBS; CHAHAL BU. 2006. **Crop water productivity of cotton (*Gossypium hirsutum*L.) – wheat (*Triticum aestivum*L.) system as influenced by deficit irrigation, soil texture and precipitation**. *Agricultural Water Management* 84: 137-146.

JENSEN, M.E., BURMAN, R.D., ALLEN, R.G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York. ASCE, 1990. 332p.

JESUS, M. L., VIANA, S. B. A., SILVA, M. A. V. SILVA, LIMA, J. S. S., MACHADO, L. V., CARVALHO, J. R. **Estimativa de eficiência de irrigação em sistemas de microaspersão, nos perímetros irrigados da CODEVASF, região Oeste da BA, XXV CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 08 a 13 de novembro de 2015, UFS - São Cristóvão/SE**

KARATAS BS; AKKUZU E; UNAL HB; ASIK S; AVCI M. 2009. **Using satellite remote sensing to assess irrigation performance in water user associations in the Lower Gediz Basin, Turkey**. *Agricultural Water Management* 96: 982-990.

KELLER, J.; BLIESNER, R., D., **Sprinkle and trickle irrigation**. Caldwell, Blackburn Press, 2000. 652 p.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design parameters**. *Transactions of American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, v. 17, n. 2, p. 678-684, 1974.

LIMA, J.E.F.W. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo**. Documentos/Embrapa Cerrado, Planaltina, DF, v.4, n.33. p. 46. 2003.

LOPES, Eliano Sérgio Azevedo, MOTA, Dalva Maria da. **Tecnologia e renda na agricultura familiar irrigada de Sergipe**. São Cristóvão, SE; Universidade Federal de Sergipe; Aracaju: Embrapa-CPATC, 1997, 186p.

LÓPEZ, J. R., ABREU, J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNÁNDEZ, J. F. G. Riego Localizado. Madrid, Espana: Mundi – Prensa, 1992. 405p.

MANTOVANI E. C.; DELAZARI FT; DIAS LE; ASSIS IR; VIEIRA GHS; LANDIM FM. 2013. **Eficiência no uso da água de duas cultivares de batata-doce em resposta a diferentes lâminas de irrigação.** Horticultura Brasileira31: 602-606.

MANTOVANI E. C.; DELAZARI FT; DIAS LE; ASSIS IR; VIEIRA GHS; LANDIM FM. 2013. **Eficiência no uso da água de duas cultivares de batata-doce em resposta a diferentes lâminas de irrigação.** Horticultura Brasileira31: 602-606.

MANTOVANI, E. C. BERNARDO, S. PALARETTI, L.F. **Irrigação: Princípios e Métodos.** Viçosa: Ed. UFV, 2006.

MANTOVANI, E. C., DELAZARI, F. T., DIAS, L. E., DE ASSIS, I. R., VIEIRA, G. H., & LANDIM, F. M. (2013). **Eficiência no uso da água de duas cultivares de batata-doce em resposta a diferentes lâminas de irrigação.** *Horticultura Brasileira*, 31(4), 602-606.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos.** 2. ed., atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2009. 355 p.

MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M. Manejo da irrigação. In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Ed.). **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação.** Brasília: Embrapa-SPI, 1994. p. 129-158.

MARTINS, C. A. da S. **Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação em áreas cultivadas no Sul do Estado do Espírito Santo.** 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Centro de Ciências Agrárias, UFES, Espírito Santo, 2009.

MARTINS, C. C. **Efeito da cloração orgânica na uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação por gotejamento utilizando água ferruginosa.** 2007. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

MARTINS, P. E. S.; SILVA, E. R. da; LIMA SANTOS, N.; LEMOS FILHO, M. A. F. GALZERANO, L. **Práticas de manejo de irrigação como medida de conservação do solo e da água.** Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 6, n. 10, 2010, 19p.

MELLO, J.L.P.; SILVA, L. D. B.; **Irrigação**. Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro. Rio De Janeiro,155p, 2009.

MERRIAN, J.L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan;UtahStateUniversity, 1978, 271p.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL/INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA (IICA). **A irrigação no Brasil: situação e diretrizes**. 2008. 132p

MORETHSON, R 2004. **Água para energia hidrelétrica e para agricultura irrigada**.ITEM, Brasília, n.61/62, p. 76-77.

NASCIMENTO, A.K.S.; SOUZA, R.O.R.M.; LIMA, S.C.R.V.; CARVALHO, C.M.; ROCHA, B.M.; LEITE, K.N. **Desempenho hidráulico e manejo da irrigação em sistema irrigado por microaspersão**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada. Fortaleza, v.3, n.1, p.39–45, 2009.

PIRES, R.C. de M.; CALHEIROS, R. de O.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M. & ARRUDA, F.B. **Métodos e Manejo Da Irrigação**. Centro de Ecofisiologia e Biofísica Instituto Agrônômico FUNDAG – FEHIDRO, 28p, 1999. Apostila.

PIZARRO, C. F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión,exudación**. 3. ed. Madrid, Espanha: Mundi-Prensa, 1996. 513p.

REBOUÇAS, A. da C., BRAGA JR.. G. TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. São Paulo: Escrituras Editora. 3ª. Ed. 1999. 717 p.

RIGO, Michele Machado, et al. **Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão na cultura de *CitrusSinensis* l. osbeck cv. Folha Murcha**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12; 2011 Pág. 7

SANTOS, C. O. Questões Socioambientais nos Perímetros Irrigados do Município de Itabaiana/SE. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.7, n.14, p.139-152, jan./abr. 2013.

SANTOS, R. A.; HERNANDEZ, F. B. T.; FERREIRA, E. J. S.; VANZELA, L. S.; LIMA, R. C. **Uniformidade de distribuição de água em irrigação por gotejamento em sub superfície instalado na cultura de pupunheiras (*bactrisgasipaesh.b.k.*)**. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32. 2003, Goiânia – GO. Anais...Goiânia: COMBEA, 2003. 4p

SANTOS. D.A de O; FREIRE.F.G.C; SANTOS.F.S.S. dos; SANTOS. M.M.S. dos; LIMA.R.M de S; SANTOS.W.O. **Avaliação da uniformidade de aplicação de água na irrigação por microaspersão na cultura da banana em São João do Jaguaribe-CE.** Inovagri International Meeting, Fortaleza-CE 2012.

SERGIPE. Secretaria de Estado da Agricultura. Companhia do Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe . COHIDRO. **Programa de Apoio Tecnológico nos Perímetros Irrigados Administrados pela COHIDRO.** Aracaju, 2000

SERGIPE. Superintendência de Recursos Hídricos. **Atlas digital sobre recursos hídricos de Sergipe.** Aracaju: SEPLANTEC-SRH,2011. 1 CD-ROM.

SILVA, C. A.; SILVA, C.J. **Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada.** Revista Científica Eletrônica de Agronomia, Garça n 8, Dez 2005.

SILVA, E. R. da; MARTINS, P. E. S.; ZANINI, J. R. **Manejo da irrigação e atributos físicos do solo.** In: FERNANDES, C. Tópicos em física do solo. Jaboticabal: FUNEP, 2012. p. 107-128

SMITH, M. (Ed.) **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for predictions of crop water requirements.** Rome: FAO, 1991. 45p.

SOARES, A.A., WILLARDSON, L.S., KELER, J. **Surface-slope effects on sprinkler uniformity.** Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v. 117, n. 6, p. 870-880, 1991.

SOUSA, M. B. A. **Análise técnica de sistemas de irrigação por pivô central utilizados na cafeicultura irrigada do norte do Espírito Santo e extremo Sul da Bahia.**2001. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

SOUZA, I. A. et al. **Estudo comparativo entre elementos meteorológicos monitorados por estações convencional e automática na região de Maringá, Estado do Paraná.**Maringá, v. 25, no. 2, p. 203-207, 2003.

SOUZA, R. O. R. de M. **Irrigação E Drenagem** Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA, 2010. 150p. Apostila.

SOUZA, Z. M. de.; MARTINS FILHO, M. V.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. **Variabilidade espacial de fatores de erosão em latossolo vermelho eutroférico sob cultivo de cana-de-açúcar**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 105-114 2005.

TARJUELO MARTÍN-BENITO, J. M. **Estimación del coste de aplicación de agua con riego por aspersión en la Llanura Norte de la provincia de Albacete**. Albacete: Caja de Ahorros de Albacete, 1986. 186p.

TESTEZLAF, R.; **Irrigação: Métodos, Sistemas e Aplicações**. Modulo 1, Campinas, 173 – 191p. 2011

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2 ed. São Carlos: Rima, 2005. 248 p.