

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**Avaliação do desempenho do injetor de fertilizantes solúveis - FERTIPET**

**SERGIO ANDRÉ TAPPARO**

**Dourados - MS  
2020**

SERGIO ANDRE TAPPARO

Avaliação do desempenho do injetor de fertilizantes solúveis - FERTIPET

Área do CNPq:

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), para obtenção do título de Doutor em Agronomia

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Augusto Biscaro

Co-orientador: Prof. Dr. Everton dos Santos Oliveira

Dourados - MS  
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

T175a Tapparo, Sergio Andre

Avaliação do desempenho do injetor de fertilizantes solúveis - FERTIPET [recurso eletrônico] / Sergio Andre Tapparo. -- 2020.  
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Guilherme Augusto Biscaro.

Coorientador: Everton dos Santos Oliveira.

Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2020.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Fertilização. 2. Erva-mate. 3. Milho. 4. Coeficiente de uniformidade. 5. Eficiência de aplicação. I. Biscaro, Guilherme Augusto. II. Oliveira, Everton Dos Santos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**“Avaliação do Desempenho de Injetor de Fertilizantes Solúveis – FERTIPET”**

por

**SERGIO ANDRÉ TAPPARO**

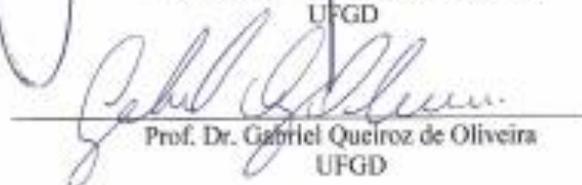
Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de  
**DOCTOR EM AGRONOMIA**

Aprovada em: 26/03/2020.



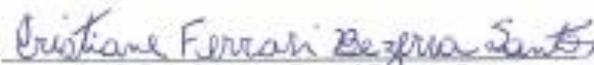
---

Prof. Dr. Guilherme Augusto Biscaro  
UFGD



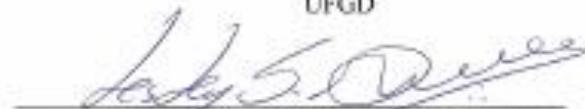
---

Prof. Dr. Gabriel Queiroz de Oliveira  
UFGD



---

Prof. Dr. Cristiane Ferrari Bezerra Santos  
UFGD



---

Prof. Dr. Lesley Soares Bueno  
IFMS



---

Prof. Dr. Aline Baptista Borelli  
UNIGRAN

## **DEDICATÓRIA(S)**

Dedico este trabalho primeiramente a DEUS, por me capacitar, a minha esposa Alexandra e filha Marcella por sempre estarem ao meu lado e toda a meus familiares que me apoiam nessa caminhada. Obrigado a todos.

## AGRADECIMENTO(S)

A Deus nosso maior professor.

Aos meus pais, sogros, e demais familiares pelo apoio e incentivo que me deram durante este trabalho.

Ao meu Professor, amigo e orientador Dr Guilherme Augusto BISCARO, pelo desafio e orientações neste trabalho.

Ao meu amigo, colega de trabalho e Co-Orientador Dr Everton dos Santos Oliveira, pelo apoio, orientação e disponibilidade quando precisei.

Aos Professores do curso de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) UFGD/FCA pelos ensinamentos e orientações.

Ao amigo Dr Wesley A. Martins pela disposição em sempre ajudar, e a Douglas por me ajudar nessa caminhada.

Ao Dr. Genivaldo de Souza Schlick por me encorajar a fazer o doutorado.

Aos meus alunos do IFMS-PP Fernando, Sassada, Weber, Noelia, Camila, Augusto, Eder, Marcio, a todos os membros do LEA.

A Pra. Iraci e Pr. Manuel pelo compromisso assumido com Deus em favor do meu trabalho.

A memória de meu amigo Max Fabiani. (*in memoriam*) que me ajudou no início de minha carreira.

À Universidade Federal da Grande Dourados e a CAPES, pelo auxílio técnico e a confiança em me ter como aluno de pós-graduação.

Aos funcionários da Faculdade de Ciências Agrárias – Universidade Federal da Grande Dourados, que ajudaram na realização deste trabalho.

A todos, que acompanharam minha caminhada e que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## EPÍGRAFE\*

Livra-me, ó Deus!  
Apressa-te, Senhor, a ajudar-me!  
Sejam humilhados e frustrados os que procuram tirar-me a vida;  
retrocedam desprezados os que desejam a minha ruína.  
Retrocedam em desgraça os que zombam de mim.  
Mas regozijem-se e alegrem-se em ti  
todos que buscam;  
digam sempre os que amam a tua salvação:  
Como Deus é Grande!  
Quanto de mim, sou podre necessitado;  
apressa-te, ó Deus.  
Tu és o meu socorro e o meu libertador;  
Senhor, não te demores!

(Salmo 70)

## SUMÁRIO

|  |      |
|--|------|
| RESUMO GERAL .....   | VIII |
| GERAL ABSTRACT .....   | X    |
| 1 INTRODUÇÃO .....   | 1    |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA .....  | 3    |
| 2.1 Sistemas de irrigação no Brasil .....  | 3    |
| 2.2 Fertirrigação .....  | 5    |
| 2.3 Fertirrigação – equipamentos de sistemas utilizados .....  | 6    |
| 2.4 Manejo da fertirrigação .....  | 12   |
| 2.5 Uniformidade de distribuição de fertilizantes .....  | 16   |
| 3 OBJETIVOS .....  | 21   |
| 3.1 Geral .....  | 21   |
| 3.2 Específicos .....  | 21   |
| 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 22   |
| 5 APÊNDICES .....  | 29   |
| CAPÍTULO I - Fertirrigação na cultura do milho com uso de injetor de simplicidade operacional - Fertipet® .....                        | 30   |
| RESUMO .....   | 30   |
| ABSTRACT .....   | 30   |
| 1 INTRODUÇÃO .....   | 31   |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS .....   | 33   |
| 2.1 Descrição da área experimental .....   | 33   |
| 2.2 Variáveis agronômicas avaliadas .....  | 36   |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 37   |
| 3.1 Caracterização das condições climáticas .....  | 37   |
| 3.2 Resultados milho-verde .....   | 39   |
| 3.2 Resultados Milho Grão Seco .....   | 43   |
| 4 CONCLUSÕES .....   | 48   |
| 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 49   |
| CAPÍTULO II - Desenvolvimento inicial da cultura da erva-mate sob diferentes sistemas de injeção de fertilizantes e sombreamento ..... | 54   |
| RESUMO .....   | 54   |

|   |    |
|---|----|
| ABSTRACT .....  | 55 |
| 1 INTRODUÇÃO.....   | 55 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS.....   | 58 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 61 |
| 4 CONCLUSÕES.....   | 68 |
| 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 68 |
| CAPÍTULO III - Avaliação do desempenho operacional do injetor Fertipet® na aplicação de potássio no gotejamento ..... | 73 |
| RESUMO .....  | 73 |
| ABSTRACT .....  | 73 |
| 1 INTRODUÇÃO.....   | 74 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS.....   | 75 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 78 |
| 3.1 Resultados na pressão de 15mca .....  | 79 |
| 3.2 Resultado na pressão de 10mca.....  | 81 |
| 3.3 Resultado na pressão de 18mca.....  | 83 |
| 4 CONCLUSÕES.....   | 85 |
| 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 86 |
| 6 CONCLUSÕES.....   | 88 |
| 7 ANEXOS.....   | 89 |
| 7.1. Registro da carta patente do injetor de fertilizantes FERTIPET. ....   | 90 |
| 7.2. Imagens da área cultivada com milho fertirrigado pelo injetor Fertipet .....                                     | 91 |
| 7.3 - Régua calibradora Fertipet -.....   | 92 |
| 7.4 Avaliação da condutividade elétrica e uniformidade - IFMS – Ponta Porã , MS.....                                  | 93 |
| 7.5 Área Experimento erva-mate no Campus IFMS- Ponta Porã – MS.....   | 94 |

## **Avaliação do desempenho de injetor de fertilizantes solúveis - FERTIPET®**

### **RESUMO GERAL**

A agricultura irrigada está condicionada ao desenvolvimento e melhorias das técnicas de manejo e equipamentos, mas também na facilidade de acesso e manejo dos sistemas e métodos de irrigação e fertirrigação. O objetivo desse trabalho foi avaliar os aspectos técnicos do injetor de fertilizantes solúveis Fertipet® em comparação a outros sistemas de distribuição em sistemas de irrigação localizada em milho, na cultura da erva-mate e validação da eficácia de distribuição de fertilizante potássico em irrigação por gotejamento. Os experimentos foram conduzidos na área de irrigação do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS-PP), no município de Ponta Porã - MS . O clima da região, na classificação climática de Köppen, é do tipo Cfa. Foram realizados três trabalhos com uso do injetor Fertipet® uma derivação do sistema de injeção por diferencial de pressão, onde ocorre a substituição do tanque de pressurização por garrafas de politereftalato de etileno (garrafas PETs), conectado diretamente a rede de irrigação, sendo: 1) Fertirrigação na cultura do milho com uso de injetor de simplicidade operacional - Fertipet®; 2) Avaliação inicial do desenvolvimento da erva-mate sob diferentes sistemas de injeção de fertilizantes e sombreamento; 3) Avaliação do desempenho operacional do injetor Fertipet® na aplicação de potássio no gotejamento. Como resultados do primeiro trabalho o injetor Fertipet® mostra-se eficiente na aplicação de nitrogênio e proporciona maiores valores das variáveis de produção do milho com o aumento das doses de nitrogênio; o maior valor encontrado na dosagem de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, que proporciona uma produtividade de 7.589,67 kg ha<sup>-1</sup>. Na segunda avaliação do uso da fertirrigação na erva-mate a análise observada não obteve diferenças significativas na interação do sistema de fertirrigação com as coberturas para o sombreamento das mudas de erva-mate, assim como, entre os sistemas de injeção de fertilizantes e a cultura da erva-mate. A chapa de madeira é a que possibilita a maior sobrevivência de plantas (89,6%) aos 4 meses depois de plantio; o uso da tela sombrite® proporciona os melhores resultados para altura de plantas, diâmetro do caule e número médio de ramos com valores de 30,07 cm, 5,92 mm e 3,92 respectivamente ao final do trabalho. O coeficiente de distribuição de fertilizantes (CUC) para os injetores são superiores a 85% de uniformidade, mantendo a igualdade entre os injetores. O terceiro trabalho conclui-se que na pressão de 15mca, com regulagem de 45° obteve menor residual no reservatório, sendo indicado para operação nesse sistema; a baixa pressão de funcionamento do sistema de irrigação interfere no tempo total de

injeção do fertilizante com uso do Fertipet<sup>®</sup> e com operação em maiores pressões recomenda um ângulo superior a 15° para injeção do fertilizante potássio para aumentar a taxa de aplicação.

**Palavras-chave:** Fertirrigação. Erva-mate. Milho. Coeficiente de uniformidade. Eficiência de aplicação.

## **Performance evaluation of soluble fertilizer injector - FERTIPET®**

### **GERAL ABSTRACT**

Irrigated agriculture is conditioned on the development and improvement of management techniques and equipment, but also on the ease of access and management of irrigation and fertigation systems and methods. The objective of this study was to evaluate the technical aspects of Fertipet® soluble fertilizer injector as compared to other distribution systems in corn-based irrigation systems, in the cultivation of yerba mate and validation of potassium fertilizer distribution efficiency in drip irrigation. The experiments were conducted at the Federal Institute of Mato Grosso do Sul (IFMS-PP) in the municipality of Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, Brazil. The climate of the region, in the Köppen climatic classification, is of type Cfa. Three works were performed using the Fertipet® injector, a derivation of the injection system by pressure differential, where the replacement of the pressure tank by polyethylene terephthalate bottles (PET bottles), connected directly to the irrigation network, is done: 1) Fertirrigation in corn crop using an injector of operational simplicity - Fertipet®; 2) Initial evaluation of the development of yerba maté under different fertilizer injection and shading systems; 3) Evaluation of the operational performance of the Fertipet® injector in the application of potassium in drip irrigation. As a result of the first work, the use of the Fertipet® injector proved to be efficient in the application of nitrogen and provided higher values of the corn production variables with the increase in nitrogen doses, where the highest value found was in the dosage of 200 kg ha<sup>-1</sup> of N, which provided a productivity of 7.589,67 kg ha<sup>-1</sup>. In the evaluation of the use of fertigation in yerba maté the analysis observed did not obtain significant differences in the interaction of the fertigation system with the coverings for the shading of the yerba maté seedlings, as well as between the fertilizer injection systems and the yerba maté culture. The wooden sheet was what allowed the best survival of plants (89,6%) at 4 months after planting, the use of sombrite® screen provided the best results for plant height and stem diameter and average number of branches with values of 30,07 cm, 5,92 mm and 3,92 respectively at the end of the work. The fertilizer distribution coefficient (CUC) for the injectors was higher than 85% uniformity, maintaining the equality between the injectors. The third study concluded that at a pressure of 15 mca, with a 45° regulation, a lower residual was obtained in the reservoir, being indicated for operation in this system, the low working pressure of the irrigation system interferes with the total time of fertilizer injection using Fertipet® and with operation at higher pressures it is

recommended an angle greater than  $15^\circ$  for the injection of potassium fertilizer to increase the rate of application.

**Keywords:** Fertigation. Yerba maté. Maize, Coefficient of uniformity. Application efficiency.

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a agricultura irrigada tem papel de destaque e tem atravessado uma fase de expansão. A difusão de novas tecnologias de irrigação com uso controlado da água, tem contribuído para aumento e eficiência da produção. É evidente que nos últimos anos, a técnica da irrigação é fundamental para o suprimento de alimentos, principalmente frutas e hortaliças.

A irrigação tem evoluído por intuito dos produtores em obter maiores produtividades, garantias de produção e aumento da qualidade de seus produtos assim como a capacidade de ter produções fora de épocas que resultam em um maior retorno financeiro. Junto com o uso da irrigação, o uso da aplicação dos fertilizantes via água tem se tornado muito frequente.

O desenvolvimento da agricultura, a intensidade dos cultivos, o aspecto econômico, a falta de água em algumas regiões e a escassez de mão de obra requerem maior eficiência e controle nas aplicações de fertilizantes. A fertirrigação abriu novas possibilidades para aplicação com precisão de fertilizantes que combinada com a irrigação localizada ou subirrigação e considerando que estes sistemas podem alcançar eficiências de aplicação de 90%, embora possa ser adaptada a qualquer método de irrigação. Na prática de fertirrigação um efeito sinérgico é alcançado, a água melhora a absorção de fertilizantes e ao mesmo tempo torna-se o consumo de água mais eficiente.

O injetor de fertilizante é um importante acessório para a operação da fertirrigação em sistemas de irrigação. Através do injetor é possível a introdução de fertilizantes e produtos químicos nas linhas de irrigação, bem como realizar o tratamento químico da água, evitando a presença de algas e precipitados. Vários os equipamentos são disponibilizados comercialmente e alguns podem ser construídos pelo próprio produtor rural.

O desenvolvimento do injetor de fertilizante - FERTIPET, cujo princípio de funcionamento ocorre por meio de diferencial de pressão, tem seu uso direcionado para pequenas áreas e canteiros experimentais e que utiliza garrafas de Politereflalato de Etileno (PET) conectado a tubulação de irrigação, com vistas a reduzir o custo e aumentar a eficiência de injeção em relação a similares do mercado. Este mecanismo foi patenteado com apoio do NIPI- Núcleo de Inovação e Propriedade Intelectual da UFGD (Carta Patente nº MU9000574-1), e, portanto, para a validação de seus resultados foram analisados os parâmetros técnicos da eficiência na aplicação de fertilizantes via água em sistemas de irrigação localizado em culturas anuais e perenes.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho do injetor de fertilizantes solúveis - FERTIPET - em sistemas de irrigação localizada comparando a outros métodos de aplicação de fertilizantes em culturas anuais e perenes.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Sistemas de irrigação no Brasil

No Brasil, a agricultura irrigada é considerada a maior captadora de recursos hídricos e a atividade agrícola de maior eficiência na produção de alimentos: grãos, frutas e hortaliças, o que reduz o risco de insegurança alimentar da população considerando que é possível produzir em épocas com déficits hídricos ou em regiões com baixos índices pluviométricos anuais.

A irrigação é utilizada para suprimir de forma artificial a demanda evapotranspirométrica das plantas, assegurando a eficaz produção alimentos. Informações do Atlas da Irrigação (ANA-Agência Nacional de Águas) estimou que a área irrigada no Brasil em 2015 foi de 6,95 milhões de hectares que estão equipados por alguns sistemas de irrigação (aspersão, localizada e ou superfície).

A agricultura irrigada promove a intensificação do uso do solo e, com isso, diminui-se a necessidade de novas áreas de cultivo para se aumentar a produção agrícola. O manejo da irrigação e uso da técnica da fertirrigação além do aumento da produtividade vem o incremento de renda, geração de empregos e impostos.

A seleção dos sistemas de irrigação requer conhecimento referente aos parâmetros físicos da cultura, solo, topografia, qualidade da água e como fator de definição a capacidade técnica do agricultor (RAI et al., 2017).

No Brasil ainda temos um baixo uso da irrigação, e as dificuldades na expansão da irrigação se devem a fatores: baixa capacidade do agricultor gerenciar sistemas de produção irrigada, como reflexo da baixa capacitação técnica, competição pelo uso da água por outras atividades rurais e urbanas, oferta de energia e seu custo, e dificuldade de acesso ao crédito (CHISTÓFIDIS, 2015).

Há muitos sistemas de irrigação disponíveis no mercado capazes de atender as necessidades de cada projeto. Pode-se agrupá-los em: superfície, localizada, aspersão e subirrigação ou subterrânea (ANDRADE; JUNIOR, 2013). Cada sistema tem particularidades na aplicação: a aspersão a água aplicada sobre o dossel da cultura e acima do solo; superfície, quando a água é aplicada diretamente na superfície do solo de forma parcial ou total, seguindo o potencial gravitacional; e localizada, em que a água é aplicada na área onde as raízes das plantas se concentram, formando uma faixa úmida ou bulbo úmido. A subirrigação e drenagem controlada, é um método que consiste na aplicação de água diretamente na subsuperfície do solo, geralmente

pela formação, manutenção e controle de um lençol de água artificial ou pelo controle de um natural, mantendo-o a uma profundidade conveniente (SOUZA et al., 2011).

Entre os sistemas de irrigação, o sistema por aspersão convencional e suas variáveis adaptam-se a maioria dos cultivos e a quase todos os solos irrigáveis por possuírem diferentes configurações (FRIZZONE et al., 2018).

De acordo com CHRISTÓFIDIS (2015), estima-se uma área irrigada de 5,22 milhões de hectares dotados de sistemas de irrigação por aspersão e microirrigação. O sistema de aspersão tipo pivô central está entre os mais populares e, segundo levantamento ANA-EMBRAPA (2015), existem aproximadamente 17.878 equipamentos no Brasil. Atualmente, o Brasil possui aproximadamente uma área de 1,5 milhões de hectares equipados para irrigação por pivô central (ANA, 2019). Esse é o sistema que mais cresce e que deverá continuar liderando a expansão da área irrigada no médio prazo. Dezenas de culturas são irrigadas por pivô, com a área mais concentradas em cana-de-açúcar, algodão, café e, principalmente, soja, milho e feijão.

Com um potencial de expansão até 2030 de 45% da área, atingido 10 milhões de hectares cultivados (ANA, 2019), mas segundo Christófidis (2013), tem potencial sustentável para as áreas de irrigação, de aproximadamente de 29,6 milhões de hectares.

A expansão das áreas irrigadas no Brasil é lenta, assim como os dados estatísticos que podem ser conflitantes. Na Tabela 01, a evolução das áreas de irrigação entre 2010 a 2016. Conforme se observa, a ocorrência da diminuição do crescimento em 2014, favorecido pela seca em várias regiões do Brasil que reduziu a oferta de recursos hídricos. A expansão da microirrigação de 72.576 hectares para 79.834 hectares irrigados, que segundo Frizone et al. (2018), esse efeito tiveram a contribuição do segmento da cafeicultura e da horticultura.

**Tabela 01** – Acréscimo de área irrigada no Brasil, em hectares, (2010 a 2016), segundo a CSEI/ABIMAQ por sistemas pressurizados

| Sistema             | 2010      | 2011      | 2012      | 2013      | 2014      | 2015      | 2016      |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Pivô central</b> | 52.00     | 57.750    | 84.000    | 126.000   | 102.00    | 78.000    | 105.000   |
| <b>Carretel</b>     | 30.000    | 32.500    | 32.500    | 32.500    | 10.500    | 6.000     | 7.500     |
| <b>Localizada</b>   | 50.000    | 56.000    | 60.480    | 72.576    | 79.834    | 75.000    | 75.000    |
| <b>Convencional</b> | 25.000    | 29.500    | 35.400    | 40.710    | 28.497    | 28.000    | 31.000    |
| <b>Total ha/ano</b> | 157.000   | 175.750   | 212.380   | 271.786   | 220.831   | 187.000   | 218.500   |
| <b>Área Total</b>   | 4.336.590 | 4.512.340 | 4.724.720 | 4.996.506 | 5.217.337 | 5.404.337 | 5.622.837 |

Fonte : Christófidis (2015).

As principais culturas irrigadas com as maiores áreas são: o arroz, que ocupa 22% da área com consumo de 37,8% da água; e a cana-de-açúcar, que grande parte da área utiliza irrigação de salvamento (pequenas quantidades, e aplicação com fertirrigação da vinhaça) e ocupa 29% da área e consome 10,9% do total; os pivôs centrais ocupam 20% (principalmente grãos e fibras) e consomem 20,5%, enquanto as demais culturas em outros sistemas ocupam 29% e consomem 30,8% do total da irrigação (ANA, 2017).

É inegável a importância da agricultura irrigada na produção de alimentos, fibras e energia, em grandes áreas irrigadas, a gestão técnica tem sido implantada com grande sucesso, o desafio é a gestão de pequenas e médias propriedades, em que, observa-se maiores deficiências de controle no manejo da irrigação, assim como o uso de técnicas de fertirrigação.

## **2.2 Fertirrigação**

Com a expansão das áreas irrigadas no Brasil, e o surgimento de novas tecnologias desenvolvidas para o monitoramento dos fatores de produção, o uso eficiente da água de irrigação e fertilizantes são essenciais para manter a produção agrícola em equilíbrio com a crescente demanda por terras ambientalmente saudáveis (PAPADOPOULOS, 2001).

A fertirrigação é a técnica em que utilizamos o sistema de irrigação para a distribuição de fertilizantes solúveis em água. É o mais eficiente meio de fertilização e combina dois principais fatores essenciais no crescimento e desenvolvimento das plantas: água e nutrientes (BISCARO, 2014). Shirgure (2013), conceitua a fertirrigação como técnica de aplicação de fertilizantes minerais solúveis na água de irrigação, aplicados nas raízes das culturas.

As inúmeras vantagens da fertirrigação, aliada a sistemas de alta uniformidade de distribuição de água e fertilizantes, são considerados importantes para o projeto e operação de sistemas, pois aplicações errôneas podem contribuir para alterações no rendimento das culturas (WANG et al., 2014). Segundo Kaneco et al. (2012), a comparação técnico-econômica da adubação via fertirrigação, em sistema de irrigação tipo pivô central na cultura do milho, proporcionou vantagens econômicas, ou seja, maior lucratividade e rendimento quando comparada a adubação tratorizada.

Como todos os sistemas de irrigação, existem as necessidades de adaptação às condições de cada propriedade. Segundo Frizone et al. (2012), as principais vantagens da fertirrigação quando comparada com as técnicas convencionais de aplicação de fertilizantes, são as seguintes: economia

de mão-de-obra; facilidade de incorporação do produto químico; redução da compactação do solo e danos mecânicos; comodidade; eficiência de uso e economia de fertilizantes; distribuição de fertilizantes e localização; controle e flexibilidade de aplicação.

Conforme Costa et al. (2015), a fertirrigação possibilita ajustes na aplicação de nutrientes em função da fase fenológica das culturas, proporcionando eficiência e economia dos fertilizantes. A eficiência da aplicação de fertilizantes por fertirrigação, observado por Teixeira et al. (2011) promoveu um aumento de 36% na eficiência fertilizante em relação a adubação convencional de nitrogênio e potássio na cultura da banana.

Embora existam inúmeras vantagens, algumas limitações podem ocorrer, tais como: escolha do fertilizante; corrosão e entupimento do sistema; reações químicas dos fertilizantes dentro do sistema; contaminação e envenenamento; gastos capitais; baixa uniformidade potencial de distribuição; calibração; derivação para fora das áreas adjacentes; uso de mão de obra especializada (SOUZA et al., 2011).

De acordo com Bezerra et al. (2015), a complexidade e a falta de capacitação dos irrigantes ocasiona aplicações inadequadas de acordo com experiências vividas, apesar de ser uma forma eficiente de aplicação. Segundo Eloi et al. (2011), o cultivo de tomateiro submetido ao manejo de diferentes níveis de salinidade promovido pela fertirrigação em ambiente protegido observou redução nas variáveis produtivas. Portanto, quando manejada de forma incorreta, além de criar condições inadequadas ao solo, a fertirrigação pode contaminar camadas mais profundas do solo, contaminando até o lençol freático (FRANCO et al. 2017).

### **2.3 Fertirrigação – equipamentos de sistemas utilizados**

Para se criar uma agricultura mais intensiva e sustentável com o objetivo de aumento da produção de alimentos, é necessário principalmente o uso de fertilizantes e da irrigação. Dentre os meios de aplicação de fertilizantes mais eficientes com menores perdas está a fertirrigação, que consiste na aplicação de fertilizantes solúveis através do sistema de irrigação, tornando-se uma prática comum na agricultura irrigada moderna (MEDEIROS et al., 2012).

Uma condição necessária ao desempenho satisfatório do sistema de irrigação é a elevação de níveis de uniformidade de distribuição de água. O uso racional da água com sistemas de irrigação localizada garante uma maior Eficiência do Uso da Água (EUA). Segundo Carvalho et

al. (2009) a irrigação localizada possui uma melhor relação EUA, diminuição de mão de obra e redução de incidências de problemas fitossanitários.

Sistemas pressurizados de irrigação são os que melhor se adaptam a fertirrigação. Diversos equipamentos podem ser utilizados para a injeção de fertilizantes e outros produtos químicos na água de irrigação, os quais são diferenciados quanto a fonte de energia, princípios de funcionamento, eficiência e preço. Os métodos de injeção de produtos químicos via água de irrigação podem ser classificados em diversos grupos (PIZARRO, 1996). Didaticamente, pode-se classificar em: bomba centrífuga (bomba dosadora, pressão positiva e negativa), diferencial de pressão (tanque de derivação, venturi), gravidade (carga estável, variável e orifício) (PINTO; BRITO, 2010).

O custo e a fonte de energia dos injetores de fertilizantes são parâmetros importante para escolhas dos equipamentos de irrigação e conseqüentemente no êxito da fertirrigação. A disseminação e a adoção da tecnologia global da fertirrigação é conseqüência das vantagens comparativas que o método oferece, dentre elas, a de tornar-se mais econômico aplicar produtos químicos via água de irrigação do que utilizar qualquer outro método de aplicação convencional (COSTA et al., 1986). Segundo Villas Bôas et al. (1999) o uso da fertirrigação leva a uma amortização mais rápida do custo do equipamento de irrigação mas a escolha do injetor poderá se tornar prejudicial para a pratica da fertirrigação (FEITOSA FILHO, 1998).

O uso dos injetores de fertilizantes, mesmo com a diversidade de modelos, deve ser adequado para cada situação específica, ao produto a ser aplicado e a condição técnica do operador do sistema (SANTOS et al., 2012).

Os injetores de fertilizantes mais comuns são o tanque de pressão diferencial ou de derivação, injetor Venturi e bombas de pistão proporcional (IMAS, 1999). Os dois últimos tipos têm a capacidade de injetar a uma taxa constante durante o processo de fertirrigação e também dispõem um maior investimento em capital. Quando em comparação ao tanque possui baixo custo, simplicidade operacional e manutenção (LI et al., 2006).

O injetor Venturi é um dispositivo de construção simples, sem necessidade de fonte de energia especial. O funcionamento, segundo Frizone et al. (2018), baseia-se no princípio da transformação de energia de pressão da água na tubulação em energia cinética, quando a água passa pela seção estrangulada do Venturi, que, novamente, se transforma em energia de pressão quando volta a tubulação principal, como apresentado na Figura 1.

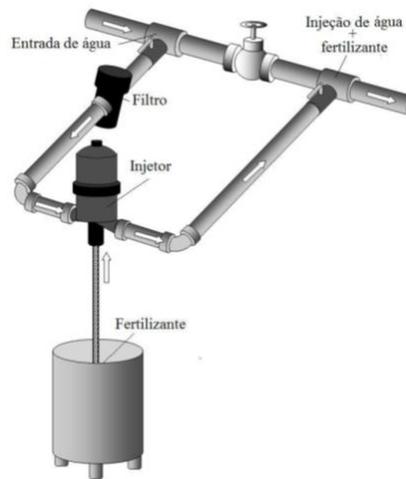


**Figura 1.** Esquema de funcionamento do injetor Venturi. Fonte: adaptado de Biscaro (2014).

É instalado em um arranjo de desvio colocado em um recipiente aberto com a solução de fertilizante. Ao passar pela seção estrangulada, ocorre aumento da velocidade da água, ocasionando redução na pressão que ocasionará a aspiração da solução de fertilizante e sua injeção na rede (ALMEIDA, 2002). A taxa de injeção é muito sensível a variações de pressão, e pequenos reguladores de pressão são às vezes necessário para uma ejeção constante. De acordo Oliveira et al. (1996), uma pequena variação na pressão ou na vazão da rede de irrigação provoca uma variação significativa na quantidade de solução injetada e também apresenta baixo rendimento, geralmente em torno de 10 a 15%. Os injetores são feitos de plástico nos tamanhos de até 2 polegadas e com taxas de injeção de 40-2000 litros  $h^{-1}$ . Eles são relativamente baratos comparado com outros injetores.

As bombas dosificadoras ou injetoras utilizam diferentes formas de acionamento: elétrica, hidráulica ou por motor a combustão. A solução previamente preparada em tanque aberto (pressão atmosférica) é injetada na tubulação com pressão superior à da água de irrigação com uma bomba apropriada com a vantagem de injeção a uma taxa constante.

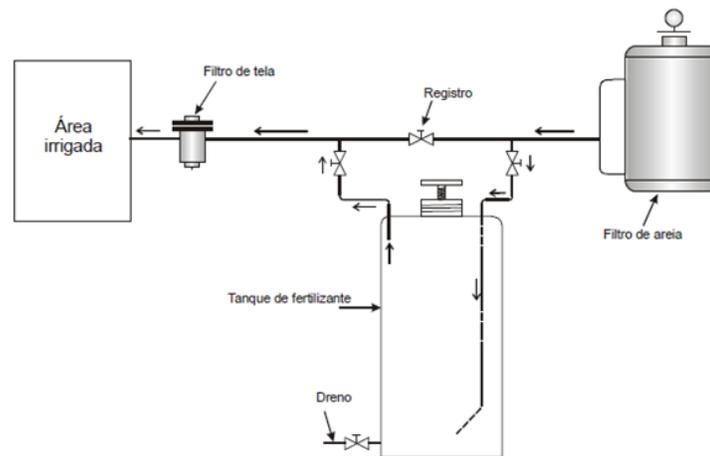
Estas permitem amplo ajuste para regulagem de volume de solução aplicada. Porém, entre os inconvenientes figuram a necessidade de uma pressão mínima de 2,0  $kgf\ cm^{-2}$  e o alto custo quando comparado com outros equipamentos (ZANINI, 1989). A taxa varia de 9 a 2500 litros  $h^{-1}$ , dependendo da pressão do sistema, e pode ser ajustado por pequenos reguladores. Feito de material plástico durável, estes injetores estão disponíveis em vários modelos e tamanhos. Eles são mais caro do que os injetores do tipo Venturi (Figura 02).



**Figura 2.** Esquema de montagem e funcionamento de injetor de fertilizante tipo bomba dosadora. Fonte: adaptado de Biscaro, (2014).

O injetor Venturi produz maiores perdas de pressão, enquanto as bombas injetoras tem custos de investimento capital mais altos. Em vez disso, o tanque de pressão diferencial é o injetor de fertilizante de baixo custo, operação e manutenção simples (LI et al, 2006). Segundo Alves et al. (1993), o uso do tanque de pressão diferencial aconselha o uso, dada a facilidade de manejo, menor custo quando comparado a bomba dosificadora e facilidade de controle do produto aplicado.

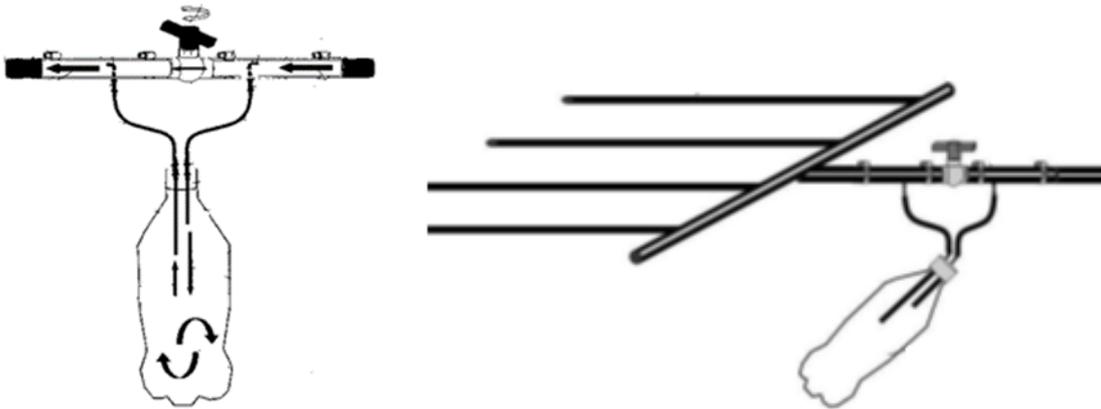
O tanque de derivação de fluxo é um recipiente metálico ou de plástico com tampas herméticas, geralmente de forma cilíndrica e de volume variado, que são conectados em dois pontos da tubulação principal do sistema de irrigação, (Figura 3). Consiste em um depósito onde se coloca a solução de fertilizantes a ser aplicada e que, uma vez fechado, alcança em seu interior a mesma pressão que a rede de irrigação. Por isso o tanque deve ser capaz de suportar a pressão estática e dinâmica da rede. O normal é que resista a cerca de 300 kPa, como mínimo, ainda que se recomenda suportar uma pressão de trabalho a cerca de 600 kPa (LOPEZ et al., 1997). Seu volume varia entre 20 e 200 litros.



**Figura 3.** Tanque de fertilizante- (desenho: José Cletis Bezerra).

O desenvolvimento de sistemas de injeção de fertilizantes de fácil operação, montagem e baixo custo, auxiliam o produtor rural irrigante de baixa capacidade técnica. O desenvolvimento do injetor FERTIPET, uma derivação do sistema de injeção por diferencial de pressão, onde ocorre a substituição do tanque por garrafas de politereftalato de etileno (garrafas PETs), conectado diretamente a rede de irrigação, utiliza sistemas de baixa pressão de serviço, com capacidade de atender pequenas área irrigadas por sistemas de irrigação localizada como: canteiros, pequenos pomares e área de experimentos.

Patente requerido por Biscaro e Gomes (2010), que desenvolveu os primeiros protótipos para atender as necessidades de se realizar a fertirrigação em pequenas parcelas em experimentos, em área de irrigação da FCA-UFGD em Dourados, MS, com o objetivo de aplicar de forma parcelada e em pequenas áreas, quantidades diferenciadas de fertilizantes, em que outros sistemas de injeção comercial não possuíam esta capacidade. De montagem simples, conforme Figura 4, possui custo de montagem abaixo dos R\$15,00 (quinze reais) a preços atualizados em 2019.



**Figura 4.** Esquema de montagem sistema injetor Fertipet (fonte: BISCARO, 2010).

O princípio de funcionamento por meio de um mecanismo composto por um obturador de plástico (registro de esfera), cuja função é proporcionar o diferencial de pressão na tubulação na qual ele é instalado, parte da água destinada a irrigação é conduzida para o interior da garrafa de PET aonde ocorre a mistura com a solução fertilizante, previamente colocada. Simultaneamente, o conteúdo da garrafa é derivado de volta para a mesma tubulação, sem a necessidade de uma fonte de energia externa para acionamento do equipamento. A taxa de injeção realizada de acordo com a regulagem de fechamento do obturador e pressão do sistema e conforme a vazão derivada para a garrafa, a concentração do produto dentro da mesma vai diminuindo até o momento que ele é totalmente substituído por água (BISCARO; GOMES, 2010).

A utilização da garrafa de PET como tanque pressurizado soluciona os inconvenientes aventados uma vez que a mesma torna o equipamento mais leve, simples e barato e com capacidade de resistir a pressões acima dos 294 kPa, que conforme a ABNT NBR15395 (2005), garrafas Pet não devem romper com pressão inferior 689 kPa. A operação é facilitada, visto que a solução fertilizante pode ser preparada em um local abrigado e ser transportada ao ponto exato em que será dada a injeção.

Devido a existência de diferentes sistemas de injeção de fertilizantes na tubulação de irrigação, as condições de cada caso devem ser consideradas minuciosamente para adotar a decisão correta (BORGES; COELHO, 2009). Em trabalho de Oliveira et al. (2003), na avaliação de distribuição do fertilizante potássio em três sistemas diferentes: um sistema de irrigação por gotejamento quando utilizado um injetor Venturi, uma bomba elétrica Multifertic e uma bomba injetora hidráulica proporcional Dosmatic concluiu-se que não ocorreu variação significativa na

uniformidade de distribuição do potássio devido aos injetores utilizados. O trabalho de Li et al, (2006), avaliou o sistema de injeção por tanques de diferença de pressão e observou que a concentração liberada de um tanque depende no tamanho do orifício de injeção, volume do tanque, pressão diferencial e quantidade de fertilizante aplicada, diminuindo exponencialmente com tempo, podendo os perfis de injeção ser alterados pela variação do tamanho do orifício, volume do tanque e pressão diferencial.

Conforme Fan et al (2017), o injetor Venturi e o sistema de bomba proporcional garantem maiores uniformidades em pressões de trabalho mais elevadas. No entanto, o tanque de pressão diferencial deve ser usado para reduzir custos, devendo ser minimizada a pressão diferencial do tanque de fertilizante assim estendendo o tempo de injeção.

## **2.4 Manejo da fertirrigação**

A fertirrigação vem sendo utilizada em todo o país, em algumas regiões e em diversas culturas tem sido utilizado de forma frequente. Uma das regiões pioneiras de seu uso, o Nordeste, tem sua produção, principalmente de frutas, em sistemas irrigados com amplo uso da fertirrigação. Culturas como melão, uva, manga, citrus, hortaliças, flores, café, entre outras, que possuem valor agregado no mercado, tem sido potencializada com uso da técnica da fertirrigação.

A facilidade de aplicação de nutrientes via fertirrigação seja pela economia de mão de obra ou outro fator de custo e características da cultura tem promovido mudanças de hábitos dos produtores irrigados. Sobreira et al. (2011), cita que o uso da fertirrigação na implantação de cafeeiros fertirrigados, em plantio adensado, pode-se reduzir em 30% a dose de N e  $K_2O$  recomendada para o cultivo em sequeiro e ainda o crescimento em sistemas fertirrigados é superior ao do cultivado em sequeiro.

Há inúmeros fertilizantes no mercado que podem ser utilizados na fertirrigação. No entanto, a escolha deve ser precedida de um estudo das características dos produtos, para que sua utilização seja adequada aos demais elementos envolvidos no processo: sistema de irrigação, solo, água e planta (FRIZZONE 2012). Ele é basicamente composto de duas fontes: sólidos solúveis em água e os adquiridos na forma fluida, com fontes de fertilizantes simples ou em misturas (BORGES et al., 2011). As fontes de fertilizantes simples mais comuns são: úreia, nitrato de amônio, nitrato de cálcio e potássio, DAP, MAP, cloreto de potássio, e micronutrientes como: bórax, sulfato de zinco, magnésio entre outros.

O uso da fertirrigação deve seguir um planejamento e as características de cada produto aplicado. Ponto importante a ser observado no uso de fertilizantes pela fertirrigação é a relação de movimentação destes no solo. Destacam-se os fertilizantes nitrogênio (N) e potássio (K), possuem vantagem de alta mobilidade no solo e a solubilidade em água (AZEVEDO et al., 2014). Já para os nutrientes como fósforo, cálcio e outros, sua aplicação é vantajosa em situações específicas, como por exemplo, gotejamento e microaspersão. Segundo Evans e Waller (2007), os produtos químicos devem atender os requisitos de não serem corrosivos, econômicos e solúveis em água, baixo índice de periculosidade ao campo e não ter reação adversa com sais presentes na água da irrigação.

A solubilidade do fertilizante pode interferir na diluição em água, uma vez que é calculado a partir de produtos puros e os valores tabelados devem ser aplicados apenas fertilizantes com alto grau de pureza (MANTOVANI et al., 2006). Segundo Frizone et al. (2012), os fertilizantes devem ser solúveis e compatíveis em água, com objetivo de se evitar entupimentos. Conforme Coelho et al. (2010), há de se considerar a compatibilidade entre os fertilizantes utilizados, para que se evite a formação de precipitados no sistema de irrigação. A incompatibilidade de íons como o sulfato com cálcio, fosfatos com o cálcio e o magnésio, recomenda-se a aplicação isoladamente para que se evite a formação de precipitados (BORGES; SILVA et al., 2011).

Conforme Medeiros et al. (2012), os fertilizantes aplicados na fertirrigação parte são absorvidos pela cultura e o restante ficam adsorvidos nos coloides do solo, aumentando a concentração eletrolítica do solo. Para Lao et al. (2004), a importância da determinação dos níveis de nutrientes na solução do solo para um manejo adequado da fertilidade solo. A utilização inadequada dos fertilizantes, que inclui a quantidade aplicada e a escolha, aumenta a possibilidade de salinização do solo. Portanto, a composição química da solução do solo se faz importante para a avaliação da disponibilidade de nutrientes e a concentração de íons tóxicos durante o ciclo produtivo da cultura.

A prática do manejo da fertirrigação é complexa devida a distribuição de água sobre a superfície do campo, e devido à variabilidade espacial, e temporal das características solo. Segundo Ebrahimiam et al. (2014), não se tem definido o desenho da gestão adequada, para a fertirrigação. A prática da fertirrigação geralmente ocorre com uma quantidade predeterminada de fertilizante, divididas de acordo a taxa de absorção da cultura, com a falta de monitoramento da

solução do solo e estado nutricional da cultura, resultando em elevação dos custos e aumento do potencial de salinização do solo (OLIVEIRA et al., 2015).

A falta de conhecimento dos irrigantes relacionados ao manejo adequado dos sistemas de irrigação e a técnica da fertirrigação contribuem na diminuição do potencial produtivo das culturas. Portanto, não pode ser tratado com natureza fixa, conforme colocado no projeto, mas deve ser flexível, ou seja, variável de acordo com a necessidade da cultura. Segundo Miranda et al. (2006), para realização do manejo adequado da fertirrigação é necessário cálculo necessário do fertilizante para a cultura e modo de aplicação. Para Silva (2008), o uso inadequado de fertilizantes associado à qualidade da água de irrigação gera fatores desfavoráveis para o desenvolvimento da cultura.

A fertirrigação ainda permite a distribuição de nutrientes específicos para cada ciclo, ou fase de desenvolvimento da cultura, minimizando os riscos de perdas de nutrientes (CAMEIRA, 2014). Qualquer método de irrigação é passível de se realizar a injeção de fertilizantes, sendo importante considerar o equilíbrio adequado da quantidade de água para a irrigação e a quantidade de fertilizante sólido que pode ser dissolvido, além da concentração de líquido fertilizante (HAGIN, 2003), para uma manutenção completa das características como pH e condutividade elétrica (CE) em intervalos considerados adequados. Para uma distribuição uniforme de fertilizantes pelo sistema de irrigação, ou seja, o manejo adequado da fertirrigação, faz-se necessário cuidados no funcionamento do da irrigação em que: a tubulação deve estar cheia de água, e os emissores com uniformidade em níveis desejáveis de uniformidade.

Em termos gerais, a decisão de realizar a fertirrigação deverá ser tanto mais intensa quanto maior for a localização da irrigação (menor volume de solo molhado) maior deverá ser a frequência da aplicação de água (LOPEZ et al, 1997). Segundo Franco et al. (2015), o uso da fertirrigação em sistemas de gotejamento, com taxas elevadas de aplicação apresentaram deslocamentos de íons para camadas mais profundas, sendo, maior intensidade em solos arenosos que apresentaram maiores níveis de condutividade elétrica nas camadas profundas e os solos argilosos têm maior capacidade de reter sais solúveis, que resultou em menores condutividades elétricas nas camadas inferiores. Segundo Rivera et al. (2008), a capacidade de adsorver o soluto é denominada de fator de retardamento que dependem do tipo de solo, da concentração do soluto, dos íons acompanhantes, entre outros.

Para que se evite precipitações por reações químicas no sistema (DENICULI, et al., 1992), é recomendado o parcelamento das aplicações, para ocorrer melhor incorporação de fertilizantes

na zona de maior concentração do sistema radicular. Solos arenosos requerem uma maior frequência na fertirrigação, principalmente em relação com fertilizantes propensos a lixiviação. As fertirrigações menos frequentes, resultam em uma maior taxa de aplicação, o que influencia na condutividade elétrica e potencial osmótico da solução do solo (SOUZA et al., 2011).

Quando se utiliza a técnica de fertirrigação em solos tropicais, recomenda-se a aplicação de fertilizantes de melhor qualidade, com menor índice salino e, preferencialmente, com reação neutra ou ligeiramente alcalina. No manejo da fertirrigação o uso de fertilizantes nitrogenados, além de, serem promotores de crescimento das plantas pode interferir nos efeitos da salinidade, sendo que nas condições especificadas ocorra acúmulo de compostos orgânicos que contêm nitrogênio (MUNNS; TESTER, 2008).

Para uma fertirrigação eficiente, o equilíbrio entre quantidade de nutrientes e volume aplicado deve ser suficiente para nutrir a planta e não acumular fertilizantes no solo (ZHANG et al., 2011). Os fatores: condutividade elétrica e pH são considerados para o manejo da fertirrigação, como critérios técnicos e de incrementos de produção (BERNET et al., 2015), corroborando com trabalho de Oliveira et al. (2015), que o manejo da fertirrigação deve ser conduzido monitorando o pH e a condutividade elétrica, durante o ciclo da cultura instalada. Portanto, é importante realização do manejo da condutividade elétrica e pH, independente do meio utilizado na determinação desses parâmetros (EBRAHIMIAN et al., 2014).

O monitoramento durante o processo da fertirrigação deve ser acompanhado em todas as etapas: verificação concentração da calda de injeção, uniformidade de distribuição no campo com a aferição da solução nos emissores e monitoramento das condições do solo. Segundo Villas Bôas; Souza (2008), o processo da fertirrigação deve ser monitorado nas etapas do processo: a) análise da água utilizada na irrigação com avaliação do pH e condutividade elétrica (CE), b) avaliação da calda de fertilizante previamente preparada com a avaliação da CE, c) avaliação da solução de saída nos emissores para que se evite má distribuição na área fertirrigada, d) avaliação da solução do solo.

A avaliação da solução do solo, cujos atributos podem ser facilmente mensurados pela condutividade elétrica (CE) de forma rápida no campo com uso de condutímetro e medidores de íons específicos (K, NO<sub>3</sub>, Ca), segundo Hebel Junior et al. (2008), a condutividade elétrica é relacionada a concentração de íons presentes na solução do solo. Martinez (1997), demonstra que

a condutividade elétrica diminui conforme ocorre consumo dos elementos nutricionais pela cultura.

O acompanhamento da distribuição dos nutrientes no solo sob fertirrigação deve ser uma prática para que se permita manipular e ajustar a aplicação dos fertilizantes necessários a cada fase da cultura e prevenir danos ao ambiente, com aumento de sais presentes no perfil do solo (SOUZA et al., 2011). A determinação da eficiência da aplicação do fertilizante no solo pode ser monitorada com frequência, o uso de extratores de capsula porosa de solução do solo são eficientes, de baixo custo, não destrutível e com facilidade da coleta da fase líquida, diretamente no campo (SOUZA et al., 2013). Conforme Silva et al. (2013), os extratores de capsula são eficientes para a determinação da concentração da salinidade e íons presentes na solução do solo, resultados que corroboraram com Medeiros et al. (2012), que obteve precisão na determinação da concentração de potássio e nitrato, assim como a condutividade elétrica.

O uso de dosagens de fertilizantes e frequência de aplicação pré-estabelecidas, sem a avaliação do estado nutricional da cultura, tem ocasionado problemas de aumento da salinidade do solo, toxidez de plantas. Diante desse fato, a importância da manutenção, e monitoramento da fertirrigação de modo que se possa realizar ajustes necessários durante ciclo da cultura (ELOI et al., 2011).

Novas técnicas para o monitoramento de cultivos fertirrigados, vem sendo desenvolvidas de modo a facilitar o uso campo, com isso o produtor rural poderá além das análises convencionais de solo, e foliares, ter acesso facilitado da informação da qualidade da fertirrigação, evitando-se assim ,desperdícios de fertilizantes, contaminação do solo por excesso de sais (SILVA, 2014). Portanto, a implementação de método capaz de monitorar de forma contínua a distribuição de água e íons em campos agrícolas faz-se necessária para facilitar o manejo da fertirrigação nos solos cultivados.

## **2.5 Uniformidade de distribuição de fertilizantes**

A introdução de sistemas de irrigação e fertirrigação no processo de produção agrícola deve ser tomada com base na probabilidade de ser atingido um certo nível de eficácia dessa técnica. O conceito de eficiência de irrigação, entretanto, difere dessa interpretação mais ampla, sendo definido como a quantidade (volume ou lâmina) de água que é efetivamente usada para um fim específico, em relação ao total de água disponibilizado para aquele fim.

Para Frizzone e Dourado Neto (2003), para analisar a qualidade da irrigação em campo são utilizados alguns parâmetros de desempenho: uniformidade, eficiência de aplicação e grau de adequação. A eficiência é um indicador para quantificar o uso benéfico da água, sendo a razão do volume de irrigação usado pela cultura e o volume total de água de irrigação (BURT et al, 1997). O grau de adequação refere-se à fração da área que recebe a quantidade de água capaz de manter a qualidade do produto e a produtividade vegetal no nível econômico desejado pelo produtor rural, de modo geral é a quantidade de água aplicada para evitar déficit hídrico em 90%, 80% ou 75% da área (FRIZZONE, 2017).

A uniformidade de distribuição de água expressa a variabilidade de distribuição da lâmina de irrigação aplicada na superfície do solo em relação ao valor médio. Em sistema de irrigação localizado a uniformidade de distribuição é influenciada pela qualidade da água, dos gotejadores e o uso da fertirrigação com sais que podem causar entupimento, que contribuem para a desuniformidade de distribuição. A homogeneidade de distribuição de água afeta o desenvolvimento da cultura, o manejo, a qualidade e os custos inerentes a irrigação (SANTOS et al., 2003). Segundo Gil et al. (2008), o desenvolvimento desuniforme de uma cultura irrigada é resposta da baixa uniformidade de distribuição de água e nutrientes fornecidos pelo sistema de fertirrigação.

A prática da fertirrigação em sistemas de gotejamento é o mais utilizado devido a manutenção da umidade do solo na área de maior volume de raízes o que promove aumento da absorção de nutrientes. A minimização da flutuação do potencial hídrico do solo, facilita o desenvolvimento de culturas melhorando a produtividade e qualidade (KANG; WAN, 2005). A fertirrigação em sistemas de irrigação localizada possibilita maior uniformidade e eficiência por aplicar água e os nutrientes próximos ao sistema radicular das plantas (BISCARO, 2014).

A distribuição uniforme de água nas linhas laterais em um sistema de irrigação assume papel importante quando se faz o uso da fertirrigação de modo que, uma vez que sua aplicação seja homogênea pela superfície é uma condição básica para a distribuição dos fertilizantes via água de irrigação (CAMARGO, 2010). Os procedimentos de campo para avaliação e determinação da aplicação e distribuição de água ao longo dos emissores na linha lateral em um sistema de irrigação localizada estão diretamente relacionados com a vazão desses emissores, que pode variar devido a perdas por atrito ao longo dos tubos, a ligação dos emissores, aos ganhos e perdas de energia devido à elevação do terreno (topografia), a qualidade dos tubos, à quaisquer obstruções e

entupimento, e também aos efeitos da temperatura da água no regime de fluxo e geometria dos emissores (SILVA; SILVA, 2005).

Existem vários os métodos para a determinação dos coeficientes de variação, sendo o mais utilizado o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) proposto por Christiansen (1942) e de uniformidade de distribuição o CUD proposto por CRIDDLE et al. (1956). Segundo Bernardo (1989), a equação de Christiansen permite a obtenção de resultados bastantes confiáveis. Para Zocoler (2005), é aceitável valores acima de 90% para CUC e entre 85 e 90% para CUD.

A determinação da equação de Christiansen (CUC), sendo está representado pela Equação 01:

$$CUC = 100 \cdot \left[ 1 - \frac{\sum_i^n |q_i - q_m|}{n \cdot q_m} \right] \quad \text{Eq. 01}$$

Em que : CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);  $q_i$  = vazão de cada gotejador ( $L h^{-1}$ );  $q_m$  = vazão média dos gotejadores ( $L h^{-1}$ );  $n$  = número de gotejadores.

O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) determinado pela Equação 02:

$$CUD = \frac{q_{1/4}}{q_{total}} \cdot 100 \quad \text{Eq. 02}$$

Em que: CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição (%);  $q_{1/4}$  = média de  $1/4$  das vazões que apresentam os menores valores;  $q_{total}$  = média de todas as vazões.

Em sistemas de irrigação por gotejamento, um método bastante utilizado para a determinação da uniformidade da quantidade de água aplicada e distribuída ao longo da lateral com os emissores é medida pela uniformidade de emissão (UE) e expressa em percentagem, expressa pela Equação 03:

$$UE = 100 \times \frac{q_{25}}{\bar{q}}, \text{ em percentagem} \quad \text{Eq. 03}$$

Em que:  $q_{25}$  = vazão média dos 25% dos gotejadores com menor vazão;  $\bar{q}$  = média das vazões, considerando todos os gotejadores.

De acordo com as normas da ASAE EP 458 (ASAE, 2001), os emissores podem ser classificados como: Excelente (> 90%); Bom (75-90%); Regular (62-75%); Ruim (50-62%) e inaceitável (<50%).

As baixas UE podem ser causadas por: variabilidade nas características hidráulicas devido a deficiências no controle de qualidade do processo de fabricação de tubulações e emissores; sistemas de irrigação/projetos mal dimensionados e operados; sistemas de irrigação/projetos operando com pressões de serviço fora dos padrões recomendado; e alterações físicas no sistema que pode ocorrer com o tempo de funcionamento. Biscaro (2014), sugere a realização periódica da uniformidade e eficiência de aplicação de água para a possível correção de eventuais falhas, garantindo assim a distribuição uniforme de fertilizantes por toda a área. A obstrução parcial ou total dos emissores em função do tempo de funcionamento resulta uma diminuição da uniformidade de distribuição de água (MELO et al., 2008).

Devido a oneração de tempo para avaliação de uma unidade completa de um sistema de irrigação por gotejamento foram propostas simplificações, como a proposta de Keller; Karmeli (1975), cuja metodologia para determinação da vazão é baseada em quatro linhas laterais de uma derivação do sistema e em cada linha quatro pontos ou gotejadores ao longo da tubulação lateral, sendo: os gotejadores localizados: no primeiro emissor, no emissor situado a 1/3 do comprimento, no emissor situado a 2/3 do comprimento e no último emissor e as linhas. As linhas laterais para a avaliação devem ser a primeira, a 1/3 e 2/3 do comprimento e a última linha lateral de uma derivação.

A ocorrência de distribuição de fertilizantes homogênea em uma área sob sistema de gotejamento deve ser dividida em etapas, e deve começar após algum tempo após o início do funcionamento do sistema de irrigação, proporcionando tempo necessário para que a água possa circular em toda a tubulação e sair plenamente pelos emissores (BISCARO, 2014).

A avaliação de distribuição de fertilizantes pelos emissores na área se faz a necessidade de realização de coleta de amostras e, posteriormente a determinação da concentração. O tempo de injeção dos fertilizantes pode interferir na uniformidade na área de cultivada. Uma forma de se homogeneizar a concentração do nutriente em todos emissores é o aumento do tempo de injeção da solução. A recomendação pode variar, Oliveira e Villas Boas (2008), recomendam períodos mais longos de injeção com tempo superior a 30 minutos. De acordo Frizzone et al. (1995), o tempo não deve ser inferior a 30 minutos. Sampaio et al. (1997), cita que a estabilização da concentração de fertilizantes na tubulação ocorre após 20 minutos. A injeção de fertilizantes em tempos curtos pode ocasionar o acúmulo de fertilizante somente em parte da unidade irrigada.

Tempos de injeção maiores possibilitam maiores uniformidades de distribuição (OLIVEIRA et al., 2003). De acordo Souza et al. (1997), as variações da taxa de injeção não interferiram na distribuição de potássio ao longo das linhas laterais. Bomfim et al. (2014), em avaliação da distribuição de potássio em gotejamento com fertirrigação em diferentes pontos de injeção na linha principal, verificou que a concentração e a distribuição de  $K_2O$  diminuía linearmente com o aumento da distância do ponto de injeção, apesar dos coeficientes de uniformidade dos gotejadores classificados como excelentes. Oliveira (2002), após avaliação da uniformidade de distribuição temporal e espacial de KCl na fertirrigação, em um sistema de irrigação por gotejamento concluiu que os injetores utilizados não apresentaram diferença quanto uniformidade de aplicação de fertilizantes e que quanto menor a distância percorrida pelo fertilizante e mais longo o tempo de injeção, maior é a uniformidade de distribuição.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Geral**

Avaliar o desempenho do injetor de fertilizantes solúveis - FERTIPET - em sistemas de irrigação localizada comparando a outros métodos de aplicação de fertilizantes em culturas anuais e perenes.

#### **3.2 Específicos**

Avaliar o desempenho da cultura do milho utilizando a fertirrigação nitrogenada com o uso do “FERTIPET”.

Avaliação técnica de aplicação de fertilizantes com uso de diferentes injetores na implantação de área com cultivo da erva mate.

Avaliação dos coeficientes de uniformidade e desempenho hidráulico do injetor FERTIPET em sistemas de irrigação localizada por gotejamento.

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JUNIOR, A. S.; DIAS, N. S.; FIGUEIREDO JUNIOR, L. G.; RIBEIRO, V. Q.; SAMPAIO, D. B. U. Produção e qualidade de frutos de melancia à aplicação de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 836-841, 2006.

ALMEIDA, O. A. de. Equipamentos de injeção de fertilizantes. In: BORGES, A.L.; COELHO, E.F.; TRINDADE, A.V. **Fertirrigação em Fruteiras Tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. p. 28-42.

ALVES, D. N. B.; FARIA, M. A.; LIMA, L. A.; SILVA, A. M. Desempenho da bomba injetora e do tanque de derivação de fluxo na aplicação de cloreto de potássio em microaspersão. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 22., **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. P. 2586-2597.

ANDRADE, C. L. T.; JUNIOR, J. C. F. B. Seleção do método de irrigação. **Uso e Manejo de Irrigação**. 2ed., Brasília, DF: Embrapa, 2013. p.317-399.

ANA-Agência Nacional de Águas. **Atlas Irrigação**: 2015. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrrigacaoUsodaAguanaAgriculturaIrigada.pdf>>. Acesso em: 02 abril 2019.

ANA-Agência Nacional de Águas. **Projetos Pivôs Brasil: resultados 2013**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>. Acesso em 06 jun 2019.

ANA-Agência Nacional de Águas. **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/levantamento-da-agricultura-irrigada-por-pivos-centrais-2019>. Acesso em: 10 setembro 2019.

ASAE. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. *Field evaluation of micro irrigation Systems*. St. Joseph: **ASAE Standard engineering practices** data: EP 458, 2001. p.792- 797.

AZEVEDO, B. M.; FERNANDES, C. N. V.; CAMARGO, D. C.; GARCÍA, A. C.; VIANA, T. V. A.; CAMPÊLO, A. R. Fertirrigação potássica do cajueiro com diferentes fontes e formas de diluição do cloreto de potássio. **Irriga**, v. 19, n. 2, p. 325-332, 2014.

BERNERT, R. B.; ESCHEMBACK, V.; JADOSKI, S. M.; LIMA, A. DOS S.; POTT, C. A. Características do pH e condutividade elétrica no manejo de fertirrigação. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v.8, p.80-87, 2015.

BEZERRA, F. M. S.; SILVA, R. T.; NETA, M. L. S.; LIMA, L. A.; MARTINS, D. C.; COSTA, J. P. B. M.; RÉGIS, L. R. L.; OLIVEIRA, F. A. Efeito residual da fertirrigação no cultivo do pimentão sobre a cultura do feijão-caupi. **ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido**, v.11, n.2, p 38-45, 2015.

BISCARO, G. A.; GOMES, E. P. Injetor de fertilizantes para sistemas de irrigação localizada utilizando garrafa Pet Fertipet. **Carta patente** nº MU 9002574-1. 2010.

BISCARO, G. A. **Sistemas de irrigação localizada**. Ed. UFGD, Dourados, MS. 262 p. 2014.

BOMFIM, G. V.; MANZANO, J.; AZEVEDO, B. M.; VASCONCELOS, D. V.; VIANA, T. A. Distribuição de potássio em gotejamento com fertirrigação em diferentes pontos de injeção na linha principal. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.34, n.6, p. 1150-1161, nov./dez. 2014.

BORGES, A. L.; SILVA, D. J. **Fertilizantes para fertirrigação**. In: SOUSA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). (Ed.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. cap.7, p.253-264.

BORGES, A. L.; COELHO, E.F. **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. 2 ed. rev e ampl. – Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. 179 p. ISBN: 85-7158-002-2.

BURT, C. M.; CLEMMENS, A. J.; STRELKOFF, T. S.; SOLOMON, K. H.; BLIESNER, R. D.; HARDY, L. A.; HOWELL, T. A.; EISENHAUER, D. E. Irrigation performance, measures: efficiency and uniformity. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 123, n.6, p. 423-442, 1997.

CAMARGO, D. C. **Uniformidade de distribuição de potássio utilizando diferentes fontes e concentrações na calda de fertirrigação em condições de campo**. 2010. 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – UFC, Fortaleza, 2010.

CAMEIRA, M. R.; PEREIRA, A.; AHUJA, L., MA, L. Sustainability and environmental assessment of fertigation in an intensive olive grove under Mediterranean conditions. **Agricultural Water Management**, v. 146, p. 346-360, 2014.

CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA NETO, D. H.; SILVA, D .G. Economia e eficiência de “gota em gota”. **Revista A Granja**, Porto Alegre, p.34-37, dez. 2009.

COELHO, E. F.; COSTA, E. L.; BORES, A. L.; ANDRADE NETO, T. M.; PINTO, J. M.; Fertirrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.31, n.259, p.58-70, 2010.

COSTA, J. P. B. M.; RÉGIS, L. R. L.; OLIVEIRA, F. A. Efeito residual da fertirrigação no cultivo do pimentão sobre a cultura do feijão-caupi. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.11, n.2, p 38-45, 2015.

COSTA, E. F.; FRANÇA, G. E.; ALVES, V. M. C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 139, p. 1-112, 1986.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**, Berkeley: University of California, 1942. 142 p.

CRISTÓFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista Política Agrícola**. Brasília, DF, v.22, n.1, p.115-127, 2013.

CRISTÓFIDIS, D. Agricultura irrigada: estatísticas, conceitos e aprimoramento na prática. **Item: Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, DF, n.104/105, p. 54-61, 2015.

DENICULI, W.; FEITOSA FILHO, J. C.; LOUREIRO, B. T.; AMARAL, F. de A. L. do. Desempenho de um injetor de fertilizante Venturi na fertirrigação por microaspersão. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 39, n. 226, 554-563, 1992.

EBRAHIMIAN, H.; KESHAVARZ, M. R.; PLAYÁN, E. Surface fertigation: a review, gaps and needs. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.12, n. 3, p. 820-837, 2014.

ELOI, W. M.; DUARTE, S. N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; MIRANDA, J. H. Rendimento do tomateiro em resposta à salinização ocasionada pela fertirrigação em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.471-476, 2011.

EVANS, R. G.; WALLER, P. M. **Application of chemical materials. Microirrigation for crop production**: design, operation, and management. Amsterdam: Elsevier, 2007. Cap. 8. p.285-327.

FAN, Y.; WU, L.; ZHANG, F.; YAN, S.; XIANG, Y. Fertigation uniformity evaluation in drip irrigation system. **Irrig. and Drain**. 66: 520–529, 2017. DOI: 10.1002/ird.2136.

FEITOSA FILHO, J. C. **Otimização hidráulica e manejo de injetores tipo venturi duplo para fins de quimigação**. 1998. 164 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

FRANCO, E. M.; MIRANDA, J. H.; DUARTE, S. N.; DIAS, N. S.; JUNIOR, C. J. B.; FERNADES, C. S. Percolação de solutos em solo fertirrigado por gotejamento, utilizando extratores de solução. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.11, nº.1, p. 1180 - 1190, 2017. DOI: 10.7127/rbai.v11n100559.\

FRIZZONE, J. A.; ZANINI, J. R.; PAES, L. A. D.; NASCIMENTO, V. M. **Fertirrigação mineral**. Ilha Solteira: UNESP, 1985. 31p. Boletim Técnico, 2.

FRIZZONE, J. A.; DOURADO NETO, D. **Avaliação de sistemas de irrigação**. In: Irrigação - Série Engenharia Agrícola 2. Piracicaba: FUNEP. p. 573-652, 2003.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. Maringá: Eduem, 356 p. 2012.

FRIZZONE, J. A. **Desempenho e otimização de sistemas de irrigação**. Texto Complementar. – ESALQ/USP. 26p. 2017.

FRIZZONE, J. A.; REZENDE, R.; CAMARGO, A. P.; COLOMBO, A. **Irrigação por aspersão: sistema de pivô central**. Maringá: Eduem. 355 p. 2018.

GIL, M.; RODRIGUEZ-SINOBAS, L.; JUANA, L.; SANCHEZ, R.; LOSADA, A. Emitter discharge variability of subsurface drip irrigation in uniform soils: effect on water-application uniformity. **Irrigation Science**, New York, v.26, n.6, p.451-458, 2008.

HAGIN, J. **Fertigation** - Fertilization through irrigation. In: A. E. Johnston (Ed.). IPI - Research Topics No 23. Suíça: International Potash Institute, 2003. 81 p.

HELBEL JUNIOR, C.; REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; FRIZZONE, J. A. Influência da condutividade elétrica, concentração iônica e vazão de soluções nutritivas na produção de alface hidropônica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1142-1147, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000400016>.

IMAS P. 1999. Recent techniques in fertigation of horticultural crops in Israel. In Workshop on Recent Trends in Nutrition Management Horticultural Crops, Dapoli, Maharashtra, India, p 11–12. acesso em 12/12/2017.

KANG, Y.; WAN, S. Effect of soil water potential on radish (*Raphanus sativus* L.) growth and water use under drip irrigation. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.106, p.275-292, 2005.

KANEKO, F. H.; HERNANDEZ, F. B. T.; SHIMADA, M. M.; FERREIRA, J. P. Estudo de caso - Análise econômica da fertirrigação e adubação tratorizada em pivôs centrais considerando a cultura do milho. **Revista Agrarian**. Dourados, v.5, n.161, p.161-165, 2012.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickler irrigation design**. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133. p.

LAO, M. T.; JIMÉNEZ, S.; EYMAR, E.; FERNÁNDEZ, E. J. Nutrient levels of the solution obtained by means of suction cups in intensive tomato cultivation. **Phyton**, Buenos Aires, v.4, n.7, p. 29-37, 2004.

LI, J.; MENG, Y.; LIU, Y.. Hydraulic performance of differential pressure tanks for fertigation. **Transactions of the ASABE** 49: 1815–1822. 2006.

LOPEZ, J. R.; ABREU, J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNANDEZ, J. F. G. **Riego localizado**. 2. ed. rev... Madri: Mundi-Prensa, 1997. 405 p.

MANTOVANI E. C.; ZINATO, C. E.; SIMÃO F. R. **Manejo de irrigação e fertirrigação na cultura da goiabeira**. UFV: Viçosa, 2006, 60 p.

MARTINEZ, H. E. P. **Formulação de soluções nutritivas para cultivos hidropônicos comerciais**. Jaboticabal: Funep, 1997. 31 p.

MEDEIROS, P. R.; DUARTE, S. N.; UYEDA, C. A.; SILVA, E. F. F.; MEDEIROS, J. F. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n.1, p. 51-55, 2012.

MEDEIROS, P. R. F. et al. Eficiência do uso de água e de fertilizantes no manejo de fertirrigação no cultivo do tomateiro sob condições de salinidade do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, n.2, p.344351, abr./jun. 2012<sup>a</sup>

MÉLO, R. F. de; COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M. B. Entupimento de gotejadores convencionais por precipitados químicos de carbonato de cálcio e magnésio, com quatro índices de saturação de Langelier. **Revista Irriga - Botucatu**. v. 13 n. 4, 2008.

MIRANDA, N. O. OLIVEIRA, T. S.; LEVIEN, S. L. A Causas da variação em produtividade e qualidade do melão em um Latossolo Vermelho Amarelo fertirrigado. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 487-493, 2006. ISSN 0103-8478.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n.1, p.651-681, 2008.

OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; AROUCHA, E. M. M.; DIAS, N. S. Qualidade da pimenta sob diferentes manejos de fertirrigação e níveis de nitrogênio e potássio. **Rev. Ciênc. Agron.** vol.46 no.4 Fortaleza Out./Dec. 2015. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20150064>.

OLIVEIRA, M. V. A. M. de.; VILLAS BOAS, R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 95-103, 2008.

OLIVEIRA, M. V. A. M.; VILLAS BOAS, R. L.; GARCIA, C. J. B.; NASCIMENTO, F. R. Uniformidade de distribuição de potássio num sistema de irrigação por gotejamento quando aplicado por diferentes injetores. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 3, p. 234-241, set-dez, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2003v08n3p234-241>.

PAPADOPOULUS, I. Processo de transição da fertilização convencional para fertirrigação. **Fertirrigação**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p.9-69.

PINTO, J. M.; BRITO, R. A. L. **Equipamentos para aplicação de fertilizantes via irrigação**. Petrolina: Embrapa Semiárido. 27p. 2010.

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

RAI, R. K., SINGH, V. P.; UPADHYAY, A. Irrigation Methods. **Planning and Evaluation of Irrigation Projects**, 353–363, 2017. doi:10.1016/b978-0-12-811748-4.00010-8.

SAMPAIO, S. C.; FARIA, M. A. DE; LIMA, L. A.; OLIVEIRA, M. S. DE; SILVA, A. M. da. Distribuição espacial e temporal do cloreto de potássio aplicado em uma linha lateral de

gotejamento por bomba injetora e tanque de derivação de fluxo. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.8, n.1, p.31-41, 1997.

SANTANA, G. da S.; COELHO, E. F.; SILVA, T. S. M.; RAMOS, M. M. Estimativa da condutividade elétrica da solução do solo a partir do teor de água e da condutividade elétrica aparente do solo. **Eng. Agric.**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.672-685, set./dez. 2006.

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. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 32, 2003, Goiânia. **Anais...** Piracicaba: SBEA, 2003, p 1-4.

SANTOS, L. C.; ZOCOLER, J. L.; JUSTI, A. L.; SILVA, A. O.; CORREIA, J. S. Estudo comparativo da taxa de injeção em injetor do tipo Venturi com e sem válvula de retenção. **Irriga.** Botucatu, Edição Especial, p. 145 - 154, 2012. ISSN 1808-3765.

SILVA, A. O. Fertirrigação e o processo de salinização de solos em ambiente protegido. *Nativa*, Sinop, v. 02, n. 03, p. 180-186, jul./set. 2014. **Pesquisas Agrárias e Ambientais** doi: 10.14583/2318-7670.v02n03a10.

SILVA, E. M.; LIMA, C. J. G. S.; DUARTE, S. N.; BARBOSA, F. S.; MASCHIO, R. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características da berinjela cultivada em ambiente protegido. **Revista Ciência Agronômica**, v 44, p.150-158, 2013.

SILVA, D. J. **Nutrição e adubação da mangueira em sistema de produção integrada**. Petrolina, Embrapa, 2008. (Circular Técnico). ISSN 1808-9976.

SILVA, C.A; SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE AGRONOMIA** - ISSN 1677- 0293 Publicação Científica Da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal de Garça / Faef. Ano IV, Número 08, Dezembro 2005.

SHIRGURE, P. S. Citrus fertigation—a technology of water and fertilizers saving. **Scientific Journal of Crop Science** 2(5): 56–66. 2013.

SOBREIRA, F. M.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; SCALCO, M. S.; CARVALHO, J. G. Adubação nitrogenada e potássica de cafeeiro fertirrigado na fase de formação, em plantio adensado. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.46, n.1, p.9-16, jan. 2011.

SOUZA, E. R. DE; MELO, H. F. DE; ALMEIDA, B. G. DE; MELO, D. V. M. DE. Comparação de métodos de extração da solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n.5, p. 510-517, 2013.

SOUSA, V. F., COELHO, E. F., PINTO, J. M., NOGUEIRA, L. C., COELHO FILHO, M.A., ARAUJO, A. R. de Manejo da fertirrigação em fruteiras e hortaliças In: **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011, p. 319-337.

SOUZA, G. H. F.; NOGUEIRA, F. C.; MEDEIROS, J. F.; NETO, J. M. **Efeitos da variação da vazão do injetor de fertilizantes em diferentes tempos de aplicação na uniformidade de distribuição do adubo em irrigação por gotejamento.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1997.

TEIXEIRA, L. A. J.; QUAGGIO, J. A.; MELLIS, E. V. Ganhos de eficiência fertilizante em bananeira sob irrigação e fertirrigação. **Rev. Bras. Frut.**, Jaboticabal – SP, v.33, n.1, p. 272-278, 2011.

VILLAS BÔAS, R. L.; SOUZA, T. R. de. **Fertirrigação: uso e manejo.** In: SIMPÓSIO EM SISTEMAS AGROSILVIPASTORIS NO SEMI-ÁRIDO, 1. 2008, Campina Grande: PPGZ: CSTR: UFCG, 2008. P. 1-14.

VILLAS BÔAS, R. L.; BULL, L. T.; FERNÁNDES, D. M. Fertilizantes em fertirrigação. In: FOLEGATTI, M. V (coord). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças.** v.1. Piracicaba: ESALQ / USP, ed. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 293-319.

ZHANG, C. et al. Assessment of hydraulic performance of drip-irrigation emitters at low head pressures. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 137, n. 11, p. 730-734, 2011.

ZANINI, J. R.; OLITTA, A. F. L. Aplicação de fertilizantes com bomba injetora na fertirrigação por gotejamento. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n.36, p.21-24, 1989.

ZOCOLER, J. L. **Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação.** Ilha Solteira – SP: UNESP. Disponível em <<http://www.agr.feis.unesp.br/irrigacao.html>>. Acesso em: 05 maio. 2017.

WANG, Z; LI, Y.. Effects of drip irrigation system uniformity and nitrogen applied on deep percolation and nitrate leaching during growing seasons of spring maize in semi-humid region. **Irrigation Science** 32(3): 221–236. 2014.

WILCOX, J. C.; SWAILES, G. E. Uniformity of water distribution by some under tree orchard sprinklers. **Scientific Agriculture**, v.27, n. 11, p. 565-583, 1947.

## 5 APÊNDICES

## CAPÍTULO I

### Fertirrigação na cultura do milho com uso de injetor de simplicidade operacional - Fertipet®

TAPPARO, Sergio André. **Fertirrigação na cultura do milho com uso de injetor de simplicidade operacional - Fertipet®**. Orientador: Guilherme Augusto BISCARO; Co-Orientador: Everton dos Santos Oliveira.

#### RESUMO

A produção de milho no Brasil tem se firmado como cultura de segunda safra, mas que está sujeita a uma adversidade de clima em algumas regiões. O nitrogênio (N) é o nutriente mais exigido pelo milho, em que doses crescentes e a irrigação podem incrementar a produtividade da lavoura. Neste sentido, objetivou-se avaliar doses de N em cobertura via fertirrigação com uso de injetor - FERTIPET®, comparando com sistemas de adubação de cobertura convencional. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, três repetições, em duas segundas safras 2018 e 2019, os tratamentos consistiram em: FERT200 (200 kg ha<sup>-1</sup> de N, fertirrigação); FERT150 (150 kg ha<sup>-1</sup> de N, fertirrigação); FERT100 (100 kg ha<sup>-1</sup> de N, fertirrigação); FERT50 (50 kg ha<sup>-1</sup> de N, fertirrigação); TI (somente irrigado); TA (adubação cobertura convencional de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N); TIA (irrigado com adubação de cobertura no sistema convencional de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N). Foram avaliados para milho-verde: peso da espiga com e sem palha, diâmetro e comprimento da espiga sem palha. No milho destinado a grãos: massa de 1000 grãos, altura da planta e inserção da espiga e produtividade de grãos. O uso do injetor FERTIPET® mostra-se eficiente na aplicação de nitrogênio e proporcionou maiores valores das variáveis de produção do milho com o aumento das doses de nitrogênio, em que a maior produção foi na dosagem de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, que proporcionou uma produtividade de 7.589,67 kg ha<sup>-1</sup> com uso do injetor Fertipet.

**Palavras-chave:** Irrigação. Adubação Nitrogenada. *Zea mays* L.

### Fertigation in maize with the use of an operational simplicity injector - Fertipet®

TAPPARO, Sergio André. **Fertigation in maize with the use of an operational simplicity injector - Fertipet®**. Orientador: Guilherme Augusto BISCARO; Co-Orientador: Everton dos Santos Oliveira.

#### ABSTRACT

Maize production in Brazil has established itself as a second crop, but is subject to adverse weather conditions in some regions. Nitrogen (N) is the nutrient most demanded by corn, in which increasing doses and irrigation can increase crop productivity. In this sense, the objective was to

evaluate N doses in coverage via fertigation using an injector - FERTIPET<sup>®</sup>, compared to conventional coverage fertilization systems. The experimental design was in randomized blocks, three repetitions, in two second harvests 2018 and 2019, the treatments consisted of : FERT200 (200 kg ha<sup>-1</sup> of N, fertigation); FERT150 (150 kg ha<sup>-1</sup> of N, fertigation); FERT100 (100 kg ha<sup>-1</sup> of N, fertigation); FERT50 (50 kg ha<sup>-1</sup> of N, fertigation); IT (irrigated only); TA (conventional roofing fertilization of 150 kg ha<sup>-1</sup> of N); TIA (irrigated with roofing fertilization in the conventional system of 150 kg ha<sup>-1</sup> of N). The following were evaluated for green corn: ear weight with and without straw, diameter and length without straw. In corn intended for grains: mass of 1000 grains, height of the plant and insertion of the ear and grain productivity. The use of the FERTIPET<sup>®</sup> injector proved to be efficient in the application of nitrogen and provided higher values of the corn production variables with the increase of nitrogen doses, where the highest value found was in the dosage of 200 kg ha<sup>-1</sup> of N, which provided a productivity of 7.589,67 kg ha<sup>-1</sup> with the use of the Fertipet injector.

**Keywords:** Irrigation. Nitrogen Fertilization. *Zea mays* L.

## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea Mays* L.) é considerado a segunda cultura mais importante para a agricultura brasileira. As safras brasileiras de milho são suficientes para suprir as necessidades do segmento de criação animal, humana e ainda para exportação, colocando o país como um importante fornecedor desta *commodity* para exportação (CAMPANHA et al., 2012).

A safra 2018/2019 aponta que a produção de milho chegou a quase 100 milhões de toneladas (CONAB, 2019) com área cultivada superior a 17 (dezessete) milhões de hectares, concentrado na segunda safra que representa cerca de 70% da produção total de milho. A competição de área por soja, e a possibilidade de cultivo de milho no segundo momento da safra, explica a diminuição das áreas de milho na primeira safra.

Fatores como clima, potencial genético, o manejo de nutrientes e pragas contribuem para aumento da produção. Segundo Xavier et al. (2014), práticas de manejo da adubação nitrogenada e irrigação no cultivo de milho vêm apresentando resultados satisfatórios no aumento da produção. A cultura do milho necessita de uma grande quantidade de nitrogênio para alcançar produtividade satisfatória e retorno econômico e, para isso, é necessário realização de adubação de cobertura (MELO, 2006).

Sendo o nitrogênio (N) o elemento de maior exigência da cultura do milho (OKURAMURA et al., 2011), com características particulares, as doses e o manejo da aplicação são realizados considerando-se o tipo de manejo e produtividade esperada e, em alguns casos, análise foliar. O

suprimento irregular de nitrogênio é considerado um dos principais fatores limitantes ao rendimento de grãos de milho, pois tal elemento exerce funções nos processos bioquímicos da planta. Ele é constituinte de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos e clorofila (DOMINGOS, 2007). De acordo com Barbosa Filho (2004), na agricultura brasileira as fontes nitrogenadas mais utilizadas são a ureia (45% N) e o sulfato de amônio (21% N). Na fertirrigação, a ureia tem sido bastante utilizada, por apresentar baixo poder corrosivo em diversos materiais e possibilidade de mistura com vários fertilizantes, haja vista ter em solução o pH próximo a 7,6. (MENDONÇA et al., 1999).

Além da necessidade da fertilização, principalmente a nitrogenada, a resposta da cultura ao déficit hídrico pode afetar seu rendimento. Segundo França et al. (1999), observaram que o déficit hídrico afetou negativamente o índice de área foliar e o acúmulo de matéria seca nas plantas de milho. A resposta produtiva do milho à irrigação pode ser superior a 30% e até a 40%, quando comparada a áreas de sequeiro (BORGES et al., 2006).

Portanto, a prática da irrigação em conjunto com fertirrigação oferece maior versatilidade na aplicação de fertilizantes e eficiência no uso quando comparada a meios convencionais de adubação, com a possibilidade de fracionamento da dose no decorrer do desenvolvimento da cultura, com satisfatório controle evitando doses excessivas. Segundo Ruffo et al. (2006), o parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho, possibilitada por essa técnica, proporciona economicidade na aplicação do fertilizante nitrogenado.

Sistemas de irrigação pressurizados são os que mais se prestam à aplicação de produtos químicos, uma vez que a água é conduzida e aplicada através de condutos fechados sob pressão, permitindo maior controle das aplicações (FRIZZONE et al, 2012). Os métodos de aplicação de fertilizantes para uso da fertirrigação se diferenciam quanto à fonte de energia, ao funcionamento, à eficiência e ao preço (COSTA e BRITO, 1994).

O desenvolvimento de um injetor de baixo custo – Fertipet<sup>®</sup> - injetor de fertilizantes para sistemas de irrigação localizada, utilizando garrafa PET (BISCARO; GOMES, 2010), promove a distribuição dos diversos fertilizantes solúveis em água, inclusive o nitrogênio, que pode ser fracionado em doses de acordo com a dose recomendada da área a ser irrigada.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar a adubação de cobertura nitrogenada em milho, com uso da fertirrigação através do injetor Fertipet<sup>®</sup> comparada ao sistema

de adubação convencional a lançar na superfície em um Neosolo Quartzarênico na Região de Ponta Porã (MS).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Descrição da área experimental

Os experimentos foram conduzidos em campo e em duas segundas safras agrícolas ou safras de inverno: uma no período de março a julho de 2018; e outra de fevereiro a junho de 2019 em área localizado no Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS-PP), no município de Ponta Porã (MS), Sudoeste do Estado (22°37'14"S, 55°36'37"W, 640 m de altitude). O clima da região, na classificação climática de Köppen (1948), é do tipo Cfa.

Os dados meteorológicos médios do período de realização dos experimentos e a determinação da estimativa evapotranspirométrica diária foram obtidos a partir da estação meteorológica automatizada A703 (INMET), instalada em Ponta Porã (MS). A determinação dos dados pluviométricos foi aferida com pluviômetro instalado na área experimental.

O solo foi classificado como Neosolo Quartzarênico de textura franco arenoso. Foram realizadas análises químicas do solo antes do plantio, e físicas na profundidade de 0 - 0,20 m, para determinação da necessidade de adubação no plantio. De topografia plana – valores médios granulométricos de 770,0 g kg<sup>-1</sup> de areia, 57,2 g kg<sup>-1</sup> de silte e 172,8 g kg<sup>-1</sup> de argila (DONAGEMA et al., 2011), com características químicas descritas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Análises químicas do solo da área experimental do milho (profundidade de 0 a 20 cm), nas safras de inverso de 2018 e 2019, em Ponta Porã (MS). IFMS, 2019

| Safra | P<br>mg dm <sup>3</sup> | K <sup>+</sup>           | Ca <sup>2+</sup><br>-----cmolc dm <sup>-3</sup> ----- | Mg <sup>2+</sup>                     | Al <sup>3+</sup> | H+Al |
|-------|-------------------------|--------------------------|---|--------------------------------------|------------------|------|
| 2018  | 1,4                     | 0,08                     | 1,8   | 0,9                                  | 0,02             | 2,0  |
| 2019  | 10,5                    | 0,11                     | 4,78  | 1,03                                 | 0,44             | 4,46 |
| Safra | pH<br>H <sub>2</sub> O  | MO<br>g kg <sup>-1</sup> | Cu  | Fe<br>-----mg dm <sup>-3</sup> ----- | Mn               | Zn   |
| 2018  | 5,8                     | 13,2                     | 1,8   | 120                                  | 16               | 1,1  |
| 2019  | 5,6                     | 16,44                    | 1,4   | 204,1                                | 17,6             | 1,98 |

MO = matéria orgânica, P, K: Mehlich (HCl+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>); Ca, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>: KCl 1 M. **Fonte:** elaborado pelo autor.

A correção do solo e a distribuição de fertilizantes deram-se conforme análise química, de acordo com Alvarez et al. (1999). A calagem ocorreu 30 dias antes do plantio com aplicação de

1500kg ha<sup>-1</sup> anterior de cada plantio com incorporação por gradagem. Na área experimental foram aplicados 110 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 70 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O e 20 kg ha<sup>-1</sup> N para plantio de 2018 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 60 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O e 20 kg ha<sup>-1</sup> N no segundo plantio 2019. O nitrogênio foi aplicado em cobertura de acordo os tratamentos utilizados como fonte a ureia (N = 45%).

Nas safras agrícolas 2018 e 2019 foram utilizados os mesmos delineamentos com 7 tratamentos em blocos ao acaso com 3 repetições, em 2 anos consecutivos, com uma distribuição em faixas devido ao sistema de irrigação: FERT200 = aplicação 200 kg N ha<sup>-1</sup> via FERTIPET® e irrigado; FERT150 = aplicação 150 kg N ha<sup>-1</sup> via FERTIPET® e irrigado; FERT100 = aplicação 100 kg N ha<sup>-1</sup> via FERTIPET® e irrigado; FERT50 = aplicação de 50 kg N ha<sup>-1</sup> via FERTIPET® e irrigado; TI - somente irrigado; TA = aplicação 150 kg N ha<sup>-1</sup> a lanço - sem irrigação; TIA = aplicação de 150 kg N ha<sup>-1</sup> a lanço e irrigado.

Cada parcela constituída de 6 linhas de plantio de milho com 7 m de comprimento espaçadas de 0,45 m entre si, com uma distribuição de 2,6 sementes m<sup>-1</sup> linear, sendo a área útil as 4 linhas centrais de cada parcela, permanecendo as da extremidade como bordadura. A parcela foi dividida em duas partes, sendo que duas linhas centrais foram colhidas para as análises de milho-verde e as duas linhas externas deixadas para a avaliação de milho grão (seco). O nitrogênio foi parcelado em duas aplicações nos estágios V4 e V7 da cultura do milho (CANTARELLA et al., 1997; ROTILI et al., 2014.), utilizando o injetor FERTIPET®, sendo que cada tratamento possuía um injetor e as adubações convencionais foram realizadas a lanço nas entrelinhas em uma única aplicação em V4.

Antes do início do preparo do solo, foi realizada a dessecação com herbicida glifosato para controle das plantas invasoras. O preparo foi realizado com duas gradagens pesadas e uma gradagem de nivelamento. O plantio ocorreu com uso de semeadora-adubadora de precisão com distribuição de sementes por sistema pneumático com espaçamento de 0,45 m entre linhas e distribuição de 2,6 sementes por metro linear. A adubação ocorreu no plantio, no sulco com a utilização de hastes sulcadoras a 0,15 m de profundidade sendo a quantidade aplicada de acordo com as necessidades exigidas conforme análise química do solo. O plantio efetuado em 23/03/2018 (primeira safra) e 23/01/2019 (segunda safra).

O milho utilizado foi ADV9345 Pro3 (*Advanta Seeds*®), híbrido simples, ciclo precoce, grãos duros e alaranjados. Para o controle de insetos-pragas foi realizado o monitoramento, não

sendo necessárias intervenções para controle, assim como o controle das plantas invasoras que teve somente intervenções localizadas manualmente.

O sistema de irrigação composto de reservatório de 5 m<sup>3</sup> abastecido por água proveniente de poço semiartesiano, bomba centrífuga de 3 cv, pressão máxima de serviço de 37 mca. O sistema de irrigação utilizou-se tubo gotejador plano marca Irritec P1<sup>®</sup>, diâmetro nominal de 16 mm, vazão de 1,5 L h<sup>-1</sup>, a uma pressão de serviço de 1,0 kgf cm<sup>-2</sup>, com emissores espaçados de 0,2 m, com aferição da pressão de serviço através de manômetro instalado na entrada da área de experimento.

As fitas foram instaladas de forma que cada uma ficasse posicionada no centro da entrelinha, ficando responsável pela irrigação de duas fileiras de milho, cada tratamento irrigado foi composto de duas fitas gotejadoras de 21m de comprimento total, totalizando 4 linhas de milho irrigadas por tratamento e mais duas de bordadura sem irrigação. A operação de cada tratamento irrigada ocorreu de forma individual por controle através de registro e nos tratamentos fertirrigados foram instalados injetores individuais tipo FERTIPET<sup>®</sup>, conforme ilustrado na Figura 5.



**Figura 5.** Fertirrigação nitrogenada com auxílio do injetor FERTIPET<sup>®</sup> instalado na linha de derivação da parcela experimental, no município de Ponta Porã (MS), IFMS-PP, 2019.

**Fonte:** imagem do autor.

O manejo da irrigação foi realizado por meio de balanço hídrico, em que foram determinadas as saídas diárias (ETc) de água do sistema com a entrada por meio de chuva e irrigação (PEREIRA; SEDIYAMA; VILLA NOVA, 2013). A determinação da estimativa de evapotranspiração de referência diária (ETo) baseou-se como referência o método de Penman-Monteith (PM) (1973). Método é o recomendado pela (FAO) como padrão de estimativa (Smith, 1991).

Para a estimativa diária da evapotranspiração da cultura (ETc), utiliza-se um dos métodos preconizados na literatura específica determinada (MANTOVANI; BERNARDO; POLARETTI, 2009).

A determinação da umidade de capacidade de campo e a umidade de ponto de murcha permanente utilizou-se metodologia de Arruda (1997), para a capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ) de 16,51%, e capacidade de ponto de murcha permanente ( $\theta_{pmp}$ ) de 8,73%, com disponibilidade de água de 77,72mm m<sup>-1</sup>, valores de corroboram com Pereira et al. (2010), Tabela 3.

**Tabela 3.** Valores orientativos dos conteúdos de água do solo na saturação ( $\theta_{sat}$ ), na capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ), no ponto de murcha permanente ( $\theta_{pmp}$ ) e disponibilidade total de água (DTA)

| Textura do solo | Conteúdos de água                                   |  |   | DTA<br>mm m <sup>-1</sup> |
|-----------------|---|--|---|---------------------------|
|                 | $\theta_{sat}$<br>(m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) | $\theta_{cc}$<br>(m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) | $\theta_{pmp}$<br>(m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) |                           |
| Franco arenosa  | 0,32 – 0,47   | 0,12 – 0,19  | 0,05 – 0,10   | 70 – 90                   |

Fonte: adaptado de Pereira et al., 2010.

A reposição da lâmina líquida de irrigação (LL) ocorreu com turno de rega variável em função do acúmulo da evapotranspiração da cultura (mm dia<sup>-1</sup>) em uma sequência de dias, no máximo acúmulo da AFD<sub>loc</sub> (19,43mm) conforme preconizado por Biscaro (2014).

## 2.2 Variáveis agronômicas avaliadas

A colheita do milho-verde ocorreu entre os dias 70-80 DAE (Dias Após Emergência) e foram analisados:

- Altura de plantas (m): mensurada a partir da superfície do solo até a base da inflorescência masculina – “pendão”, com o trena gradua (0,01m);
  - Altura de inserção da primeira espiga (cm): verificado pela distância do solo até a inserção da espiga no colmo, com trena graduada (0,01m);
  - Massa da espiga com palha: obtida pela pesagem em balança digital de precisão (0,01g);
  - Massa da espiga sem palha: obtida pela pesagem em balança digital de precisão (0,01g);
  - Comprimento da espiga sem palha: comprimento útil da espiga despalhada, verificado com paquímetro digital com precisão (0,01mm);
  - Diâmetro da espiga sem palha: verificado com paquímetro digital com precisão (0,01mm);
- A colheita de milho grão (seco) ocorreu 120 DAE, sendo analisados os parâmetros:

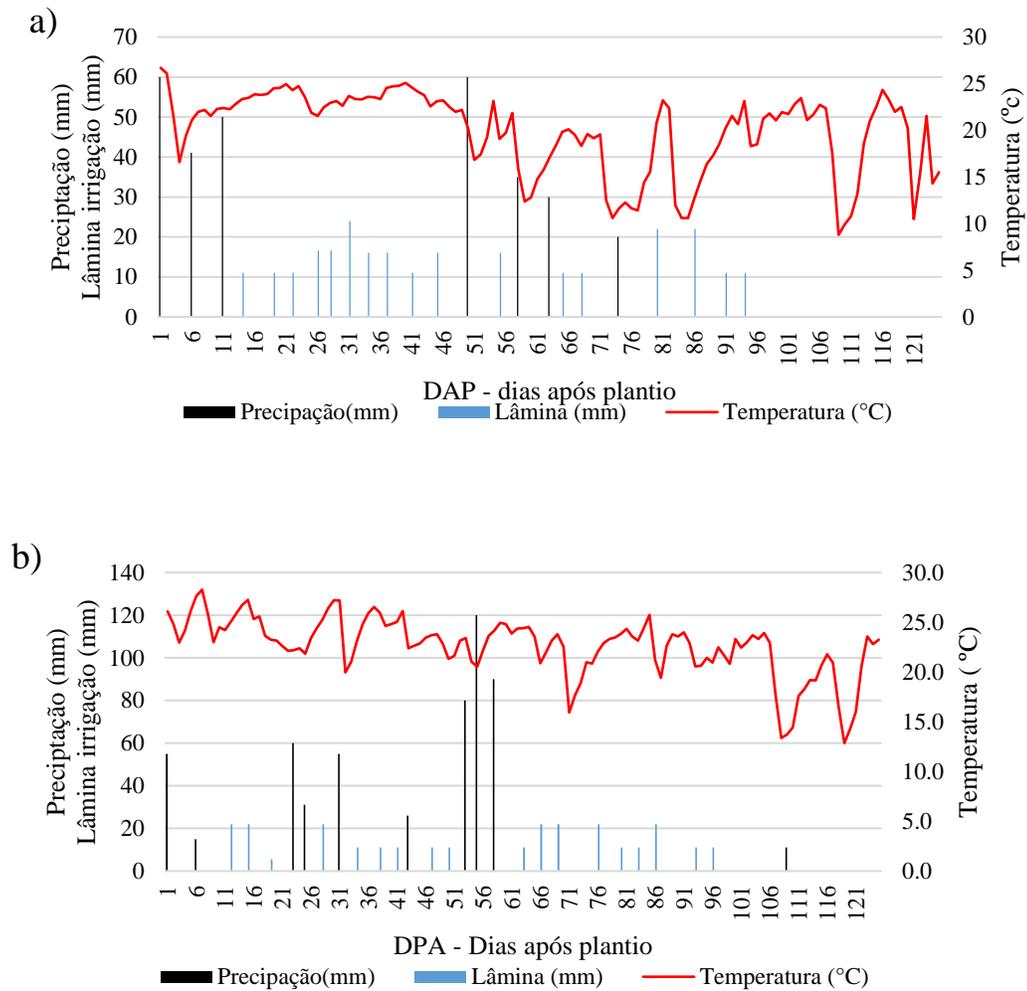
- Peso da massa de 1000 grãos (MG1000): foi determinada empregando-se 8 repetições de 100 sementes em cada repetição, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009);
- Produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) (PG): foram estimadas a partir das espigas colhidas todas as plantas da área útil e os valores corrigidos para um teor de umidade de 13% (base úmida).

Foram interpretados os dados de cada avaliação do experimento, de forma individual, respeitando-se o delineamento experimental adotado em blocos casualizados, disposto em parcelas com distribuição em faixas (favorecendo o sistema de irrigação). As variáveis foram submetidas à análise de variância, quando significativos, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, e na ocorrência de diferenças de ordem significativa os dados foram submetidos ao Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade ou regressão conforme necessidade utilizando o software SISVAR para Windows versão 5.7 (FERREIRA, 2014).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Caracterização das condições climáticas**

As lâminas totais de irrigação na primeira safra (2018) somaram 242,2mm com 296,0mm de precipitação e na segunda safra (2019) somaram 247,5mm com 532,0mm de precipitação (Figura 6). As temperaturas médias e  $ET_c$  média diária observadas foram de 19,77 °C para 2018 com 1,92mm  $\text{dia}^{-1}$ , 21,75 °C com 2,65 mm  $\text{dia}^{-1}$  para 2019. Durante os dois períodos de cultivo, observou-se uma irregularidade de distribuição de chuvas, com períodos maiores que 10 dias, que pode influenciar, principalmente no sistema de cultivo sem uso da irrigação. Para Borin et al. (2010), o uso da irrigação e fertirrigação diminui problemas durante o período de cultivo do milho. Períodos curtos de estiagem tornam-se prejudiciais quando associados às fases de desenvolvimento do milho.



**Figura 6** – Valores de precipitação pluviométrica acumulada, lâmina de irrigação, temperatura média do ar e indicação dos dias após o plantio, nas safras de 2018 (a) e 2019 (b), em Ponta Porã (MS), IFMS-PP, 2019. **Fonte:** Estação meteorológica automatizada A703 (INMET), Ponta Porã (MS).

Pode se observar na Tabela 6 que a produtividade de grãos foi maior na safra de 2019, obteve um aumento de 55,21% maior que na safra de 2018. Este resultado pode ser relacionado pelas melhorias das características químicas e do teor da matéria orgânica do solo por ser uma área de segundo ano de cultivo, conforme observado na Tabela 2 e as condições climáticas mais favoráveis na safra de 2019 observado na Figura 6.

### 3.2 Resultados milho-verde

Na Tabela 4 encontra-se o resumo dos dados da análise de variância para as variáveis das safras 2018 e 2019 estudadas em milho-verde.

**Tabela 4.** Resumo da safra 2018 e 2019 da análise de variância (valores de F) para peso de espiga com palha (PEP), peso espiga sem palha (PSP), diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CEsp) da produção de milho-verde com diferentes doses e métodos de aplicação de adubação de cobertura nitrogenada nas safras 2018 e 2019, no município de Ponta Porã (MS), IFMS-PP, 2019

| SAFRA 2018         |    |                                   |                                   |                      |                      |
|--------------------|----|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|
| Causas de variação | GL | F                                 |                                   |                      |                      |
|                    |    | PEP                               | PSP                               | DE                   | Cesp                 |
| Tratamento         | 6  | 0,1490 <sup>ns</sup>              | 0,4664 <sup>ns</sup>              | 0,3874 <sup>ns</sup> | 0,1405 <sup>ns</sup> |
| Bloco              | 2  | 0,7798 <sup>ns</sup>              | 0,6186 <sup>ns</sup>              | 0,3089 <sup>ns</sup> | 0,7228 <sup>ns</sup> |
| CV (%)             |    | 13,70                             | 14,65                             | 4,62                 | 6,89                 |
| Média geral        |    | 269,67<br>g espiga <sup>-1</sup>  | 169,761<br>g espiga <sup>-1</sup> | 44,85<br>mm          | 147,904<br>mm        |
| SAFRA 2019         |    |                                   |                                   |                      |                      |
| Causas de variação | GL | F                                 |                                   |                      |                      |
|                    |    | PEP                               | PSP                               | DE                   | Cesp                 |
| Tratamento         | 6  | 0.001**                           | 0.001**                           | 0.534 <sup>ns</sup>  | 0.001**              |
| Bloco              | 2  | 0.194 <sup>ns</sup>               | 0.081 <sup>ns</sup>               | 0.2051 <sup>ns</sup> | 0.0514 <sup>ns</sup> |
| CV (%)             |    | 9.98                              | 10.26                             | 6.33                 | 6.53                 |
| Média geral        |    | 199.952<br>g espiga <sup>-1</sup> | 132.523<br>g espiga <sup>-1</sup> | 41.904<br>mm         | 124.19<br>mm         |

ns: não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; \*\*: significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F e \*: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

**Fonte:** elabora pelo autor.

A análise de variância da safra de milho-verde de 2018 não acusou diferenças significativas entre as médias dos tratamentos (Teste F a 5% de significância), tornando desnecessário realizar teste de Scott-Knott. Não houve, portanto, influência das doses de nitrogênio e da irrigação sobre resultados do milho-verde em 2018. Segundo Costa et al. (2008), a interação das doses de nitrogênio pode ser afetada devido a níveis de outros nutrientes ou a interação desses, determinando redução na produção de milho-verde. A safra 2019 ocorreram diferenças significativas para PEP, PSP e Cesp.

Na Tabela 5 encontram-se as médias, conforme teste de Scott-Knott para verificar as diferenças entre os efeitos dos sistemas de aplicação da adubação nitrogenada em milho-verde.

Somente são apresentados valores da safra 2019, pois conforme teste de análise de variância não ocorreram efeitos significativos para as variáveis de produção de milho-verde na safra 2018.

**Tabela 5.** Resumo das variáveis de produção de milho-verde da safra de 2019, para peso de espiga com palha (PEP), peso espiga sem palha (PSP), diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CEsp), no município de Ponta Porã (MS), IFMS-PP, 2019

| Tratamento | Variáveis agrônômicas milho-verde <sup>1</sup> |                                  |            |              |
|------------|--|----------------------------------|------------|--------------|
|            | PEP<br>(g espiga <sup>-1</sup> )               | PSP<br>(g espiga <sup>-1</sup> ) | DE<br>(mm) | CEsp<br>(mm) |
| FERT200    | 254,00 a                                       | 171,00 a                         | 45,66 a    | 144,00 a     |
| FERT150    | 238,67 a                                       | 156,67 a                         | 44,67 a    | 140,33 a     |
| FERT100    | 233,33 a                                       | 160,67 a                         | 41,67 a    | 134,33 a     |
| FERT50     | 152,67 c                                       | 90,67 c                          | 40,67 a    | 102,00 c     |
| TA         | 144,33 c                                       | 97,00 c                          | 38,00 a    | 103,00 c     |
| TI         | 177,00 b                                       | 121,00 b                         | 40,33 a    | 119,33 b     |
| TIA        | 199,67 b                                       | 130,67 b                         | 42,33 a    | 126,33 a     |

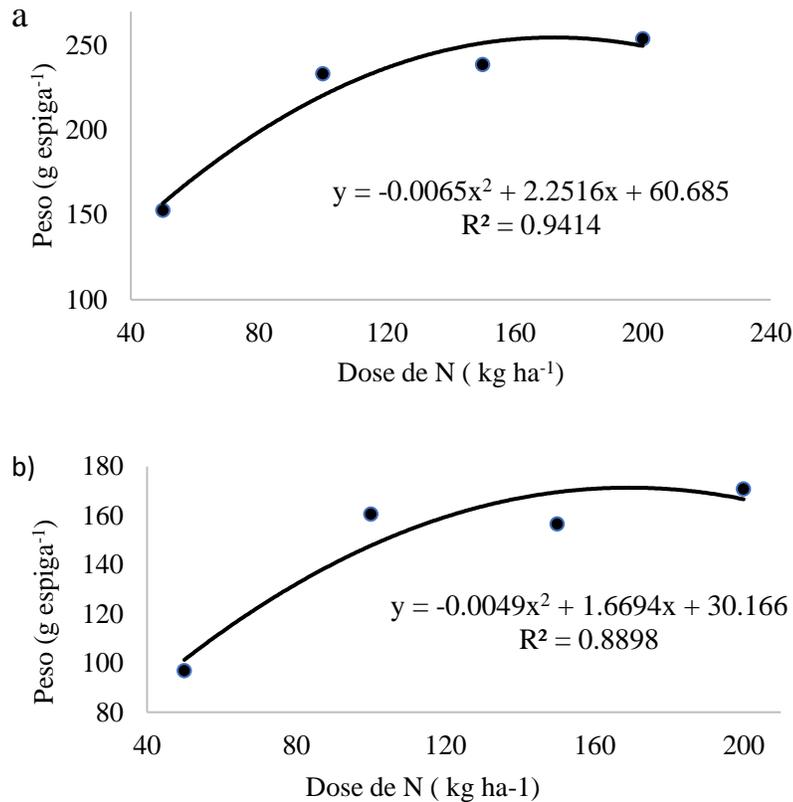
<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Pode-se observar que os tratamentos com uso do sistema de injeção de fertilizantes Fertipet<sup>®</sup> foi superior ao sistema de adubação a lanço para as variáveis analisadas de milho-verde, apesar de serem somente significativas na safra 2019.

Para as variáveis de peso da espiga com palha e sem palha (PEP e PSP), os tratamentos FERT200, FERT150 e FERT100, com uso do injetor Fertipet<sup>®</sup> para aplicação de nitrogênio foram superiores aos de sistema convencional de aplicação na safra 2019. Observa-se um ganho de peso, quando comparado o tratamento FERT150 e TIA de 19,53% e 19,89%, respectivamente para PEP e PSP. Os efeitos positivos da fertirrigação com o parcelamento da adubação foram observados por Silva e Silva (2003), que obtiveram melhores resultados parcelando as doses de nitrogênio para o peso de espigas com e sem palha.

O PEP e PSP ajustaram-se ao modelo de regressão quadrática em função das doses crescentes de nitrogênio aplicadas pelo injetor Fertipet<sup>®</sup> na safra 2019, com ponto de máxima estimada na dose de 173 kg N ha<sup>-1</sup> para o peso da espiga com palha (PEP) de 254,6 g espiga e o ajuste para peso da espiga sem palha (PSP) uma dose de 169 kg N ha<sup>-1</sup> para peso de espiga de

171,4g (Figura 07). Para Souza et al (2019), o período da safra de inverno a aplicação de 160 kg N ha<sup>-1</sup> apresentou maior rentabilidade de espigas verdes.

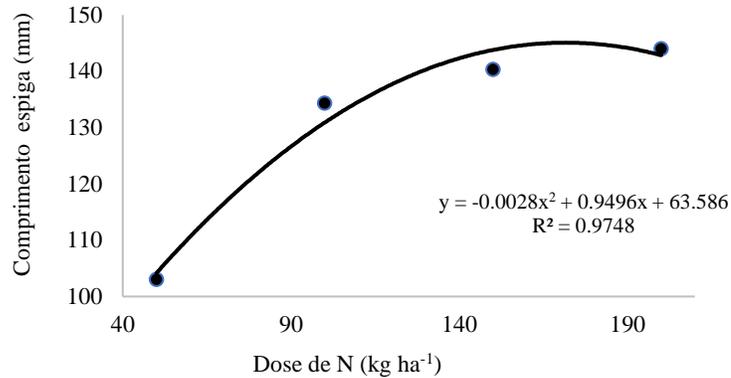


**Figura 7.** Resultados da análise de regressão: a) PEP (peso da espiga com palha); b) PSP (peso espiga sem palha) em função das doses crescentes de nitrogênio, sob uso do injetor de fertilizantes FERTIPET<sup>®</sup>, no município de Ponta Porã (MS), IFMS-PP, 2019.

**Fonte:** elaborado pelo autor

Para o comprimento de espiga (CEsp) houve diferença significativa com o aumento das doses de nitrogênio. O uso do injetor Fertipet<sup>®</sup> nos tratamentos FERT200, 150 e 100 e tratamento TIA foram significativamente superiores aos outros tratamentos (Tabela 5). Resultados que corroboram com Carmo et al. (2012), avaliaram as doses de 0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, em milho doce, e verificaram aumento linear no comprimento (19,8cm) das espigas. Oliveira et al (2012), obteve resposta significativas em função da adubação NPK para o comprimento de espigas. Apesar de não ocorrer diferença significativa entre os tratamentos FERT150 e TIA, o uso do injetor Fertipet<sup>®</sup> obteve um acréscimo superior a 11% no comprimento da espiga quando comparada a aplicação de 150kg N via fertirrigação ao método tradicional de adubação.

Na Figura 8, pode-se observar que o aumento da dose de nitrogênio aplicada pelo injetor Fertipet<sup>®</sup>, a dose que proporcionou maior comprimento é de 170 kg N ha<sup>-1</sup>.



**Figura 8.** Valores de comprimento de espiga sob efeitos das doses de nitrogênio aplicado pelo sistema de injeção de fertilizantes FERTIPET<sup>®</sup> na safra 2019, no município de Ponta Porã (MS), IFMS-PP, 2019. **Fonte:** elaborado pelo autor.

A variável diâmetro da espiga (DE) conforme Tabela 05 não sofreu influência dos tratamentos aplicados, portanto as doses e os métodos de aplicação de nitrogênio e a influência da irrigação não foram suficientes para causar diferenças, com média geral de 41,90mm de diâmetro na safra 2019 e 44,85 mm para 2018. Efeito também observado por Borelli (2012), em que as doses de nitrogênio não influenciaram os diâmetros das espigas de milho-verde.

### 3.2 Resultados Milho Grão Seco

Como observado na produção de milho-verde, somente a safra de 2019 ocorreu diferenças significativas entre os tratamentos aplicados, com diferentes doses de nitrogênio sob aplicação do injetor FERTIPET® e de modo convencional, conforme Tabela 6.

**Tabela 6.** Resumo da análise de variância (valores de F) para altura da planta (AP), altura inserção da espiga (AIE), produtividade de grãos (PG), massa de 1000 grãos (MG) da produção de milho com diferentes doses e métodos de aplicação de adubação de cobertura nitrogenada, no município de Ponta Porã (MS), IFMS-PP, safra 2018 e 2019.

| SAFRA 2018  |    |                      |                      |   |                                 |
|-------------|----|----------------------|----------------------|---|---------------------------------|
| F. V.       | GL | F                    |                      |   |                                 |
|             |    | AP                   | AIE                  | MG1000                                      | PG                              |
| Tratamento  | 6  | 0,4682 <sup>ns</sup> | 0,0629 <sup>ns</sup> | 0,0936 <sup>ns</sup>                        | 0,9880 <sup>ns</sup>            |
| Bloco       | 2  | 0,3966 <sup>ns</sup> | 0,1233 <sup>ns</sup> | 0,4148 <sup>ns</sup>                        | 0,9741 <sup>ns</sup>            |
| CV (%)      |    | 11,18                | 6,99                 | 12,98                                       | 41,18                           |
| Média geral |    | 1,952<br>m           | 89,0<br>cm           | 296,952<br>g 1000<br>sementes <sup>-1</sup> | 3.666,14<br>kg ha <sup>-1</sup> |
| SAFRA 2019  |    |                      |                      |   |                                 |
| F. V.       | GL | F                    |                      |   |                                 |
|             |    | AP                   | AIE                  | MG1000                                      | PG                              |
| Tratamento  | 6  | 0,004**              | 0,004**              | 0,3334 <sup>ns</sup>                        | 0,0030**                        |
| Bloco       | 2  | 0,3105 <sup>ns</sup> | 0,540 <sup>ns</sup>  | 0,1111 <sup>ns</sup>                        | 0,7799 <sup>ns</sup>            |
| CV (%)      |    | 4,87                 | 7,66                 | 3,94  | 17,6                            |
| Média geral |    | 2,07<br>m            | 88,71<br>cm          | 353,476<br>g 1000<br>sementes <sup>-1</sup> | 5.690,28<br>kg ha <sup>-1</sup> |

ns: não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; \*\*: significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F e \*: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

**Fonte:** elaborada pelo autor.

Nota-se que o peso de 1000 grãos (MG1000) não obteve diferenças significativas aos tratamentos na safra de 2018 e 2019. Portanto as doses de nitrogênio, aplicadas de diferentes formas ou a não aplicação não interferiram no peso. Podemos observar que a média da massa de 1000 grãos na safra 2019 foi 19,04% maior que a massa de grãos da safra 2018. Aumento este pode ser relacionado às melhorias das condições químicas do solo (Tabela 2).

Resultados semelhantes foram observados por Schiliching et al. (2015), em que a interação do potencial hídrico do solo e doses de nitrogênio não alteraram o peso das sementes, resultados

encontrados por Zucareli (2012), em que doses e épocas de aplicação da adubação nitrogenada não interferiram na massa de 100 sementes.

Para Valderrama et al. (2011), a massa de 100 grãos de milho não foi afetada pelo incremento das doses de N. Em trabalho de Farinelli; Lemos (2012), também não observaram diferenças significativas para a massa de grãos com diferentes doses de nitrogênio e sistema de manejo. Portanto, conforme Ohland et al. (2005), as características produtivas são influenciadas pelo genótipo, seguido da relação de nutrientes e condições climáticas na fase de enchimento de grãos.

Na Tabela 7, análise da safra 2019 de milho grão, foram observadas diferenças significativas para os diferentes tratamentos impostos para a cultura do milho: altura de plantas, altura de inserção de espiga e produção de grãos, sendo somente a massa de mil grãos não significativo.

**Tabela 7.** Resumo das variáveis de produção de milho grão da safra de 2019, altura da planta (AP), altura inserção da espiga (AIE), produtividade de grãos (PG), massa de 1000 grãos (MG1000), no município de Ponta Porã (MS), IFMS-PP, 2019

| Tratamento | Variáveis agrônômicas milho grão <sup>1</sup> |             |   |                              |                                 |
|------------|---|-------------|---|------------------------------|---------------------------------|
|            | AP<br>(m)                                     | AIE<br>(cm) | MG1000<br>(g 1000<br>sementes <sup>-1</sup> ) | PG<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Diferença de<br>produção<br>(%) |
| FERT200    | 2,31 a  | 107,00 a    | 356,667 a                                     | 7589,67 a                    | 11,82 <sup>3</sup>              |
| FERT150    | 2,21 a  | 88,33 b     | 366,000 a                                     | 6692,33 a                    | -                               |
| FERT100    | 2,19 a  | 97,67 a     | 353,000 a                                     | 6981,67 a                    | 4,32 <sup>3</sup>               |
| FERT50     | 2,09 a  | 74,33 b     | 344,333 a                                     | 4629,67 b                    | 44,53 <sup>4</sup>              |
| TA         | 1,87 b  | 97,00 a     | 339,667 a                                     | 4430,00 b                    | 51,06 <sup>4</sup>              |
| TI         | 1,80 b  | 75,33 b     | 353,667 a                                     | 3866,67 b                    | 73,07 <sup>4</sup>              |
| TIA        | 2,00 b  | 80,67 b     | 361,000 a                                     | 5642,00 b                    | 18,61 <sup>4</sup>              |

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. .

<sup>3</sup> produção superior ao FERT150. <sup>4</sup> produção superior inferior ao FERT150.

**Fonte:** elaborado pelo autor.

Observando a Tabela 07, o aumento das doses de adubação nitrogenada gerou ganhos de produção. Os sistemas fertirrigados demonstraram superioridade ao tratamento convencional. Maiores doses de nitrogênio incrementaram a produção, em que a aplicação por fertirrigação nos

tratamentos FERT200, 150 e 100 foram significativamente maiores que o tratamento TIA com aplicação convencional de nitrogênio. As maiores doses de N acarretaram aumento produtividade. Esse aumento está associado com a síntese de clorofila, propiciando maior capacidade fotossintética e assimilação de CO<sub>2</sub>. Maiores doses de N propiciam aumento do tamanho do grão por espiga favorecendo maiores produtividades de grãos Bhatt et al. (2012). Segundo Pizolato Neto et al. (2016), incrementos na adubação nitrogenada proporcionou aumento linear na produtividade de milho, com maiores produtividades na dosagem de 140 kg N ha<sup>-1</sup>, resultando em produção de 6.065,00 kg ha<sup>-1</sup>. Resultados que concordam com Aratani et al. (2006), em que o aumento das doses de N (0, 20, 40, 60, 80, 100 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), proporcionaram aumento linear no rendimento dos grãos de milho,

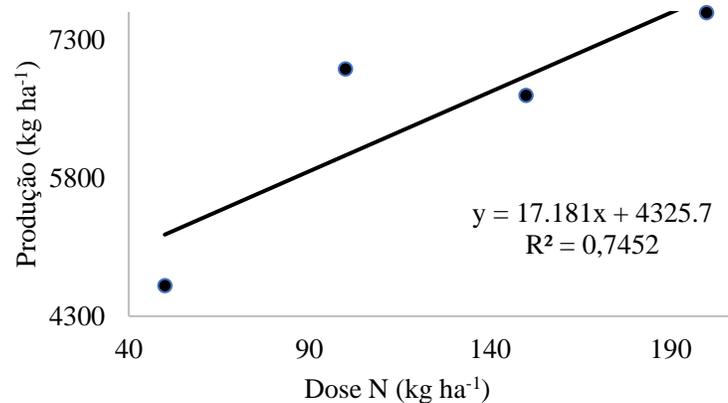
Pode-se notar na Tabela 7, que o tratamento TI (somente com a irrigação) obteve o menor desempenho em relação a produção de milho, com uma redução de 73,07% em relação ao tratamento FERT150, constatando a necessidade de realização da adubação nitrogenada para as condições locais do experimento. Resultados semelhantes encontrados por Portugal (2012), em que a redução de produtividade de grãos foi superior a 30% quando não realizada a adubação nitrogenada na cultura do milho.

Apesar do tratamento TIA ser irrigado e com aplicação de 150 kg N ha<sup>-1</sup>, quando comparado ao tratamento FERT 150 com aplicação de nitrogênio parcelado pelo injetor Fertipet<sup>®</sup> (Tabela 7), a produção pelo sistema fertirrigado foi significativamente superior, a produção de milho foi 18,61% maior. O parcelamento da adubação em diferentes estágios proporcionados pelo sistema de injeção Fertipet<sup>®</sup> pode ter determinado o aumento de produção. Para Repke et al. (2013), Rotili et al. (2014), a adubação nitrogenada em estágio V4 e V6 geraram resultado positivos na produção de milho. Cruz (2014), usando a fertirrigação nitrogenada parcelada em diferentes doses para a produção de milho, estimou a produtividade máxima grãos (5.294 kg ha<sup>-1</sup>) obtida com 240 kg ha<sup>-1</sup> de N, com posterior declínio com aumento da dose até 300 kg ha<sup>-1</sup> de N. Conforme Kaneco et al. (2012), a adubação via fertirrigação com parcelamento obteve maior lucratividade e rentabilidade na cultura do milho, quando comparada à adubação convencional tratorizada.

Na Figura 9 estão os valores médios de produtividade em função das doses nitrogênio aplicadas pelo injetor FERTPET<sup>®</sup> onde se observa que há um aumento linear na produtividade da cultura do milho em função das doses de N aplicadas. A dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, do tratamento

FERT200, proporcionou uma produtividade de 7.589,67 kg ha<sup>-1</sup>, o que corresponde ao acréscimo de 63,93% em relação ao tratamento FERT50.

Em trabalho de Valderrama et al. (2011), o aumento das doses de nitrogênio em milho (0, 40, 80, 120kg ha<sup>-1</sup>) sob irrigação por aspersão, aumentou lineamento o teor de N nas folhas e produtividade de grãos de milho respectivamente na dose de 120kg ha<sup>-1</sup> produziu 11.191kg ha<sup>-1</sup>, que representou aumento de 78,25%, em relação ao tratamento controle sem N. Resultados semelhantes encontrados por Pizolato Neto et al (2016), em que o nitrogênio interfere positivamente na a produção de milho.



**Figura 9.** Valores de produção de milho grão seco (kg ha<sup>-1</sup>) sob efeitos das doses de nitrogênio aplicado pelo sistema de injeção de fertilizantes FERTIPET<sup>®</sup> na safra 2019, em Ponta Porã (MS), IFMS-PP, 2019. **Fonte:** elaborada pelo autor.

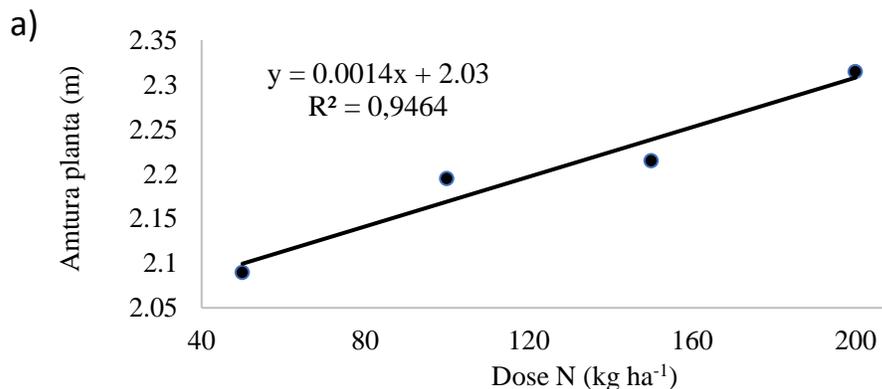
Nota-se ainda na Tabela 7 que em relação à altura das plantas (AP) houve diferença estatística em que os tratamentos: FERT200, FERT150, FERT100 e FERT50 apresentaram maiores alturas finais em comparação aos demais tratamentos sem fertirrigação. Resultado que pode ser relacionado com o melhor uso da fonte de nitrogênio. A comparação entre o sistema de adubação convencional (TAI) com 150kg N ha<sup>-1</sup> e o tratamento FERT150 que utiliza o injetor Fertipet<sup>®</sup> foi 9,50% menor.

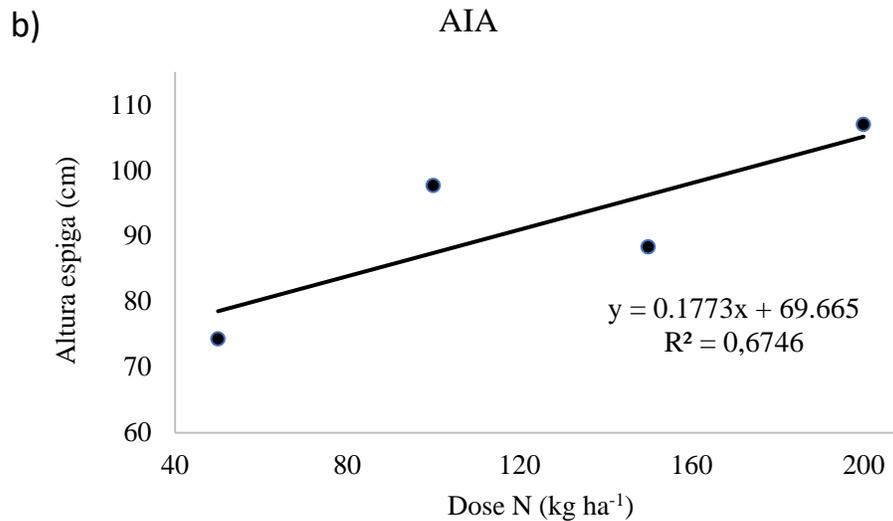
A fertirrigação para manejo nutricional do milho, sobretudo quando a irrigação é localizada e por gotejamento, pode reduzir os custos com fertilizantes e mão de obra, facilitar o parcelamento e diminuir as perdas de N por volatilização de NH<sub>3</sub> e lixiviação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (SOUZA, 2018). Em trabalho de Lyra et al. (2014), aumento das doses de nitrogênio proporcionou aumento das plantas de milho e segundo Schlichting (2012), menores tensões de água no solo proporcionaram aumento das plantas de milho. Conforme Silva et al. (2006), a altura do milho é um parâmetro que expressa

o desenvolvimento da cultura e tem correlação com a produtividade. Plantas de milho com maior estatura têm vantagens sobre plantas invasoras, pois proporcionarão sombreamento consequentemente menor concorrência por água e nutrientes (FREITAS et al., 2008).

Para a variável altura de inserção de espiga (AIE) ocorreram diferenças estatísticas em função das doses e de modos de aplicação da adubação nitrogenada (Tabela 07). Característica esta que pode variar em função das características ambientais e do ano agrícola. A maioria dos solos do cerrado (regiões tropicais) é deficiente em N que perdem por lixiviação e volatilização, entre outras causas, aproximadamente 50% do N-fertilizante (REPKE et al., 2013). Na Tabela 7, o tratamento FERT200 obteve a maior altura de inserção de espiga. Segundo Rambo et al. (2011), devido à variabilidade de condições meteorológicas e de solo, associada aos múltiplos processos que interferem na complexa dinâmica do N no solo podem ocasionar alterações na disponibilidade e na necessidade desse nutriente durante a desenvolvimento da cultura. Em trabalho de Neumann et al. (2005), o aumento da dose de adubação de cobertura não proporcionou alterações na altura de inserção de espigas.

Na Figura 10, podem-se observar os ajustes para a altura de plantas (AP) e altura de inserção de espiga (AIE) nos sistemas de adubação de cobertura nitrogenada sob fertirrigação com aplicação do fertilizante nitrogênio pelo injetor Fertipet® na safra de 2019. Para as variáveis AP e AIE ajustaram-se ao modelo de regressão linear em função das doses crescentes de nitrogênio aplicada pelo injetor FERTIPET® na safra 2019, com ponto de máxima a dose de 200 kg N ha<sup>-1</sup> para um altura de planta de 2,31m e para altura de inserção de espiga de 1,07 m.





**Figura 10.** Resultados da análise de regressão para: a) AP (altura de planta); b) AIE (altura de inserção de espiga) em função das doses crescentes de nitrogênio, sob uso do injetor de fertilizantes FERTIPET<sup>®</sup>. IFMS - Ponta Porã (MS), 2019.

#### 4 CONCLUSÕES

O injetor FERTIPET<sup>®</sup> é recomendado para uso em pequenas escalas de produção de milho, e para o uso do parcelamento de fertilizantes.

O injetor FERTIPET<sup>®</sup> é mais eficiente na aplicação de nitrogênio de cobertura comparada a adubação convencional e proporcionou maiores valores das variáveis de produção do milho com o aumento das doses de nitrogênio.

O tratamento FERT 200 com uso do injetor de fertilizante FERTIPET, aplicando 200 kg de N por hectare apresentou melhores resultados de produção para o milho

Os componentes de produção da cultura de milho ADV9343 respondem aos tratamentos de adubação nitrogenada, principalmente com o uso da técnica da fertirrigação.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, C. L. T.; JUNIOR, J. C. F.B. Seleção do método de irrigação. **Uso e Manejo de Irrigação**. 2ed., Brasília, DF: Embrapa, 2013. p.317-399.
- ALVAREZ, V. V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.
- ARATANI, R.G.; FERNANDES, F.M.; MELLO, L.M.M. Adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho irrigado, em sistema plantio direto. **Revista científica eletrônica de agronomia**, v. 5, p. 1-10, 2006.
- ARRUDA, F.B. Uso da água na Agricultura. In SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA. **Anais**. Campinas, 1987. p.177-97.
- BARBOSA FILHO MP; FAGERIA NK; SILVA OF. 2004. Fontes e métodos de aplicação de nitrogênio em feijoeiro Irrigado submetido a três níveis de acidez do solo. **Ciência e Agrotecnologia** 28: 785-792.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8. ed. atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV Impr. Universitária, 2006. 625 p. ISBN 8572692428.
- BHATT, P, S.; M. YAKADRI.;Y. SIVALAKSHMI. Influence of varying plant densities and nitrogen levels on yield attributes and yield of sweet corn. **International Journal of Bio-Resource e Stress Management**, v. 3, p.169-172, 2012.
- BISCARO, G. A.; GOMES, E. P. Injetor de fertilizantes para sistemas de irrigação localizada utilizando garrafa Pet Fertipet. **Carta patente** nº MU 9002574-1. 2010.
- BISCARO, G. A. **Sistemas de irrigação localizada**. Ed. UFGD, Dourados, MS. 262 p. 2014.
- BORELLI, A. B. **Qualidade e pós-colheita do milho-verde sob fertirrigação nitrogenada**. Dissertação de Mestrado – UFGD/FCA, 2012. 49 p.
- BORGES, I. D.et al. Efeito das épocas de aplicação da cobertura nitrogenada, das fontes de nitrogênio e dos espaçamentos entre fileiras na cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n.305, p 75-81, 2006.
- BORIN, A. L. D. C.; LANA, R. M. Q.; PEREIRA, H. S. Absorção, acúmulo e exportação de macronutrientes no milho doce cultivado em condições de campo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, ed. esp., p. 1591-1597, 2010.
- BRASIL: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para a análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009. 399p.

CAMPANHA, M. M.; CRUZ, J. C.; RESENDE, A. V. **Sistema de produção integrada de milho para Região Central de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 74 p.

Cantarella, H.; Raij, B. van; Camargo, C.E.O. Cereais. In: Raij, B. Van; Cantarella, H.; Quaggio, J.A.; Furlani, A.M.C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, p.75-71. 1997. (Boletim Técnico, 100).

CARMO, M.S.; CRUZ, S. C. S.; SOUZA, E. J.; CAMPOS, L. F. C.; MACHADO, C. G. Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (Zeamaysconvar. saccharatavar. rugosa). **Bioscience Journal, Uberlândia**, v. 28, Supplement1, p. 223-231, 2012.

**CONAB**. Companhia Nacional de Abastecimento. V. 7 - safra 2019/20. Disponível em: [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br) . Acesso em 10/10/2019.

COSTA, E. F.; BRITO, R.A.L. **Metodos de aplicação de produtos químicos e biológicos na irrigação pressurizada**. In: COSTA, E.F; VIERA, R.F.; VIANA, P.A. Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI,1994. p. 85-109.

COSTA, K. A. P. et al. Extração de macronutrientes pela fitomassa do capim-xaraés em função de doses de nitrogênio e potássio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1162-1166, 2008.

CRUZ, C. A. **Produtividade e rendimento industrial do milho doce irrigado em função de dose e parcelamento de nitrogênio**. Dissertação (Mestrado), 35p. Unesp – Jaboticabal, 2014.

DOMINGOS. F.F. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576 p.

DONAGEMA, G. K. et al. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. p. 43-49.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 42, n. 1, p. 63-70, jan./mar. 2012.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. agrotec.** [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112 . Disponível em: ISSN 1413-7054. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.

FRANÇA, S.; BERGAMASCHI, H. ROSA, L. M. G. Modelagem do crescimento do milho em função da radiação fotossinteticamente ativa e do acúmulo de graus-dia, com e sem irrigação, **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 59-66, 1999.

FREITAS, F. C. L., SANTOS, M. V., MACHADO, A. F. L., FERREIRA, L. R., FREITAS, M. A. M. E SILVA, M. G. O. (2008). Comportamento de cultivares de milho no consórcio com *Brachiaria brizantha* na presença e ausência de foramsulfuron + iodosulfuron-methyl para o manejo da forrageira. **Planta Daninha**, 26, 215-221. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000100022>.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. Maringá: Eduem, 356 p. 2012.

KANECO, F. H.; HERNANDEZ, F. B. T.; SHIMADA, M. M.; FERREIRA, J. P. Estudo de caso - análise econômica da fertirrigação e adubação tratorizada em pivôs centrais considerando a cultura do milho. **Rev. Agrarian**. Dourados, v.5, n.161, p.161-165, 2012.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**, New York: Chapman & Hall, 1990.

MANTOVANI, E.C., VILLALOBOS, F.J., ORGAZ, F., FERERES, E., 1995. Modeling the effects of sprinkler irrigation uniformity on crop yield. **Agric. Water Manager**. 27, 243–257.

MANTOVANI, E. C.; SALASSIER, B.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: Ed UFV. 318 p. 2006.

MELO, G. L. **Caracterização de sistemas de cultivo em áreas irrigadas por aspersão no Rio Grande do Sul**. 2006. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MENDONÇA, F.C. et al. Adubação nitrogenada do milho em um sistema de irrigação por aspersão em linha. **Scientia Agrícola**, v. 56, n.4, p.1035-1044, 1999.

NEUMANN, M. et al. Rendimentos e componentes de produção da planta de milho (*Zea mays* L.) para silagem, em função de níveis de adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 3, p. 418-427, dez. 2005.

OHLAND, R. A. A. et al. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, maio/jun. 2005.

OKUMURA, R.S.; MARIANO, D.C.; ZACCHEO, P.V.C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, n.2, p.226–244, 2011.

OLIVEIRA, M.A.; ZUCARELI, C.; SPOLAOR, L.T. et al. Desempenho agrônômico do milho sob adubação mineral e inoculação das sementes com rizobactérias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina grande, v.16, n.10,

PEREIRA, A. R.; SEDIYAMA, G. C.; VILLA NOVA, N. A. **Evapotranspiração**. Campinas: Fundag, 2013. 323p.

PEREIRA, L.S.; VALERO, J.A.J.; BUENDÍA, M.R.P.; MARTÍN-BENITO, J.M.T. **El riego e sus tecnologías**. Albacete: CREA-UCLM, 2010, 296p.

PIZOLATO NETO, A.; CAMARGOS, A. E. V.; VALERIANO, T. B.; SGOBI, M. A.; SANTANA, M. J de. Doses de nitrogênio para cultivares de milho irrigado. **Nucleus**, v.13, n.1, abr. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.3738/1982.2278.1606>.

PORTUGAL, A. V. **Fontes de nitrogênio no cultivo de milho em sistema plantio direto: avaliação econômica e produtividade.** 2012. 66 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Alfenas, Alfenas.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F.; STRIEDER, M. L.; SILVA, A. A.; SANGOI, L.; VIEIRA, V. M. Índices nutricionais de N e produtividade de milho em diferentes níveis de manejo e de adubação nitrogenada. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.46, n.4, p.390-397, abr. 2011

REPKE, R. A. et al. Eficiência da Azospirillum brasilense combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 214-226, 2013. [ Links ]

ROTILI, E. A. et al. Rentabilidade de diferentes híbridos de milho, no Estado do Tocantins, safra 2009/2010. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Gurupi, v. 5, n. 2, p. 162-167, 2014.

RUFFO, M. L, BOLLERO, G. A, BULLOCK, D. S, BULLOCK, D. G, Site-specific production functions for variable rate corn nitrogen fertilization. **Precision Agric.**, v.7, p.327–342, 2006.

SCHILICHTING, A. F. **Cultura do milho submetida a tensões de água no solo e doses de nitrogênio.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas- Engenharia Agrícola. Rondonópolis – MT, 2012.

SILVA, D. A., VITORINO, A. C. T., SOUZA, L. C. F., GONÇALVES, M. C. E ROSCOE, R. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 5, 75-88. 2006.

SILVA, P.S.L.; SILVA, P.I.B. Parcelamento da adubação nitrogenada e rendimento de espigas verdes de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 149-152, abril/junho 2003.

SMITH , M. **Reporto n the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements.** Rome: FAO, 1991. 45p.

SOUZA, E. G. F. **Produção de milho-verde, seco e para silagem sob doses de nitrogênio fertirrigados em duas safras de cultivo no semiárido brasileiro.** Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2018.

SOUZA, Ê.G.F.; CRUZ, E.A. da; FRANÇA, R.F. da; SILVA, J.M. da; BARROS JÚNIOR, A.P.; BEZERRA NETO, F. Economic nitrogen rate for fertigation of green corn crop in the Brazilian semiarid. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.54, e00556, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00556>.

VALDERRAMA, M. et al. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, abr./jun. 2011.

XAVIER, D. A.; FURTADO, G. F.; SOUSA JÚNIOR, J.R.; SOUSA, J. R. R.; ANDRADE, E. M. G. Produção de fitomassa do milho sob lâminas de irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 3, p. 144-148, 2014.

ZUCARELLI, C.; PANOFF, B.; PORTUGAL, G.; FONSECA, I. C. B. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de milho doce. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 34, nº 3 p. 480 - 487, 2012.

## CAPÍTULO II

### **Desenvolvimento inicial da cultura da erva-mate sob diferentes sistemas de injeção de fertilizantes e sombreamento**

TAPPARO, Sergio André. **Avaliação inicial do desenvolvimento da erva-mate sob diferentes sistemas de injeção de fertilizantes e sombreamento.** Orientador: Guilherme Augusto BISCARO; Co-Orientador: Everton dos Santos Oliveira.

### **RESUMO**

A erva-mate planta nativa da região sudoeste do MS, com importância histórica nessa região, tem-se observado aumento nas áreas de plantio ocasionando uma busca por práticas de manejo capazes de diminuir custos de produção aos produtores com melhoras edáficas de produção. A irrigação proporciona em muitas culturas ganhos produtivos contudo, até o momento, raros foram os trabalhos realizados sobre irrigação e fertirrigação no intuito de melhorar a produtividade da erva-mate. Assim, objetivou-se avaliar a influência no desenvolvimento inicial da cultura da erva-mate em campo com uso de diferentes tipos de sombreamento e uso da fertirrigação com aplicação de fertilizantes o através de diferentes injetores. O experimento realizado no campus do IFMS – Ponta Porã (MS), conduzido em delineamento em blocos casualizados no esquema fatorial 2x4, sendo dois modelos de injetores: injetor FERTIPET® e Injetor Volumétrico Micro Dos II® e quatro métodos de sombreamento : T1 (Chapa de madeira), T2 (Sombrite®), T3 (Crotalaria juncea) e T4 (Feijão guandu). A avaliação ocorreu aos 4 meses e ao final de 10 meses, foram avaliadas as variáveis: porcentagem de plantas sobreviventes aos 4 meses, e ao final: altura das mudas, diâmetro do caule, número de ramos, índice de clorofila e uniformidade de distribuição de fertilizantes pelos injetores. A análise observada não houve diferença significativa entre o sistema de irrigação e a cobertura para sombreamento das mudas de erva-mate, assim como, entre os sistemas de injeção de fertilizantes e a cultura da erva-mate. As variáveis de crescimento foram influenciadas pelos métodos de sombreamento. A chapa de madeira foi o que possibilitou a melhor sobrevivência de plantas (89,6%) aos 4 meses. O uso da tela sombrite® proporcionou os melhores resultados para altura de plantas e diâmetro do caule e número médio de ramos com valores de 30,07cm, 5,92mm e 3,92 respectivamente. O coeficiente de distribuição de fertilizantes (CUC) para o injetor Fertipet semelhante a modelos comercial com valor superior a 85% de uniformidade.

**Palavras-chave:** Fertirrigação. FERTIPET®. *Ilex Paraguariensis*.

## Initial development of yerba maté culture under different fertilizer injection and shading systems

### ABSTRACT

Yerba maté is a plant native to the southwestern region of Mato Grosso do Sul, with historical importance in this region. There has been an increase in the planting areas, leading to a search for management practices capable of reducing production costs for growers with improved soil production. Irrigation provides productive gains in many crops, however, until now, work on irrigation and fertigation has been rare in order to improve the yield of Yerba maté. Thus, the objective was to evaluate the influence on the initial development of the yerba maté crop in the field with the use of different types of shading and the use of fertigation with the application of fertilizers or through different injectors. The experiment performed at the IFMS - Ponta Porã (MS) campus, conducted in randomized block delineation in the 2x4 factor scheme, being two models of injectors: FERTIPET® and Micro Dos II® Volumetric Injector and four shading methods: T1 (Wooden plate), T2 (Sombrite®), T3 (Crotalária juncea) and T4 (Guandu bean). The evaluation occurred at 4 months and at the end of 10 months, the variables were evaluated: percentage of surviving plants at 4 months, and at the end: height of seedlings, stem diameter, number of branches, chlorophyll index and uniformity of fertilizer distribution by injectors. The analysis observed no significant difference between the irrigation system is the shading coverage of yerba mate seedlings, as well as between the fertilizer injection systems and the yerba mate crop. The growth variables were influenced by shading methods. The wood plate was what made possible the best survival of plants (89.6%) at 4 months. The use of sombrite® screen provided the best results for plant height and stem diameter and average number of branches with values of 30.07cm, 5.92mm and 3.92 respectively. The fertilizer distribution coefficient (CUC) for the Fertipet injector is similar to commercial models with a value of more than 85% uniformity.

**Keywords:** Fertirrigation. FERTPET, *Ilex Paraguariensis*.

## 1 INTRODUÇÃO

A erva-mate [*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire (Aquifoliaceae)] é uma planta nativa presente nos estados do RS, SC, PR e MS, podendo ser explorada nas áreas de reserva florestal, conforme previsto no código florestal. É uma cultura de grande importância social, econômica, ambiental e cultural para os participantes de sua cadeia produtiva. Um atraente cenário de mercado sinaliza a utilização para fabricação de produtos fármacos e alimentícios, no entanto é necessário desenvolvimento de métodos produtivos que atendam às exigências de qualidade desse produto.

A erva-mate é produzida sob diferentes sistemas de cultivo, podendo ser cultivada solteira, em consórcio com culturas anuais e perenes, com e sem mecanização no preparo do solo e ainda na exploração de áreas nativas. Uma das peculiaridades é a sua adaptação, tanto para o cultivo a

pleno sol como sombreado (SANTIN et al., 2015). Para Caron et al. (2014), a produção de *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. cultivadas de modo solteiras resultaram em uma maior produção de fitomassa aérea por planta se comparadas ao sistema consorciado.

A adoção de práticas de implantação da cultura no campo garante o estabelecimento e conseqüentemente a produtividade e a qualidade da erva-mate colhida (GOULART & PENTEADO JUNIOR, 2016). Por ser uma planta sucessional clímax, com crescimento sombreado nos primeiros estágios de desenvolvimento, em cultivos em sistema solteira é necessário sombrear as mudas mesmo que previamente rustificadas e adaptadas ao sol, devem ser protegidas após o plantio no campo (MEDRADO et al., 2000). O sombreamento pode ser feito com uso de tábuas, lâminas, palhas ou outro tipo de restos vegetais, colocados de maneira a proteger principalmente dos raios solares do período vespertino (PENTEADO JUNIOR & GOULART, 2019).

Formas alternativas de sombreamento nos estágios iniciais com uso de plantas de cobertura, tais como a crotária e feijão guandu entre outras leguminosas, podem se tornar uma alternativa e tem despertado interesse em sistemas agroflorestais (MEDRADO; STURION, 2014).

Cultura de distribuição natural de regiões com índices pluviométricos variando entre 1500 e 2000 mm ano<sup>-1</sup>, a recomendação de plantio no início da época de chuvas, a irrigação se faz necessário em períodos de estiagem, com mais de 15 dias sem chuvas (SCHENEIDER; PETRY, 1985), o estabelecimento está condicionado a seu habitat natural, caracterizado pelo sombreamento, conseqüentemente pela umidade (CORVELLO; FONSECA, 1992), vegeta em solos úmidos e permeáveis e sem deficiência hídrica (SAIDELLES et al., 2003) . O plantio em épocas de maiores índices de pluviosidade garante a sobrevivência da cultura no campo (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

A técnica da irrigação já implantada com sucesso em culturas permanentes como o cafeeiro, tem como objetivo a manutenção do potencial hídrico do solo, principalmente em estágios de implantação da cultura no campo (REZENDE et al., 2010). Para Gruber et al. (2006), a irrigação oferece maior adaptação das mudas ao campo, diminuir doenças e até mesmo a lixiviação do solo, além da redução na idade de produção e desenvolvimento mais homogêneo da silvicultura. Na cultura da erva-mate a técnica de irrigação limita-se à fase de produção de mudas, com poucas ou quase inexistentes trabalhos que quantificam a produção em sistemas irrigados.

Entre os sistemas de irrigação pressurizadas, a localizada se adapta melhor a condições da silvicultura. Os sistemas de irrigação localizada proporcionam economia de água por realizar

molhamento próximo à zona radicular, obtendo maior eficiência de aplicação (SANTANA et al., 2004.; ANDRADE; JUNIOR, 2013). Fato importante, a se considerar ainda, é que no primeiro ano de cultivo da erva-mate ocorre o predomínio da evaporação de água do solo sobre a transpiração da cultura, que desempenha papel significativo no crescimento das plantas durante o estabelecimento. A rápida secagem do solo não proporciona oportunidade de regulação afetando a cultura (FRIZONE et al., 2012).

A irrigação proporciona ainda a aplicação de fertilizantes via água, denominada fertirrigação, método eficiente que consiste na aplicação de fertilizantes solúveis através do sistema de irrigação (MEDEIROS et al., 2012). A possibilidade da aplicação parcelada dos fertilizantes possibilita manter níveis de fertilidade no solo durante todo o ciclo da cultura, possibilitando ganhos de crescimento (MAQUELLI; SOUZA, 2011).

A qualidade da fertirrigação é associada à uniformidade de distribuição de água no sistema de irrigação e ao injetor. O uso dos injetores de fertilizantes deve ser adequado para cada situação específica, ao produto a ser aplicado e à condição técnica do operador do sistema (SANTOS et al., 2012). O custo e a fonte de energia dos injetores de fertilizantes são parâmetros importantes para escolhas dos equipamentos de irrigação e conseqüentemente no êxito da fertirrigação (FRIZONE et al., 2018).

Apesar de ser uma planta nativa que se adaptada a diferentes condições de nutrição do solo, o desequilíbrio na nutrição pode afetar o desenvolvimento da cultura. Bissan (2004) destaca que a baixa disponibilidade de fósforo limita o crescimento da cultura. Para Santin et al. (2013) o nitrogênio e fósforo são os mais importantes para o crescimento vegetativo, para brotação, folhas, raízes e crescimento de plântulas. Carvalho (2003) caracteriza a cultura da erva-mate por ocorrer naturalmente em solos muito ácidos e de baixa fertilidade, entretanto, segundo Wendling; Santin, (2015), a cultura se desenvolve bem nessas condições, desde que a umidade e os teores de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio) sejam altos no solo.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar o desenvolvimento inicial da cultura da erva-mate sob diferentes formas de sombreamento e, submetida a irrigação por gotejamento com aplicação de fertilizantes por diferentes injetores.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento conduzido no período de novembro de 2018 a setembro de 2019 em área localizada dentro Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS-PP), no município de Ponta Porã (MS), sudoeste do Estado (22°37'14"S, 55°36'37"W, 640m de altitude). O clima da região, na classificação climática de Köppen (1948), é do tipo Cfa, subtropical úmido.

O solo analisado da área apresentou as características químicas Tabela 8, classificado com textura franco arenoso, foram aplicados 3t ha<sup>-1</sup> de calcário em área total incorporada no solo até 0,25 m de profundidade, 150 dias antes do plantio, e na sequência da calagem a implantação da cultura da aveia preta para cobertura do solo antes do plantio das mudas.

A adubação de plantio realizada no sulco, aberto por sulcador, realizado 10 dias antes do plantio, com a aplicação conforme recomendação de Wendling e Santin (2015), sendo 100kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 40kg K<sub>2</sub>O, 20kg N (super simples, cloreto potássio e uréia).

**Tabela 8.** Análise químicas do solo da área experimental da cultura da erva-mate (profundidade de 0 a 20 cm), antes do plantio, em Ponta Porã (MS). IFMS, 2018

| pH               | P                   | K <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup>                   | Al <sup>3+</sup> | MO                 | V % |
|------------------|---------------------|----------------|------------------|------------------------------------|------------------|--------------------|-----|
| H <sub>2</sub> O | mg dm <sup>-3</sup> |                |                  | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |                  | g kg <sup>-1</sup> | %   |
| 6,01             | 3,1                 | 28,0           | 2,4              | 1,0                                | 0,00             | 12,5               | 76  |

MO = matéria orgânica, P, K: Mehlich (HCl+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>); Ca, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>: KCl 1 M. **Fonte:** elaborado pelo autor.

O experimento foi implantado em delineamento em blocos casualizados no esquema fatorial 2x4, sendo dois modelos de injetores: injetor Fertipet® e Injetor Volumétrico MicroDos II® e 4 métodos de sombreamento: T1 (Chapa de madeira), T2 (Sombrite® com 50% sombreamento), T3 (Crotalária, *Crotalaria juncea*) e T4 (Feijão guandu, *Cajanus cajan*) com 7 repetições. Foram implantadas 14 linhas [7 por sistema de injeção de fertilizante Fertipet® e 7 com o Injetor MicroDos II], cada linha composta de 4 parcelas de 10 plantas de erva-mate sombreadas de acordo os métodos.

O espaçamento utilizado para o cultivo foi de 3,5 m x 1,5 m (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019) totalizando uma linha de 60 m, em cultivo tipo sistema solteiro, todas as linhas foram irrigadas, controladas individualmente por registro, com sistema de gotejamento por tubo gotejador plano marca Irritec P1®, diâmetro nominal de 16 mm, com pressão de serviço de 1,0 kgf cm<sup>-2</sup>. A aferição da pressão de serviço através de manômetro instalado na entrada da área de experimento.

A adubação de cobertura iniciou-se aos 120 dias após plantio, conforme recomendação de Wendling; Santin, (2015); Penteado Junior; Goulart, (2019), realizada através da fertirrigação. Foram aplicados  $15 \text{ g planta}^{-1}$  do fertilizante de uso para fertirrigação na fórmula 6-16-36, parcelado em 3 aplicações.

A fertirrigação foi realizada utilizando-se dois sistemas de injetores: injetor Fertipet® e Injetor Volumétrico Micro Dos II®, conectados na saída da bomba de irrigação. Os valores da vazão dos emissores foram substituídos por valores de condutividade elétrica da solução para determinação de CUC, assim pode-se verificar a distribuição de fertilizantes nas linhas de irrigação, seguindo modelo de Oliveira et al (2003).

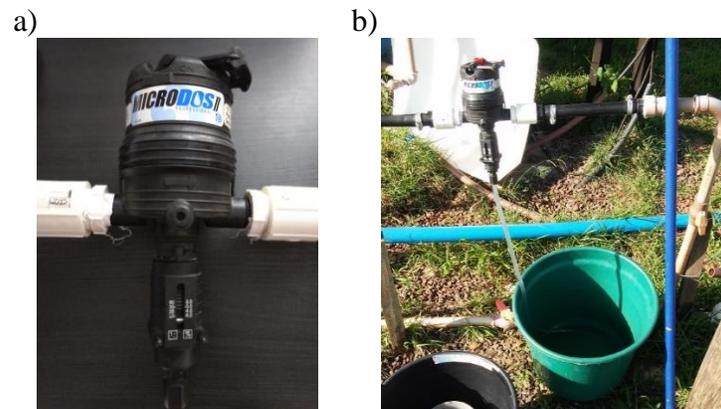
A escolha das linhas laterais para avaliação da distribuição de fertilizantes seguiu a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975) com avaliação de 4 linhas laterais por injetor (primeira linha, a 1/3, 2/3 e última linha). Em cada linha, foram avaliadas as vazões de 4 gotejadores, isto é, o primeiro, os localizados a 1/3, 2/3 do início da linha de derivação e o último, totalizando 16 gotejadores por injetor. A solução coletada em recipiente com capacidade de 2 litros colocada embaixo do gotejador. O tempo total de injeção de fertilizante foi de 1 hora, sendo o tempo efetivo da injeção de 45 minutos o restante para equalização da pressão e lavagem do sistema em ambos injetores. Cada amostra numerada, foi pesada em balança de precisão (0,01g) e verificada a condutividade elétrica (CE) através de condutivímetros de bancada com compensação automática de temperatura, no laboratório de Engenharia Agrícola – IFMS de Ponta Porã.

O injetor FERTIPET de baixo custo e simples operação, utiliza uma garrafa PET de 2 litros como reservatório de fertilizante, conectado na linha principal do sistema de irrigação, através de 2 microtubos de 6mm, fixados um antes e outro após registro de esfera, cuja função é proporcionar o diferencial de pressão na tubulação, em que parte da água da irrigação é conduzida para o interior da garrafa de PET ocorrendo a mistura com a solução fertilizante, previamente colocada. Simultaneamente, o conteúdo da garrafa é derivado de volta para a mesma tubulação. A pressão de trabalho na bomba de irrigação foi de  $1,5 \text{ kgf cm}^{-2}$ , o ângulo de fechamento do registro em  $30^\circ$  calibrado com gabarito desenvolvida para registro de esferas de pvc conforme demonstrado na Figura 11.



**Figura 11.** a) esquema funcionamento do Fertipet; b) Fertipet conectado a linha de irrigação; c) gabarito calibrador de registro de esfera. **Fonte:** imagens autor

O injetor volumétrico MicroDos II<sup>®</sup>, modelo comercial, possui um alto custo de aquisição e importado, foi calibrado para uma taxa de injeção de  $20 \text{ L h}^{-1}$ , a calda de fertilizante, que foi previamente diluída em recipiente aberto em um volume de água de 10 litros, conforme Figura 12.



**Figura 12.** A) Injetor de fertilizante MicroDos II; b) injetor instalado saída bomba; c) **Fonte:** imagem autor.

As fertirrigações ocorreram sempre nos mesmos dias, e nas mesmas quantidades aplicadas, com intervalos de aplicação de aproximadamente de 10 dias. A lâmina de irrigação aplicada foi realizada conforme a evapotranspiração acumulada, com turnos rega variados, conforme metodologia preconizada por Biscaro (2014).

O plantio ocorreu em novembro de 2018. As coberturas de feijão guandu e crotalária foram semeadas 3 meses antes do transplântio da erva-mate a uma distância média de 0,50 m da cova de plantio, de modo a proporcionar sombra para proteção dos raios solares no período vespertino. Todas as coberturas foram retiradas após 9 meses após o plantio, setembro de 2019.

Foram avaliadas:

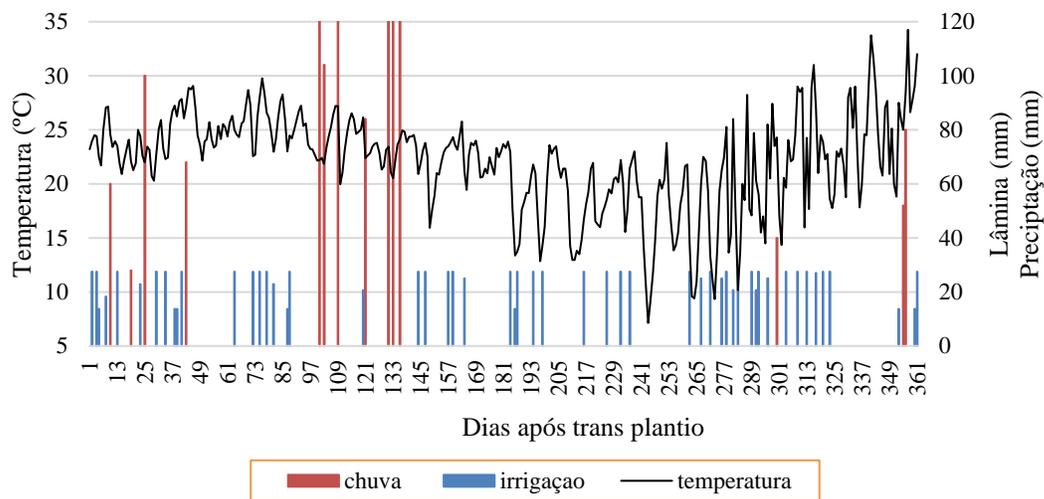
- Porcentagem de Plantas Sobreviventes - S (%): foram contadas as plantas mortas por parcela, fazendo a relação de sobrevivência com as plantas remanescentes, em toda a parcela realizada aos 120 dias após plantio;
- Altura das Plantas - ALT (cm): foram determinados pela altura de plantas, medido a partir do colo até a gema apical, utilizando régua milimetrada, das plantas sobreviventes;
- Diâmetro do caule - DC (mm): foi determinado pelo diâmetro do caule, medido a um cm do colo da planta, utilizando paquímetro digital (0,01mm), das plantas sobreviventes;
- Número de ramos - NR (unidade): foram feitos a contagem dos ramos secundários originados do eixo principal, das plantas sobreviventes;
- Índice de Clorofila (IFC) com uso clorofiLOG<sup>®</sup> – Medidor Eletrônico de Teor de Clorofila, modelo CFL1030 fabricado pela Falker, nas plantas sobreviventes. O aparelho realiza a caracterização do teor de clorofila através de método óptico não destrutivo - valor caracterizado pela unidade Índice de Clorofila Flaker (ICF).

Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso no esquema fatorial 2x4, para a avaliação da interação entre cultura e injetor e para as análises de distribuição de fertilizantes o delineamento bloco ao acaso. As variáveis foram submetidas à análise de variância, quando significativos, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, e na ocorrência de diferenças de ordem significativa os dados foram submetidos ao Teste de Scott-Knott e teste T a 5% de probabilidade utilizando o software SISVAR para Windows versão 5.7 (FERREIRA, 2014).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

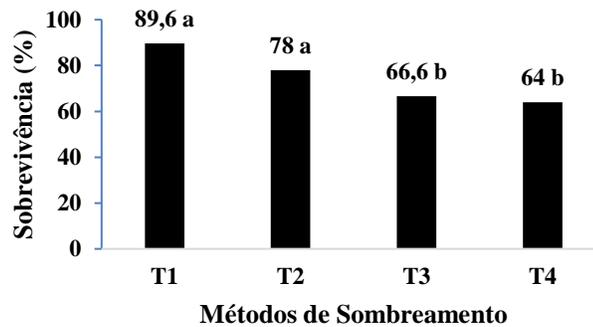
As variáveis climáticas observadas durante o período de condução da cultura conforme Figura 13. Nota-se que no registro da precipitação local ocorreu uma distribuição irregular das chuvas com um longo período de seca. Durante a avaliação foram registrados o acumulado de 575 mm de chuva, e aplicados pelo sistema de irrigação localizada por um período de funcionamento total de 49 horas uma lâmina total de 1120 mm. distribuídos conforme uma média acumulada da evapotranspiração, totalizando um acúmulo de 1695mm de lâmina de água.

Embora poucos autores relatem as necessidades hídricas da cultura da erva-mate, principalmente nos primeiros estágios de fixação da cultura no campo. Ferreira et al. (1994), relatam a necessidade hídrica da cultura mantida com a umidade do solo entre 60% e 80% apresentaram melhores condições para o desenvolvimento das mudas. Em trabalho com cultivares de cana-de-açúcar Leal et al. (2017), observaram que algumas cultivares produziram mais em níveis de 70% de umidade no solo. Conseqüentemente as condições ideais para o estabelecimento das mudas de erva-mate no campo é relacionada a condições de habitat natural de sombreamento, luminosidade e umidade ar e solo (SUERTEGARAY, 2002).



**Figura 13.** Valores de precipitação pluviométrica acumulada, lâminas de irrigação, temperatura média do ar, em relação aos dias após o transplante das mudas de erva -mate em Ponta Porã (MS), IFMS-PP, 2019. Fonte:: Estação meteorológica automatizada A703 (INMET), Ponta Porã (MS) e dados locais IFMS-PP.

A sobrevivência (%) das mudas de erva-mate realizada aos 120 dias após o plantio no campo foi afetada pelo sistema de sombreamento, foram observadas diferenças significativas em função ao método de sombreamento (Figura 14).



**Figura 14.** Médias de Sobrevivência (%) das mudas de erva-mate cultivado em diferentes sombreamentos aos 120 dias após plantio. Ponta Porã (MS), 2019.\*Médias seguidas de letras diferentes na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott em nível de 5%

Pode-se observar que o método de sombreamento T1 (chapa de madeira) e T2 (sombrite<sup>®</sup>) tiveram os melhores resultados na sobrevivência das mudas em campo 89,6% e 78% respectivamente. Os sombreamentos com cultivos de crotalária (*Crotalaria juncea*) e feijão guandu (*Cajanus cajan*), proporcionaram porcentagens de sobrevivência inferiores, com 66,6% e 64%, respectivamente. Esses resultados podem estar relacionados à competição por água e nutrientes das plantas utilizadas como sombreamento, que aos quatro meses estavam em pleno desenvolvimento vegetativo.

Quando comparado o sombreamento T1 e T2 ocorre uma diferença de 14,87% maior na sobrevivência com uso da chapa de madeira, e comparando o tratamento T1 de com os tratamentos T3 (crotalária) e T4 (feijão Guandu) este apresentou uma diferença de 34,53% e 40 % a mais em sobrevivência.

Apesar da baixa sobrevivência dos tratamentos T3 e T4, os resultados, foram semelhantes ao estudo feito por Saidelles et al. (2003), que analisando a sobrevivência da erva-mate em diferentes regiões, obteve índices entre 64 e 51% de plantas sobreviventes, utilizando no trabalho chapa de madeira como forma de sombreamento. Santin et al. (2015), indica que porcentagens de 98% e 90% de mudas que sobreviveram aos 3 e 12 meses após o plantio no campo são indicadores da não necessidade de realização de replantio de mudas. E o cultivo em solos com boas condições de fertilidade doses de NPK não interferem na sobrevivência das mudas (VENDRUSCOLO et al. 2014).

Apesar de todos os tratamentos receberem lâminas de irrigação a época de plantio em campo não é a recomendada para a cultura devido a temperatura, na Figura 13 verifica-se que a

temperaturas média nos primeiros 120 dias ficaram acima dos 20°C. Segundo Carvalho (2003), as temperaturas ideais para o crescimento estariam entre 15 a 18°C. Vendruscolo et al. (2014), verificou que em épocas de maior temperatura atuam negativamente na sobrevivência das mudas.

Na tabela 09 encontra-se o resumo dos dados da análise de variância para as variáveis de crescimento da cultura da erva-mate sob efeitos dos diferentes métodos de sombreamento e dos métodos de injeção de fertilizantes.

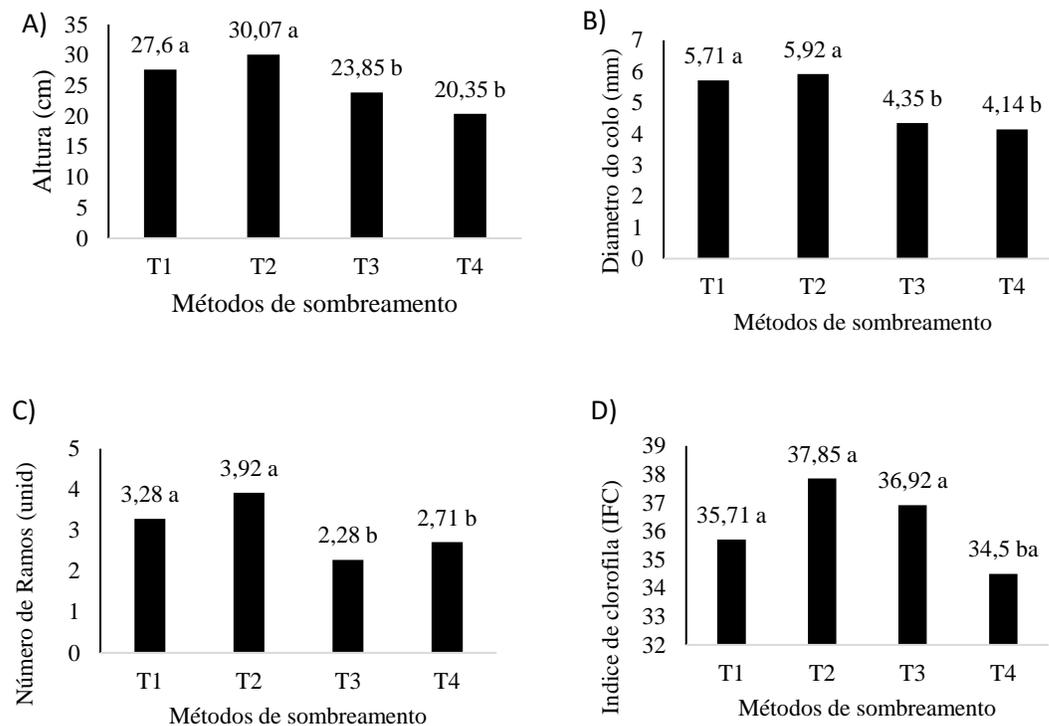
**Tabela 09.** Tabela da análise de variância. Medias da: Altura (ALT), Diâmetro do caule (DC), Número de ramos (NR), Índice de clorofila, de plantas de erva-mate cultivado em diferentes sombreamentos sob dois sistemas de injeção de fertilizantes aos 10 meses do plantio. Ponta Porã (MS), 2019

| FV                        | ALT<br>(cm)          | DC<br>(mm)           | NR<br>(unid)         | Índice de<br>clorofila total |
|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------|
| Injetor                   | 0,8075 <sup>ns</sup> | 0,1030 <sup>ns</sup> | 0,7982 <sup>ns</sup> | 0,2578 <sup>ns</sup>         |
| Sombreamento              | 0,006**              | 0,0164 *             | 0,0001**             | 0,3851 <sup>ns</sup>         |
| Injetor x<br>Sombreamento | 0,2719 <sup>ns</sup> | 0,4067 <sup>ns</sup> | 0,2463 <sup>ns</sup> | 0,1749 <sup>ns</sup>         |
| Média geral               | 25,48                | 5,03                 | 3,05                 | 36,25                        |
| CV                        | 23,52                | 20,62                | 44,62                | 14,78                        |

ns: não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; \*\*: significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F e \*: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; CV: coeficiente de variação. Fonte: elabora pelo autor.

Nota-se na Tabela 09 que a interação entre os tipos de injetores com diferentes tipos de sombreamento, não obtiveram diferenças significativas para as variáveis avaliadas. Somente os métodos de sombreamento foram significativamente diferentes, e analisando somente os diferentes métodos de injeção de fertilizantes estes também não causaram diferenças significativas nas variáveis estudadas da erva-mate, indicando a possibilidade de que os diferentes injetores distribuíram de forma igual o fertilizante na de adubação de cobertura.

A Figura 15 estão representadas as análises para altura da planta, diâmetro do colo, índice de clorofila e número de ramos da erva-mate com efeitos dos diferentes tipos de sombreamento.



**Figura 15.** Representação gráfica das variáveis: Altura (ALT), Diâmetro do caule (DC), Número de ramos (NR), Índice de clorofila de plantas de erva-mate cultivado em diferentes sombreamentos aos 10 meses após plantio. Colunas não seguidas de mesma letra diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Os valores do eixo X referem-se aos métodos de sombreamento: T1 = Chapa de madeira, T2 = Sombrite, T3 = crotalária, = T4=feijão guandu. Ponta Porã (MS), 2019. \*Médias seguidas de letras diferentes na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott em nível de 5%

Analisando a Figura 15 (D) o índice de clorofila (IFC) nas folhas observou-se que não ocorreram diferenças significativas entre os métodos de sombreamento. Todos os tratamentos foram semelhantes nos teores de clorofila nas folhas. Por serem mudas provenientes de mesmo viveiro não apresentaram variações morfológicas e a realização de uma adubação uniformizada para todas as plantas provavelmente podem não ter ocasionado efeitos nos teores de clorofila.

O maior teor de clorofila foi com sob o tratamento com sombrite T2 ( IFC= 37,85) Em trabalho de Reissmann (2003) o teor de clorofila variou para os morfotipos de erva-mate (plantas adultas) de 73,20; 115,80; 94,40 (nmol cm<sup>-2</sup>) respectivamente para os morfotipos Amarelinha, Cinza e Sassafrás.

Segundo Coelho et al. (2002) as folhas de erva-mate apresentam variações morfológicas, conforme Scherer et al. (2002), cita que a composição química das folhas é individualizada de cada

planta. Em progênies de erva-mate estudadas por Bastos (2013), não apresentaram diferença estatísticas nos teores de N na folha. Reissmann et al. (2003), relaciona a morfologia foliar com a composição química, comprovado por Oliva (2007), uma relação entre morfologia foliar, procedência e composição foliar.

Na Figura 15 (A), 15 (B) e 15 (C) os tratamentos que utilizam tela sombrite e chapa de madeira como sombreamento, a variável altura de plantas, diâmetro do caule e número de ramos, tiveram diferenças estatística em relação aos tratamentos com cobertura vegetal, com valores médios de 30,07 e 27,6 cm de altura; 5,92 e 5,71mm de diâmetro; 3,92 e 3,28 ramos respectivamente para as coberturas de tratamento T2=sombrite e T1= cobertura por chapa de madeira. Resultados que corroboram com Silva et al. (2007), em que mudas submetidas ao sombreamento por tela sombrite 70% resultaram em maiores alturas e área foliar.

O parâmetro altura de plantas é resposta ao crescimento da erva-mate quando exposta à intensidade luminosa (ENGEL,1990). Resultados estes que se assemelham a Mazuchowski (2004), em que plantas 70% sombreamento obtiveram maiores alturas e diâmetros de colmo. Pintro et al. (1998), obteve valores superiores ao do trabalho, com 58 cm de altura, após 120 dias em mudas de erva-mate.

Nota-se que a altura de plantas, diâmetro colo e números de ramos com o sombreamento pela crotalária e feijão guandu, foram significativamente menores. Conforme Caron et al. (2014), o sombreamento poderá comprometer a taxa fotossintética das plantas, resultando em menor produção de ramos e folha, conseqüentemente, menores produtividades do produto final, resultados que fazem necessidade de realização de novas pesquisas referentes a distância de plantio das coberturas vegetais para promoverem o túnel de sombra.

Os resultados obtidos com diferentes métodos de sombreamento para o estabelecimento da cultura da erva-mate em campo em sistema solteiro, podem contribuir para a tomada de decisão da melhor forma de sombreamento inicial em função das características técnica da propriedade.

Na Tabela 10 estão representados valores dos coeficientes de uniformidade Christiansen (CUC) realizados durante a fertirrigação, com o parcelamento da aplicação em 03 repetições.

**Tabela 10.** Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) para vazão dos emissores (Qe), condutividade elétrica (CE) da solução nos diferentes parcelamentos da adubação (Apl.) de cobertura na área de erva-mate cultivado em diferentes sombreamentos sob dois sistemas de injeção de fertilizantes. Ponta Porã (MS), 2019

| INJETOR         | Apl.*          | Qe<br>(L h <sup>-1</sup> ) | CUC (%) | Ce*<br>(μS/cm) | CUC (%) |
|-----------------|----------------|----------------------------|---------|----------------|---------|
| FERTIPET        | 1 <sup>a</sup> | 0,761 Aa                   | 86,34   | 466,81 Ba      | 88,13   |
|                 | 2 <sup>a</sup> | 0,762 Aa                   | 90,37   | 582,11 Aa      | 92,98   |
|                 | 3 <sup>a</sup> | 0,805 Aa                   | 87,82   | 451,44 Bb      | 91,91   |
| MICRO DOS<br>II | 1 <sup>a</sup> | 0,595 Bb                   | 75,20   | 498,05 Aa      | 94,59   |
|                 | 2 <sup>a</sup> | 0,694 Ab                   | 86,60   | 513,71 Ab      | 97,59   |
|                 | 3 <sup>a</sup> | 0,549 Bb                   | 89,14   | 525,32 Aa      | 92,89   |
| Média geral     |                | 0,694                      | 85,91   | 506,24         | 93,01   |

\* Apl: aplicação parcelada. Médias seguidas de letras maiúscula representa a diferença entre aplicações para cada injetor ( $p>0.05$ ) ; médias seguidas por letras minúsculas representam diferenças entre os tipos de injetores ( $p>0.05$ ) pelo teste T.

Pode-se observar que para diferentes sistemas de injeção os coeficientes de variação de vazão emissor (Qe) e condutividade elétrica (Ce) das amostras de água, o coeficiente de uniformidade ficaram acima dos 85%, determinando que estes poderiam ser adotados em um planejamento de irrigação e fertirrigação na cultura da erva-mate. Segundo Frizzone et al. (2012), esse coeficiente é amplamente utilizado nas avaliações de sistemas de irrigação e valores acima de 80% é o valor mínimo aceitável. Resultados observados por Cunha et al (2014), o coeficiente de uniformidade se manteve superiores a 75%, quando na presença de fertirrigação, já na sua ausência estes foram superiores a 81%.

A vazão dos emissores foi significativamente diferente, no sistema com uso do Fertipet observamos maiores vazões médias, em comparação ao outro injetor, possível efeito devido ao fato da necessidade de se realizar a passagem de água pelo sistema do injetor Micro Dos II que acarreta aumento nas perdas de carga devido ao estrangulamento como consequência diminuição na pressão do sistema de distribuição.

Podemos observar uma variação espacial na condutividade elétrica no parcelamento utilizando o injetor Fertipet, na segunda aplicação obtiveram-se maiores valores. Com o sistema de injeção realizado pelo injetor Micro Dos II, não ocorreu diferenças significativas para a condutividade elétrica dentro dos parcelamentos de aplicação.

Nota-se que a diferença entre os dois injetores avaliada pela condutividade elétrica, ocorreu equivalência sem diferença significativa em função injetor. Na primeira aplicação não tiveram

diferença significativas, na segunda o Fertipet foi significativamente superior e na terceira aplicação o injetor Micro DOS foi superior estatisticamente. Resultados semelhantes de Oliveira et al (2003), em trabalho com diferentes injetores em sistema de irrigação localizada não observou variação significativa na uniformidade de distribuição do potássio devido aos injetores utilizados.

Portanto, uma vez que os valores de uniformidade entre os dois injetores tiveram uma pequena variação, a escolha de uso deve ser realizada por outros fatores não estudados neste trabalho como: preço de aquisição, facilidade de regulagem e manutenção, possibilidade de automação, fonte de energia.

#### 4 CONCLUSÕES

As variáveis agronômicas da erva-mate somente foram afetadas pelo sistema de sombreamento.

O uso da tela sombrite® e a chapa de madeira mostraram ser mais eficientes pra se fazer o sombreamento na implantação da erva-mate nas condições locais do experimento.

A fertirrigação realizada pelos diferentes injetores não influenciaram no desenvolvimento da erva-mate.

O injetor FERTIPET obteve desempenho semelhante ao sistema comercial, em sistema de irrigação localizado por fita gotejadora na cultura da erva-mate e proporcionaram um coeficiente de uniformidade da condutividade elétrica média acima dos 90%.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C. L. T.; JUNIOR, J. C. F.B. **Seleção do método de irrigação.** Uso e Manejo de Irrigação. 2ed., Brasília, DF: Embrapa, 2013. p.317-399.

BASTOS, M. C. **Erva-mate: Estado nutricional da planta e qualidade da bebida.** 2013. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. D. O. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas.** Porto Alegre: Gênese, 2004.

BISCARO, G. A.; GOMES, E. P. Injetor de fertilizantes para sistemas de irrigação localizada utilizando garrafa Pet Fertipet. **Carta patente** n° MU 9002574-1. 2010.

BISCARO, G. A. **Sistemas de irrigação localizada**. Ed. UFGD, Dourados, MS. 262 p. 2014.

CARVALHO, P.H.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003. 1039p.

CARON, B. O.; SCHMIDT, C. D.; MANFRON, P. A.; BEHLING, A.; ELOY, E.; BUSANELLO, C. Eficiência do uso da radiação solar por plantas *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. cultivadas sob sombreamento e a pleno sol. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 257-265, abr.-jun., 2014. ISSN 0103-9954.

COELHO, G. C.; MARIATH, J. E. de A. & SCHENKEL, E. P. Populational diversity on leaf morphology of maté (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., Aquifoliaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 45:47-51, 2002.

CORVELLO, W. B.; FONSECA, J. F. Sistema agroflorestal e plantio de enriquecimento em mata nativa com erva-mate no sul do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata. **Anais...** Nova Prata, 1992. p. 1029\*1038.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J.; MOURA, L. M. F.; MELLO, S. R. P. Uniformidade de aplicação de fertilizantes sob um sistema de gotejamento subsuperficial. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.8, n° 5, p.391 - 402, 2014. Fortaleza, CE, INOVAGRI – DOI: 10.7127/rbai.v8n500253.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências nativas e suas implicações ecológicas e silviculturais**. IPEF, n.43/44, p.1-10, 1990.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. agrotec.** [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112. Disponível em: ISSN 1413-7054. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>

FERREIRA, A. G.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; CUNHA, G. G. Fisiologia de *Ilex paraguariensis* St. Hil. com ênfase na embriologia experimental. In: REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 1994. Porto Alegre. **Anais ...** Porto Alegre: FAPERGS, 1994. p.161-172.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. Maringá: Eduem, 356 p. 2012.

FRIZZONE, J. A.; REZENDE, R.; CAMARGO, A. P.; COLOMBO, A. **Irrigação por aspersão: sistema de pivô central**. Maringá: Eduem. 355 p. 2018.

Goulart, I. C. G.; Pentead Junior, J. F. Erva 20: Sistema de produção de erva-mate. In: Seminário Erva-Mate XXI. Curitiba – PR, 2016. p. 44-47, 2016.

Gruber, Y. B. G.; Tavares, A. C. S.; Detomini, E. R.; Coelho, R. D. **Eucalipto irrigado tem de produzir mais: Quanto é preciso aumentar a produtividade para custear cada sistema de irrigação.** In: Agriannual 2006: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Instituto FNP, p.318-321, 2006.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickler irrigation design.** Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133. p.

LEAL, D.P.V.; COELHO, R.D.; BARBOSA, F.S.; JUNIOR, E.F.F.; MAURI, R.; SANTOS, L.C. Water productivity for sugar and biomass of sugarcane varieties. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.21, n.9, p.618-622, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n9p618-622>.

MARQUELLI, W. A., SOUZA, V. F. **Irrigação e fertirrigação.** In: SOUZA, V. F.; MARQUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO J. M.; COELHO FILHO, M. A. Irrigação e fertirrigação em fruteira e hortaliças. Brasília: Embrapa Informação e Tecnologia, 2011. p. 23-26.

MAZUCHOWSKI, J.Z. **Influência de Níveis de Sombreamento e de Nitrogênio na Produção de Massa Foliar da Erva-Mate *Ilex paraguariensis* St. Hil.** 2004, 93 f. Dissertação do Curso de Pós-Graduação do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola do Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MEDEIROS, P. R.; DUARTE, S. N.; UYEDA, C. A.; SILVA, E. F. F.; MEDEIROS, J. F. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n.1, p. 51-55, 2012.

MEDRADO, M. J. S.; LOURENÇO, R. S.; RODIGHERI, H. R.; DEDECEK, R. A.; PHILIPPOVSKI, J. F.; CORREA, G. **Implantação de ervais.** Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 26 p. (Embrapa Florestas. Circular técnica, 41).

MEDRADO, M. J. S.; STURION, J. A. **Cultivo da erva-mate: cobertura do solo.** In: GAIAD, S. Sistemas de produção da Embrapa: cultivo da erva-mate. 2. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2014. Disponível em: <[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducao16\\_1gal1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaoId=3601&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicoId=2908](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao16_1gal1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=3601&p_r_p_-996514994_topicoId=2908)>. Acesso em: 10 outubro. 2019.

OLIVA, E. V. **Composição química e produtividade de procedências e progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) cultivada em Latossolo vermelho distrófico no município de Ivaí - PR.** 2007. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

OLIVEIRA, M. V. A. M.; VILLAS BOAS, R. L.; GARCIA, C.J.; NASCIMENTO, F. R. Uniformidade de distribuição de potássio num sistema de irrigação por gotejamento quando aplicado por diferentes injetores. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 3, p. 234-241, set-dez, 2003.

PENTEADO JUNIOR, J. F.; GOULART, I. C.G, R. **Erva 20: Sistema de produção para erva-mate** – Brasília, DF: Embrapa, 2019.152 p.

PINTRO, J.C.; MATUMOTO-PINTRO, P.T.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F. Crescimento e desenvolvimento de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) cultivadas em solo sob diferentes níveis de fertilidade. **Acta Scientiarum**, v.20, n. 3, p. 285-289, 1998.

REISSMANN, C. B.; DUNISCH, O.; BOEGER, M. R. Beziehung Zwischen Ernährungs biologischen (Fe, Mn, Ca) und Strukturellen Merkmale. Ausgewälter morphotypen de matepflanze (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) **In:** HÜTTEL, R.ed. Boden, Wald und Wasser. Aachen: Shaker Verlag., 2003. p.146-171.

SAIDELLES, F.L.F.; REINERT, D.J.; SALET, R.L. Crescimento inicial de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em três classes de solos, na região central do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 17-25, 2003.

SANTANA, M.S.; OLIVEIRA, C.A. da S.; QUADROS, M. Crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro adensado influenciado por níveis de irrigação localizada. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.24, n.3, p.644-653, 2004.

SANTIN, D .; BENEDETTI, L .; BASTOS, MC; KASEKER, JF; REISSMANN, CB; BRONDANI, GE; BARROS, NF Crescimento e nutrição de erva-mate influenciada pela adubação NPK. **Ciência Florestal**. v. 23, n. 2, p. 363-375, 2013.

SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L REISSMANN, C. B. **Nutrição e recomendação de adubação e calcário para a cultura da erva-mate**. In:Wendling, I.; Santin, D. Propagação e nutrição de erva-mate. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Cap.II, p. 99-184.

SANTOS, L. C.; ZOCOLER, J. L.; JUSTI, A. L.; SILVA, A. O.; CORREIA, J. S. Estudo comparativo da taxa de injeção em injetor do tipo Venturi com e sem válvula de retenção. **Irriga**. Botucatu, Edição Especial, p. 145 - 154, 2012. ISSN 1808-3765

SCHERER, R.; URFER, P.; MAYOL, M. R.; BELINGHERI, L. D.; MARX, F.; JANSSENS M. J. J. Inheritance studies of caffeine and theobromine content of Mate (*Ilex paraguariensis*) in Misiones, Argentina. **Euphytica, Wageningen**, v. 126, n. 2, p. 203-210, 2002.

SILVA, E. T., BICCA NETO, H.; FOLTRAN, B. N.; Materiais de cobertura na produção de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill). Nota Científica. **Scientia Agraria**, v.8, n.1, p.103-109, 2007

SUERTEGARY, C. E. O. **Dinâmica da cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* st. hil) em sistemas agroflorestais e monocultivos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Agrárias. Programa De Pós-Graduação Em Agroecossistemas - Florianópolis, Sc – Brasil, 2002.

REZENDE, R.; JUNIO, C. H.; SOUZA, R. S.; ANTUNES, F. M.; FRIZZONE, J. A. Crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro em diferentes regimes hídricos e dosagens de fertirrigação. **Eng. Agrícola**., Jaboticabal, v.30, n.3, p.447-458, maio/jun. 2010.

SCHNEIDER, C.; PETRY, G. Aspectos da cultura da erva-mate na região de Erebangó, município de Getúlio Vargas-RS, em propriedades da Empresa Hoppen, Petry & Cia. Ltda. In: SEMINÁRIO

SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: Silvicultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), 10, Curitiba. **Anais...**Curitiba: EMBRAPA-CNPFF, 1985. p.64-70. (EMBRAPA-CNPFF, Documentos, 15).

VENDRUSCOLO, R. B.; SANTIN, D.; GATIBONI, L. C.; BENEDETTI, E. L.; KASEKER, J. F.; WENDLING, I. **Sobrevivência de mudas clonais de erva-mate submetidas a adubação mineral**. X Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo: Fatos e Mitos em Ciência do Solo. Pelotas, RS - 15 a 17 de outubro de 2014.

WENDLING, I.; SANTIN, D. **Propagação e nutrição de erva-mate**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 195 p.

## CAPÍTULO III

### **Avaliação do desempenho operacional do injetor Fertipet® na aplicação de potássio no gotejamento**

TAPPARO, Sergio André. **Avaliação do desempenho operacional do injetor fertipet® na aplicação de potássio no gotejamento.** Orientador: Guilherme Augusto BISCARO; Co-Orientador: Everton dos Santos Oliveira.

#### RESUMO

A uniformidade de distribuição de água em um sistema de irrigação localizada é de fundamental importância, principalmente quando a fertirrigação é utilizada. Objetivou-se nesse trabalho avaliar a distribuição de fertilizante nas diferentes maneiras de calibração do injetor Fertipet® em um sistema de irrigação por gotejamento com aplicação de cloreto de potássio solúvel. O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Mato Grosso do Sul - campus de Ponta Porã (MS). Foram avaliados os coeficientes de uniformidade para as taxas de injeção nas pressões de 10, 15, 18mca e ângulos de fechamento do obturador de 15, 30 e 45°. O injetor utilizado foi o injetor Fertipet®, com uso de garrafa Pet como reservatório de fertilizantes com capacidade de 2 litros. A uniformidade foi avaliada por meio do coeficiente CUC, para a combinação da pressão x ângulo fechamento de cada tratamento. Os dados foram submetidos a uma análise de variância, e plotados em gráficos de superfície. Com os resultados obtidos, conclui-se que na pressão de 15mca, com regulagem de 45°, obteve-se menor residual no reservatório, sendo indicado para operação nesse sistema; a baixa pressão de funcionamento do sistema de irrigação interfere no tempo total de injeção do fertilizante com uso do Fertipet® e com operação em maiores pressões recomenda-se um ângulo superior a 15° para injeção do fertilizante potássio para aumentar a taxa de aplicação.

**Palavras-chave:** Coeficiente de uniformidade. Fertirrigação. Condutividade elétrica

#### **Evaluation of the operational performance of the Fertipet® injector in the application of potassium in the drip**

#### ABSTRACT

The uniformity of water distribution in a localized irrigation system is of fundamental importance, especially when fertigation is used. The purpose of this study was to evaluate the fertilizer distribution in the different ways Fertipet® injector is calibrated in a drip irrigation system with application of soluble potassium chloride. The experiment was conducted at the Federal Institute of Mato Grosso do Sul - Ponta Porã campus (MS). The uniformity coefficients for the injection rates at pressures of 10, 15, 18 mca and obturator closing angles of 15, 30 and 45° were evaluated. The injector used was the Fertipet® injector, with the use of a Pet bottle as a fertilizer reservoir with a capacity of 2l. The uniformity was evaluated by means of the CUC coefficient, for the combination of pressure x closing angle of each treatment. The data were submitted to an analysis of variance, Tukey test and plotted on surface graphs. With the results obtained, it was concluded that at a pressure of 15 mca, with a 45° regulation, a lower residual was obtained in the reservoir,

being indicated for operation in this system, the low working pressure of the irrigation system interferes with the total time of fertilizer injection using Fertipet® and with operation at higher pressures it is recommended an angle greater than 15° for the injection of potassium fertilizer to increase the rate of application.

**Keywords:** Coefficient of uniformity. Fertigation. Electrical conductivity

## 1 INTRODUÇÃO

A irrigação constitui um método de aplicar água ao solo de maneira artificial para suprir a demanda hídrica da cultura. Dentre os meios de aplicação de fertilizantes mais eficientes, com menores perdas, está a fertirrigação, que consiste na aplicação de fertilizantes solúveis através do sistema de irrigação, tornando-se uma prática comum na agricultura irrigada moderna (MEDEIROS et al., 2012).

No cultivo de vegetais, um dos principais macronutrientes extraídos em quantidades é o potássio (K), elemento que atua em diversos processos na planta: transporte de sínteses proteicas de solutos e ativação de enzimas (BISCARO, 2014). Amplamente utilizado, principalmente em sua fórmula solúvel em sistemas de irrigação localizados por gotejamento (REDDY; ARRUNA, 2010). O manejo das doses aplicadas pela fertirrigação deve ser suficiente para serem utilizadas pela cultura e evitar acúmulo no solo (ZHANG et al., 2013).

A uniformidade da aplicação da água pela microirrigação é afetada tanto pela distribuição da pressão da água na rede de tubos, quanto pelas propriedades hidráulicas dos emissores utilizados (SMAJSTRLA, et al., 2018). A relação quantitativa entre a uniformidade da fertirrigação e uniformidade de aplicação de água pode ser útil para a avaliação (LI et al., 2007). Para análise da distribuição de fertilizantes na solução da água de irrigação ao nível de campo necessita-se a coleta de água para posterior análise. Devido à dificuldade da determinação para se avaliar a concentração de alguns elementos, tem sido realizada a determinação da condutividade elétrica da solução. O monitoramento da condutividade elétrica para o manejo da fertirrigação deve ser adotado como critério técnico durante o ciclo da cultura (OLIVEIRA et al., 2015; BERNET et al., 2015).

Os injetores têm papel fundamental na qualidade de distribuição de fertilizantes. A uniformidade da fertirrigação pode ser afetada por diferentes injetores, disposições da distribuição nas linhas laterais e a diferença de pressão impostas ao injetor (FAN et al., 2017). Diversos equipamentos são utilizados na injeção do fertilizante na água de irrigação, os quais diferenciam

quanto à fonte de energia, funcionamento, eficiência e preço. O injetor FERTIPET® (BISCARO; GOMES, 2010), de baixo custo com simplicidade operacional e de fácil montagem foi desenvolvido para atender pequenas áreas irrigadas e tem como princípio de operação o diferencial de pressão, método utilizado pelo tanque de pressurização.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho na distribuição de fertilizante potássico em sistema de irrigação localizada com uso do injetor FERTIPET® em condições de campo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul, Campus Ponta Porã (MS). Sudoeste do Estado (22°37'14" S, 55°36'37" W, 640 m de altitude). O clima da região, na classificação climática de Köppen (1948), é do tipo Cfa.

O sistema de irrigação por gotejamento utilizado no experimento já se encontrava instalado na área, sendo utilizado para irrigação em área de fruticultura. O sistema de irrigação foi ajustado para simular um setor de pomar de citros no qual foram instaladas 4 linhas laterais com 42 m cada. Compostas de tubos PELDB de diâmetro interno de 16mm PN30, com pontos de aferição da pressão no início e fim da linha como forma de localizar possíveis falhas. A linha principal composta de tubo PELDB de 26,3mm, PN 30. A distância da bomba até o início da área irrigada é de 50 m.

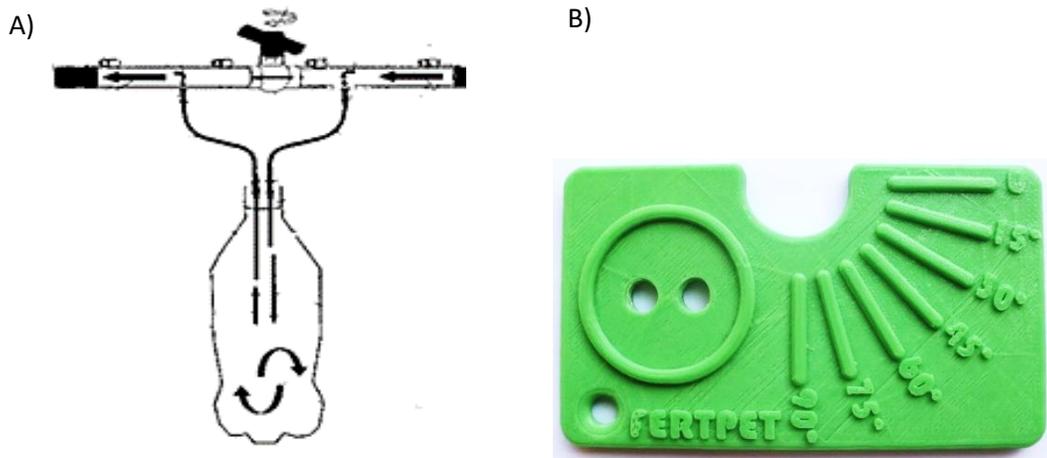
O espaçamento entre linhas de 6 m e nas linhas foram inseridos gotejadores a cada 3,5 m, autocompensante com pressão de compensação entre 10 e 30mca, vazão nominal de 4,76 a 4,66 L.h<sup>-1</sup>, marca Agrojet, modelo GA-4 com base grapa. O sistema de pressurização utilizado no experimento foi composto por bomba centrífuga com potência de 3cv, vazão máxima de 23m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, marca Eletroplas modelo 300M.

O cabeçalho de controle composto de filtro de disco em “Y” com vazão de 15 m h<sup>-1</sup>, tomada de aferição de pressão através de manômetro de *bourdon* com glicerina com faixa de leitura de 0 a 60 mca (metros de coluna de água).

Foi utilizado o injetor Fertipet® desenvolvido por BISCARO e GOMES (2010), com patente requerida nº MU9002574-1, modelo de utilidade concedido à Universidade Federal da Grande Dourados. Instalado após o cabeçalho de controle, na mangueira PELBD de 26,3mm, a

conexão do injetor através de 2 micros tubos inseridos a 150 mm antes e após registro de esfera de PVC.

Para a montagem do Fertipet, Figura 16 (A), dividimos em duas partes móveis: a garrafa PET e o sistema de ligação/conexão/derivação. Usa-se qualquer garrafa PET (*Poli tereftalato de etileno*), fechada superiormente com uma tampa plástica, na qual são inseridos, na sua parte superior na tampa [através de 2 furos previamente realizados, centralizados com diâmetro de 6mm], microtubos de polietileno de 6mm para entrada de água e saída da solução, aos quais são ligados o tubo de irrigação. A conexão da entrada de água antes do obturador (registro) e o microtubo de saída da solução após o obturador. A conexão do microtubo com o tubo de irrigação será por conectores inseridos em furos previamente estabelecidos.



**Figura 16.** A) Esquema de montagem injetor Fertipet; B) Modelo de gabarito calibrador Fertipet® com sistema para perfuração de tampa da garrafa. **Fonte:** elaborado pelo autor.

Para realização da solubilização do fertilizante e injeção da solução na água de irrigação faz-se necessário um parcial fechamento do obturador (registro), forçando a passagem da água da irrigação pelo injetor Fertipet®.

Para a regulagem de fechamento do obturador (registro) foi desenvolvido gabarito calibrador universal para registro de PVC com diâmetro variando de ½” a 1”, com utilização da tecnologia de impressão em 3D, conforme modelo Figura 16 (B), dividido em ângulos de abertura a cada 15°. De acordo o princípio de funcionamento desse sistema por diferença de pressão, o fluxo de água sobre pressão proveniente da bomba é forçado a mudar de trajetória passando pelo injetor Fertipet® e, para que isso ocorra, é necessário realizar o fechamento de registro de esfera (de PVC).

Os tratamentos de ensaio de distribuição de uniformidade consistiram em 3 pressões: 10, 15, 18 mca e 3 (três) ângulos de fechamento do registro do injetor: 15, 30, 45°, calibrados pelo gabarito.

Para cada ensaio de uniformidade de distribuição de fertilizante realizado pelo injetor Fertipet<sup>®</sup>, utilizou-se 200 g de cloreto de potássio solúvel. As amostras de solução foram coletadas nas 4 linhas de gotejamento, em pontos pré-determinados, conforme Keller e Karmelli (1975), nos seguintes gotejadores: no início da linha de irrigação, 1/3 da distância inicial, 2/3 da distância inicial e último gotejador da linha de irrigação, ou seja, primeiro, quarto, oitavo e último de cada linha. Inicialmente foi realizado teste de uniformidade nos gotejadores para determinação do coeficiente de uniformidade. Foram substituídos gotejadores fora do padrão de vazão para uniformizar a distribuição.

O tempo de funcionamento do sistema de injeção de fertilizante estabelecido de 1h, dividido em 4 tempos: 0-15, 15-30, 30-45 e 45-60 minutos. Debaxo de cada gotejador foram colocados recipientes para a coleta durante os 15 minutos, ao fim do tempo era substituído por um vazio, continuando o ciclo até completar 60 minutos. Todos os recipientes eram substituídos ao mesmo tempo, por uma pessoa responsável pela linha. Com um intervalo de segurança de  $\pm 30s$  de tolerância para realizar as trocas dos recipientes. Após cada ensaio, o sistema ficava funcionando por mais 30 minutos para lavagem.

Na sequência, de cada recipiente eram retiradas 3 subamostras em copo descartável de 100ml identificado e conduzido ao laboratório de engenharia para determinação da condutividade elétrica (CE) da solução.

A condutividade foi determinada por condutímetro de bancada, previamente calibrado com compensação de temperatura. Para posterior determinação dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) para avaliar a distribuição de potássio. Os valores da vazão do emissor foram substituídos pelo valor da CE da solução como indicador de concentração.

A determinação da equação de Christiansen (CUC), está sendo representada pela equação sugerida por Bernard et al. (2006), seguindo modelo de Oliveira et al (2003) , Equação 04 .

$$CUC = 100. \left[ 1 - \frac{\sum_i^n |q_i - q_m|}{n. q_m} \right] \quad (04)$$

Em que CUC [(Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (%));  $q_i$  [(condutividade elétrica de cada gotejador ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ));  $q_m$  [(condutividade média dos gotejadores ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ));  $n$  (número de gotejadores).

Em laboratório, foi determinada a curva de calibração para determinação da relação do peso de potássio com a condutividade elétrica, por litro de água da irrigação abaixo, Equação 05:

$$P = 18,80062. \exp (0,0192177. CE) \quad (05)$$

Em que  $P$  [peso em (g)];  $CE$  [condutividade elétrica em ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ )]

Os valores da  $CE$  da solução fertirrigada plotados em gráficos tipo superfície do Minitab®, para análise da distribuição do nutriente ao longo das linhas laterais nos pontos e nos tempos de coleta

As variáveis de distribuição foram submetidas à análise de variância da superfície de resposta, quando significativos, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste  $F$ . e realizado cálculos do coeficiente de uniformidade para cada tratamento.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado inicial para determinação do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), para distribuição de água em todos os gotejadores de cada linha, está descrito na Tabela 11. Os valores de vazão foram realizados com pressão constante de 15mca na entrada das linhas de irrigação. O modelo de gotejador utilizado autocompensante trabalha em uma faixa de 10 a 30mca de pressão, portanto a pressão de teste estava dentro da faixa de trabalho.

**Tabela 11.** Análise inicial da vazão média dos gotejadores em cada linha e do coeficiente de uniformidade de Christiansen para a distribuição de água em Ponta Porã (MS). IFMS, 2019

|                                      | Linha 01           | Linha 02           | Linha 03           | Linha 04           |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Vazão média<br>( $\text{L h}^{-1}$ ) | 4,32 <sup>ns</sup> | 4,11 <sup>ns</sup> | 4,19 <sup>ns</sup> | 4,17 <sup>ns</sup> |
| CUC (%)                              | 90,03              | 91,98              | 90,61              | 91,34              |
|                                      | 90,99%             |                    |                    |                    |

“ns” não significativo ( $p \geq .05$ ), CV = 11.87%; dms= 0,543

Na Tabela 11, observa-se que a vazão média dos gotejadores em cada linha não ocorreu diferenças significativas, que proporcionaram um coeficiente de uniformidade alto e aceitável acima dos 90%. O CUC médio de 90,99 % indica pouca variação ao longo da linha em relação à

vazão de cada emissor, demonstrando que o sistema funcionava adequadamente. Durante os ensaios eram realizadas avaliações para possíveis detecção de alteração de vazão. Contudo, notada a alteração substituíu-se o mesmo. Para Bernardo et al. (2006), coeficientes acima de 90% classifica-se como excelente. Zocoller (2005), em sistemas de gotejamento o ideal é CUC acima dos 90%.

Comparando a vazão média ( $L.h^{-1}$ ) dos gotejadores instalados, estes tiveram uma diferença de vazão abaixo do prospectado pelo fabricante, que informou uma vazão média de 4,66 – 4,76  $L.h^{-1}$ . Apesar de menor vazão não influenciou no coeficiente de uniformidade. Segundo Silva et al. (2012), um sistema de irrigação com aplicação de água acima dos 90% considera-se bom índice para a irrigação.

### **3.1 Resultados na pressão de 15mca**

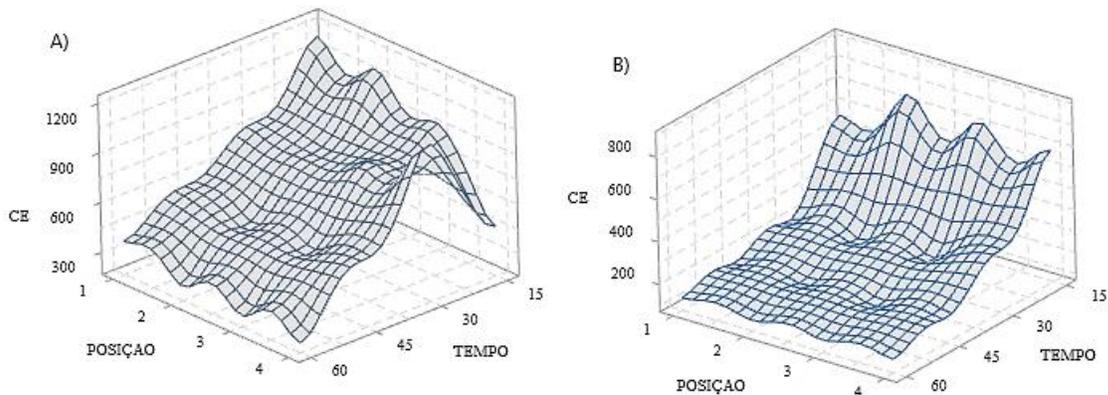
Na Figura 17 (A, B), nota-se a variação da condutividade elétrica da solução da água de irrigação com a variação da regulagem do obturador do injetor Fertipet® na pressão de 15mca. Conforme podemos avaliar pelos gráficos, a superfície de resposta na pressão de 15mca e 30° foi mais uniforme inicialmente na distribuição de fertilizante, representado pela condutividade elétrica média de cada ponto de coleta em função do tempo.

Ainda observando os gráficos de superfície, estes indicam que para uma regulagem de 30° o nutriente chega ao mesmo ponto ainda na primeira etapa de aplicação de 0 -15min, e se estabiliza. Comparando o mesmo tempo com a regulagem de 45°, o último ponto teve uma menor condutividade, ou seja, o nutriente ainda não estava presente em quantidade. Oliveira et al. (2008) observou que nos primeiros 15min de aplicação pontos mais distantes tiveram menores concentrações de nutrientes.

Na Tabela 12, com a regulagem de 30°, observa-se uma distribuição mais uniforme no primeiro tempo, com coeficiente de uniformidade de 84,42% e coeficiente de variação 18,22%, que comparado a regulagem de 45° obteve valores inferiores, indicando novamente que o nutriente chegou a todos os pontos no tempo inicial de aplicação na regulagem de 30°, como também observado nas Figuras 17 A e B.

O coeficiente de variação foi menor no sistema com regulagem de 30° sendo inferior a 18,22%, o que indica pouca variação da condutividade elétrica entre os pontos observados. A CE

foi significativamente diferente nas duas regulagens do obturador, sendo que nos primeiros tempos foram superiores aos demais tempos, decaindo conforme o tempo. Para o obturador regulado a 45° a redução foi de 70,20% e a 30° uma redução de 80,29% em relação à condutividade inicial. Segundo Alves (1992), sistemas que utilizam o diferencial de pressão têm valores de concentração de fertilizantes maiores nos tempos iniciais da fertirrigação.



**Figura 17.** Valores de condutividade elétrica dos pontos de coleta em relação ao tempo. Figura A: distribuição da condutividade elétrica para a pressão de 15mca com 45° de fechamento do registro; Figura B: distribuição da condutividade elétrica para a pressão de 15mca com 30° de fechamento do registro.

Nota-se que os valores residuais Tabela 12, indicados pela CE residual retiradas de amostras do recipiente/deposito do injetor Fertipet®, na regulagem de 45° obteve valor menor ao encontrado no sistema de regulagem de 30°. Resultado que pode indicar que a quantidade de fertilizante foi quase em sua totalidade aplicada e distribuída pela irrigação. A CE média pra o sistema de regulagem de 45° foi 47,83% maior. Apesar da regulagem de 30° ter um CUC maior, não foi suficiente para totalizar a aplicação do fertilizante potássio.

Portanto, o aumento do ângulo de fechamento na pressão de 15 mca ocasionou uma maior taxa de diluição do fertilizante no interior do deposito de injetor, sendo está indicada para que se possa estabelecer a fertirrigação com uso do injetor Fertipet® para a irrigação por gotejamento com potássio.

**Tabela 12.** Avaliação da condutividade elétrica média (CE) em relação ao tempo de coleta, coeficiente de uniformidade (CUC, %) em cada tempo e coeficiente de variação em cada etapa (CV,%), para a pressão de 15mca e ângulo de fechamento de 45 e 30°, Condutividade média residual na garrafa pet (CE Res), em Ponta Porã (MS). IFMS, 2019

| P(mca) | Ang. (°) |                                    | T 15   | T 30   | T 45     | T60     | Média  | CE Res.<br>(mS cm <sup>-1</sup> ) |
|--------|----------|------------------------------------|--------|--------|----------|---------|--------|-----------------------------------|
| 15     | 45       | CE média<br>(μS cm <sup>-1</sup> ) | 912,0a | 863,5a | 508,25ab | 271,75b | 638,87 | 8,414<br>(22,10g)                 |
|        |          | CUC (%)                            | 75,46  | 84,98  | 81,95    | 82,29   | 80,92  | -                                 |
|        |          | CV (%)                             | 31,50  | 19,53  | 23,58    | 21,67   | -      | -                                 |
| 15     | 30       | CE média<br>(μS cm <sup>-1</sup> ) | 682,5a | 244,5b | 161,75b  | 134,5b  | 305,81 | 40,53                             |
|        |          | CUC (%)                            | 84,42  | 72,05  | 90,63    | 91,03   | 84,53  | -                                 |
|        |          | CV (%)                             | 18,22  | 12,51  | 14,17    | 11,64   | -      | -                                 |

Obs: Letras minúsculas na mesma linha não diferem estatisticamente para o teste de Tukey (p>0.05)

### 3.2 Resultado na pressão de 10mca

Na avaliação do injetor Fertipet<sup>®</sup> operando na pressão de 10mca com regulagem do obturador a 45°, devido ao fato de desviar parte da vazão para o injetor, ocasionou queda na pressão das linhas laterais abaixo do limite de funcionamento do gotejador (10 a 30 mca). Apesar dos gotejadores funcionarem sob sistema de autocompesamento, a variação nas vazões dos emissores foram acima do aceitável, portanto, a regulagem do sistema sob pressão de 10 mca com obturador a 45°, uso de gotejador autocompensante não é indicada para fertirrigação com o Fertipet<sup>®</sup>.

Na Tabela 13, são apresentados os resultados do coeficiente de uniformidade, com uso do injetor Fertipet<sup>®</sup> operando na pressão de 10mca com regulagens do obturador de 15 e 30°.

A regulagem de 30° sob pressão de 10mca observam-se diferenças significativas para do coeficiente de uniformidade da CE de aplicação, com uma condutividade média decrescente. Uma diferença de 75,57% do início para o fim. Um residual no depósito de fertilizantes medido através da condutividade elétrica próximo a valores operados com o sistema de 15 mca a 45° de CE residual de 10,95 mS cm<sup>-1</sup>.

Com o sistema trabalhando a 10mca de pressão e 15° de fechamento do obturador, foram observadas diferenças significativas para o primeiro tempo de aplicação em relação aos demais, sendo maior CE nessa fase, como também observado na Figura 18 A. Observa-se na Tabela 13

uma alteração no coeficiente de variação [CV(%)] para as duas regulagens realizadas para injeção do fertilizante, fato este não possível de ser detectado durante a aplicação, mas que pode ter alguma influência da baixa pressão de serviço.

A regulagem de 15° resultou ao final do tempo de 1h de aplicação, uma CE residual elevada restante no depósito do injetor de fertilizante.

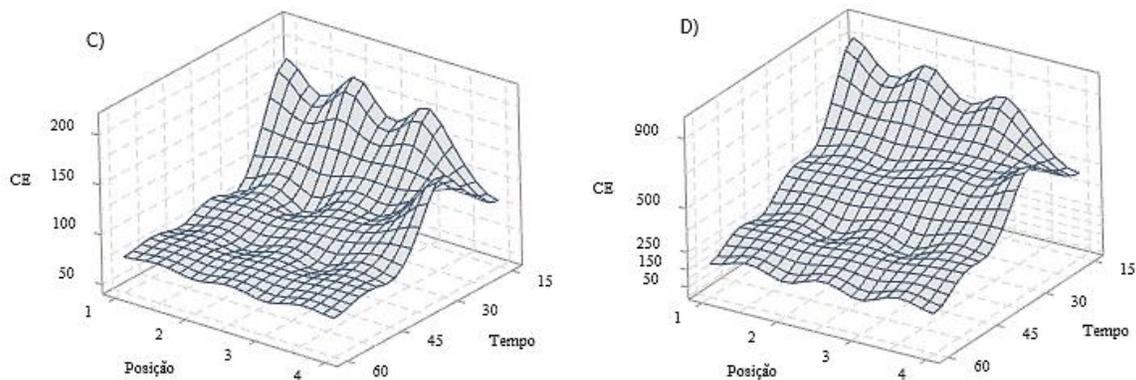
O tempo de aplicação de fertirrigação de 1h não foi o suficiente para a total diluição do fertilizante, como consequência nessa regulagem deverão ser utilizados tempos maiores ou uma quantidade menor de fertilizante a ser aplicada.

**Tabela 13.** Avaliação da condutividade elétrica média (CE) em relação ao tempo de coleta, coeficiente de uniformidade (CUC, %) em cada tempo e coeficiente de variação em cada etapa (CV,%), para a pressão de 10mca e ângulo de fechamento de 15 e 30°, em Ponta Porã (MS). IFMS, 2019

| P(mca) | Ang. (°) |                                       | T 15    | T 30   | T 45    | T60     | Média  | CE Res.<br>(mS cm <sup>-1</sup> ) |
|--------|----------|---------------------------------------|---------|--------|---------|---------|--------|-----------------------------------|
| 10     | 15       | CE média<br>( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) | 164,75a | 104,5b | 77,75b  | 76,25b  | 105,81 | 84,55                             |
|        |          | CUC (%)                               | 81,58   | 64,62  | 94,84   | 97,06   | 84,53  | -                                 |
|        |          | CV (%)                                | 25,10   | 44,74  | 6,84    | 5,34    | -      | -                                 |
| 10     | 30       | CE média<br>( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) | 758,0a  | 521,1b | 271,43c | 185,12c | 433,91 | 10,95                             |
|        |          | CUC (%)                               | 85,47   | 78,68  | 88,22   | 91,93   | 85,58  | -                                 |
|        |          | CV (%)                                | 28,09   | 27,09  | 17,44   | 11,27   | -      | -                                 |

**Obs:** Letras minúsculas na mesma linha não diferem estatisticamente para o teste de Tukey ( $p>0.05$ )

Na Figura 18 (C, D) são apresentados os gráficos de regressão de superfície do comportamento da condutividade elétrica para as regulagens de 15 e 30° na pressão de 10mca, assim como observado anteriormente, nos primeiros 15min da fertirrigação foram observados valores maiores, diminuição dos valores até o tempo estabelecido da aplicação. Segundo Villas Bôas; Oliveira (2008), a distribuição de fertilizantes em maiores tempos proporciona melhores coeficientes de distribuição em área de gotejamento.



**Figura 18.** Valores de condutividade elétrica dos pontos de coleta em relação ao tempo. Figura C: distribuição da condutividade elétrica para a pressão de 10mca com 15° de fechamento do registro; Figura D: distribuição da condutividade elétrica para a pressão de 10mca com 30° de fechamento do registro.

### 3.3 Resultado na pressão de 18mca

Para o sistema de gotejamento instalado o funcionamento com pressão de 18mca, foram observados problemas de ordem mecânica no sistema de irrigação. O aumento na pressão do sistema, ocasionou expulsão dos gotejadores, ou seja, ocorrência de desconexão do gotejador com a linha lateral de irrigação. Salientando que mesmo com aumento da pressão no sistema o injetor Fertipet® visualmente não demonstrou problemas mecânicos e ou mesmo vazamentos. De acordo ABNT NBR15395 (2005), garrafas Pet não devem romper com pressão inferior 689kPa aproximadamente 70,26mca.

Como pode ser observado na Tabela 14, à regulagem de 30°, o coeficiente de uniformidade foi inferior à regulagem 15°, ficando abaixo dos 80% e com um coeficiente de variação (%) maior entre os tempos.

Apesar de uma menor variação média no CUC acima dos 90% e do baixo coeficiente de variação na pressão de 18mca e ângulo de fechamento 15°, não obteve uma eficiência na aplicação do potássio, verificada pela CE residual de 105,8 mS cm<sup>-1</sup> deixada no reservatório do injetor.

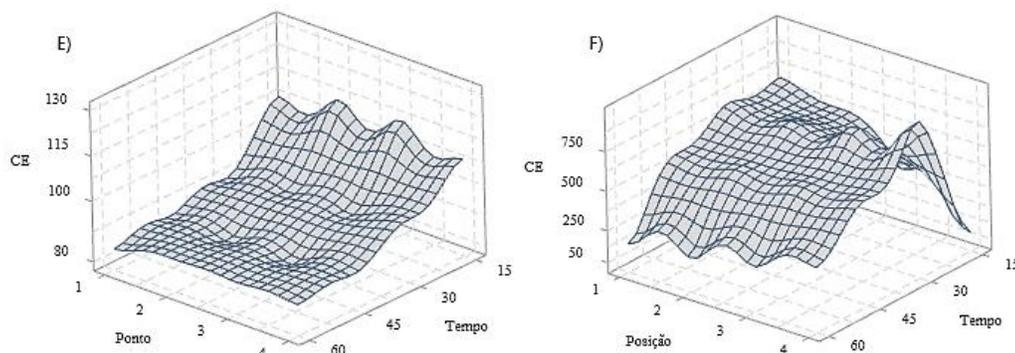
**Tabela 14.** Avaliação da condutividade elétrica média (CE) em relação ao tempo de coleta, coeficiente de uniformidade (CUC, %) em cada tempo e coeficiente de variação em cada etapa (CV,%), para a pressão de 18 mca e ângulo de fechamento de 15 e 30°, em Ponta Porã (MS). IFMS, 2019

| P(mca) | Ang. (°) |                                 | T 15   | T 30    | T 45     | T60    | Média  | CE Res. (mS cm <sup>-1</sup> ) |
|--------|----------|---------------------------------|--------|---------|----------|--------|--------|--------------------------------|
| 18     | 15       | CE média (μS cm <sup>-1</sup> ) | 111,5a | 92,75b  | 86,75c   | 86,25c | 94,31  | 105,8                          |
|        |          | CUC (%)                         | 91,19  | 89,73   | 89,49    | 91,93  | 90,58  | -                              |
|        |          | CV (%)                          | 3,24   | 3,78    | 2,31     | 2,24   | -      | -                              |
| 18     | 30       | CE média (μS cm <sup>-1</sup> ) | 799,5a | 606,0ab | 445,75ab | 256,0b | 526,81 | 6,37                           |
|        |          | CUC (%)                         | 52,62  | 88,66   | 95,27    | 69,52  | 76,52  | -                              |
|        |          | CV (%)                          | 56,11  | 14,33   | 5,95     | 37,57  | -      | -                              |

**Obs:** Letras minúsculas na mesma linha não diferem estatisticamente para o teste de Tukey ( $p>0.05$ )

Maior ângulo de fechamento do obturador, proporcionou um CE residual menor 6,37mS cm<sup>-1</sup>, indicando uma boa diluição do fertilizante dentro do reservatório do injetor. Mesmo com uma variação da uniformidade.

Observando a Figura 19 (E e F), os gráficos de resposta de superfície tiveram comportamentos diferentes. Na Fig. 19 E se comportou semelhantemente a outros ensaios em que o fertilizante chegou a todos os pontos no primeiro tempo de funcionamento. Na Fig. 19 F a distribuição irregular no primeiro tempo (0-15 min), com uma baixa condutividade nos últimos gotejadores na posição 4 (quatro), mas com uma compensação no intervalo do segundo tempo de aplicação (15-30).



**Figura 19.** Valores de condutividade elétrica dos pontos de coleta em relação ao tempo. Figura E: distribuição da condutividade elétrica para a pressão de 18mca com 15° de fechamento do registro. Figura F: distribuição da condutividade elétrica para a pressão de 18mca com 30° de fechamento do registro

Como particularidade do sistema de injeção que utiliza o tanque de pressurização a uma maior concentração no início da fertirrigação. Em outros sistemas o comportamento difere deste. Segundo Rodrigues et al. (2017), o uso de injetor Venturi não alterou a uniformidade de distribuição da concentração e da quantidade de potássio aplicada por emissor, assim como não foi influenciada pelas diferentes taxas de injeção avaliadas, resultado também encontrado por Oliveira et al. (2003), em que não observou variação na uniformidade de distribuição do potássio devido aos injetores avaliados.

Como observação geral na aplicação de fertilizantes utilizando o injetor Fertipet<sup>®</sup>, a uma maior concentração da aplicação nos primeiros instantes, diminuindo com o tempo e regulagem. O comportamento da injeção de fertilizante pelo Fertipet<sup>®</sup> é semelhante ao tanque de derivação, sua origem. Para Fan et al. (2017), observou que mesmo variando a pressão do sistema de injeção de fertilizante, utilizando o tanque de pressurização, obteve maiores concentrações nos primeiros 15 minutos de aplicação. Um problema ocasionado na aplicação de altas taxas iniciais podem ocasionar acúmulo de sais na superfície (FACTOR et al., 2008), problema este ocasionado pelo manejo inadequado da fertirrigação com elevadas dosagens de fertilizantes aplicados (SILVA et al. 2013).

Para isso o injetor Fertipet<sup>®</sup> pode ser utilizado para aplicações de diversos fertilizantes solúveis e com a possibilidade de simples regulagens que alteram suas taxas de aplicação e a facilidade de parcelamento, juntamente com a simplicidade de montagem e custos do material de fabricação.

#### **4 CONCLUSÕES**

Na pressão de 15mca, com regulagem de 45°, obteve menor residual no reservatório, sendo indicado para operação nesse sistema.

A baixa pressão de funcionamento do sistema de irrigação interfere no tempo total de injeção do fertilizante com uso do Fertipet<sup>®</sup>.

Para maiores pressões de funcionamento recomenda-se um ângulo superior a 15° para “i” injeção do fertilizante potássio.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, D. N. B. **Desempenho da bomba injetora e do tanque de derivação de fluxo na aplicação de cloreto de potássio em microaspersão.**1992. 72f. Dissertação (Mestrado). UFPA, Lavras, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15395: Garrafa soprada de PET para refrigerantes e água- requisitos e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, p. 11. 2005.
- BISCARO, G. A.; GOMES, E. P. Injetor de fertilizantes para sistemas de irrigação localizada utilizando garrafa Pet Fertipet. **Carta patente** nº MU 9002574-1. 2010.
- BISCARO, G. A. **Sistemas de irrigação localizada.** Ed. UFGD, Dourados, MS. 262 p. 2014.
- BOMFIM, G. V.; MANZANO, J.; AZEVEDO, B. M.; VASCONCELOS, D. V.; VIANA, T. A. Distribuição de potássio em gotejamento com fertirrigação em diferentes pontos de injeção na linha principal. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.34, n.6, p. 1150-1161, nov./dez. 2014.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação.** Viçosa, MG: UFV,2006.
- BERNERT, R. B.; ESCHEMBACK, V.; JADOSKI, S. M.; LIMA, A. DOS S.; POTT, C. A. Características do pH e condutividade elétrica no manejo de fertirrigação. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v.8, p.80-87, 2015.
- EBRAHIMIAN, H.; KESHAVARZ, M. R.; PLAYÁN, E. Surface fertigation: a review, gaps and needs. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.12, n. 3, p. 820-837, 2014.
- FACTOR, T.L.; ARAÚJO, J.D.; VILELLA JÚNIOR, V. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 143-149, 2008.
- FAN, Y.; WU, L.; ZHANG, F.; YAN, S.; XIANG, Y. Fertigation uniformity evaluation in drip irrigation system. **Irrig. and Drain.** 66: 520–529, 2017. DOI: 10.1002/ird.2136
- MEDEIROS, P. R.; DUARTE, S. N.; UYEDA, C. A.; SILVA, E. F. F.; MEDEIROS, J. F. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n.1, p. 51-55, 2012.
- OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; AROUCHA, E. M. M.; DIAS, N. S. Qualidade da pimenta sob diferentes manejos de fertirrigação e níveis de nitrogênio e potássio. **Rev. Ciênc. Agron.** vol.46 no.4 Fortaleza Out./Dec. 2015. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20150064>.
- OLIVEIRA, M. V. A.; VILLAS BÔAS, R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Eng. Agrícola.** v. 28, n.1, p.95-103. jan - mar. 2008.

OLIVEIRA, M. V. A.; VILLAS BÔAS, R. L.; GARCIA, C. J. B.; NASCIMENTO, F. R. Uniformidade de distribuição de potássio num sistema de irrigação por gotejamento quando aplicado por diferentes injetores. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 3, p. 234-241, set-dez, 2003.

REDDY, BS; ARUNA, E. Efeito de doses e aplicação parcelada de nutrientes através da fertirrigação no algodão Bt ( *Gossypium hirsutum* L.). **Jornal de Pesquisa e Desenvolvimento de Algodão**, Narrabri, v. 24, n. 1, p. 59-63, 2010.

RODRIGUES, A. M. G.; FERNANDES, C. N. V.; SANTOS, C.; OLIVEIRA, J. B.; SOBREIRA, A. E. A.; ALMEIDA, I. I. **Uniformidade de distribuição de potássio sob diferentes taxas de injeção utilizando injetor venturi**. IV INOVAGRI International Meeting, 2017.

SILVA, L.P.; SILVA, M. M.; CORREA, M. M.; SOUZA, F. C. D.; SILVA, E. F. F. Desempenho de gotejadores autocompensantes com diferentes efluentes de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, n.5, p.480–486, 2012

SILVA, F. P.; LIMA S. G. J.; BARROS, C. A.; SILVA, M. E.; DUARTE, N. S. Sais fertilizantes e manejo da fertirrigação na produção de tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p. 1173–1180 2013.

SMAJSTRLA, A.G.; BOMAN, B. J.; HAMAN, D. Z.; PITTS, D. J.; ZAZUETA, F. S. Field Evaluation of Microirrigation Water Application Uniformity. **Agricultural and Biological Engineering Department**. University of Florida. IFAS Extension. BUL265 Reviewed July 2018. 8 p.

ZHANG, C. et al. Assessment of hydraulic performance of drip-irrigation emitters at low head pressures. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 137, n. 11, p. 730-734, 2011.

ZOCOLER, J. L. **Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação**. Ilha Solteira – SP: UNESP. Disponível em <<http://www.agr.feis.unesp.br/irrigacao.html>>. Acesso em 215 fev. 2017.

## 6 CONCLUSÕES

O uso do injetor Fertipet demonstrou ter uniformidade de aplicação em sistemas de irrigação localizada: gotejamento e fita gotejadora.

Recomenda-se para o uso do injetor Fertipet uma regulagem de fechamento do registro/obturador entre 30 e 45° nas pressões de serviço de 15 e 18 mca.

A comparação de uso do injetor Fertipet com o injetor Micro Dos II para uso na fertirrigação na cultura da erva-mate, fica a critério do produtor a escolha, sendo que os dois apresentaram desempenhos semelhantes com uniformidade de distribuição acima dos 85% em sistema de fitas gotejadoras.

O uso do injetor FERTIPET<sup>®</sup> se mostrou eficiente na aplicação de nitrogênio em comparação ao uso de sistema convencional de aplicação na cultura do milho.

**7 ANEXOS**

## 7.1. Registro da carta patente do injetor de fertilizantes FERTIPET.

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
 MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS  
**INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**



**CARTA PATENTE Nº MU 9002574-1**

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE MODELO DE UTILIDADE, que outorga ao seu titular a propriedade do modelo de utilidade caracterizado neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) **Número do Depósito:** MU 9002574-1

(22) **Data do Depósito:** 09/12/2010

(43) **Data da Publicação do Pedido:** 02/04/2013

(51) **Classificação Internacional:** A01C 23/00

(54) **Título:** INJETOR DE FERTILIZANTES PARA SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA UTILIZANDO GARRAFA PET FERTIPET

(73) **Titular:** UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS. Endereço: R. Joao Rosa Goes, 1761 - Vila Progresso, MS, BRASIL (BR)

(72) **Inventor:** GUILHERME AUGUSTO BISCARO; EDER PEREIRA GOMES

**Prazo de Validade:** 15 (quinze) anos contados a partir de 09/12/2010, observadas as condições legais

**Expedida em:** 18 de Julho de 2017.

Assinado digitalmente por:  
**Liane Elizabeth Caldeira Lage**  
 Diretora de Patentes Substituta



## 7.2. Imagens da área cultivada com milho fertirrigado pelo injetor Fertipet

a) Roçagem área\*



b) Gradagem da área\*



c) Área gradeada\*



d) Germinação milho\*



e) Irrigação milho - 10 DAP\*



f) Fertirrigação com uso do Fertipet\*



g) Fertirrigação com uso do Fertipet\*



h) Fase reprodutiva milho\*



i) Avaliação diâmetro espiga\*



j) Avaliação comprimento\*



k) Determinação teor umidade e peso 1000 sementes\*



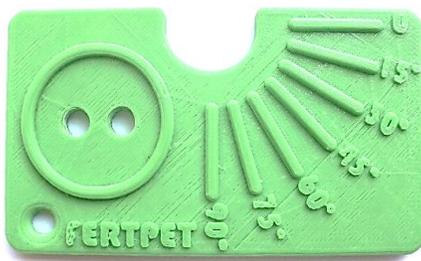
l) Grãos milho \*



\* **Fonte:** imagens elaboradas pelo autor

### 7.3 - Régua calibradora Fertipet -

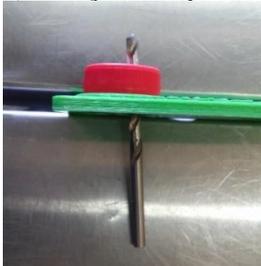
a) Gabarito calibrador Fertipet\*



b) Gabarito marcação da furação tampa \*



c) furação tampa com uso do gabarito\*



d) Fechamento registro com uso de gabarito\*



e) Fertipet conectado na linha de irrigação\*



\* **Fonte:** imagens elaboradas pelo autor

#### 7.4 Avaliação da condutividade elétrica e uniformidade - IFMS – Ponta Porã , MS.

a) condutivímetros de bancada\*



b) amostras para análise da condutividade\*



c) Coleta de amostra para avaliação da uniformidade\*



d) Coleta de amostra campo\*



e) coleta amostra campo, ponto inicial\*



f) area irrigação citricultura, utilizada para avaliação do Fertipet\*



\* Fonte: imagens elaboradas pelo autor

### 7.5 Área Experimento erva-mate no Campus IFMS- Ponta Porã – MS.

a) Preparo área – incorporação calcário\*



b) Adubação no sulco – acadêmicos do GPEM\*



c) Mudas erva-mate\*



d) grupo de alunos IFMS-PP participantes do GPEM\*



e) Vista aérea da área erva-mate campus IFMS-PP\*



f) sombreamento com tela Sombrite® 50% \*



g) sombreamento com chapa de madeira\*



h) injetor Fertipet instalado após bomba\*



i) injetor Micro -DosII\*



j) Avaliação altura muda erva-mate\*



h) medição clorofila - Clorofilog\*



i) avaliação uniformidade - coleta amostra agua irrigação \*



j) Visita técnica Empresa Junior - UFGD (Agronomia) \*



\* **Fonte:** imagens elaboradas pelo autor.