

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE CASCAVEL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO APLICADO NA UNIFORMIDADE DA
IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

RICARDO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

CASCAVEL – PARANÁ - BRASIL
JULHO 2010

Ficha catalográfica
Elaborada pela Biblioteca Central do Campus de Cascavel - Unioeste

H478c Hernández, Ricardo Hernández
 Controle estatístico de processo aplicado na uniformidade da
 irrigação e fertirrigação por gotejamento/ Ricardo Hernández Hernández
 — Cascavel, PR: UNIOESTE, 2010.
 96 f. ; 30 cm.

 Orientador: Prof. Dr. Marcio Antonio Vilas Boas
 Tese (Doutorado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
 Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola,
 Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.
 Bibliografia.

 1. Agricultura familiar. 2. Fertirrigação. 3. Uniformidade de
 distribuição. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.

CDD 21ed. 631.7

Bibliotecária: Jeanine da Silva Barros CRB-9/1362

RICARDO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO APLICADO NA UNIFORMIDADE DA
IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, área de concentração em **Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental**.

Orientador: Prof. Dr. Marcio Antonio Vilas Boas

**CASCADEL – PARANÁ - BRASIL
JULHO - 2010**

RICARDO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO APLICADO NA UNIFORMIDADE DA
IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, área de concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, aprovado pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Marcio Antonio Vilas Boas

Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE – Cascavel

Prof. Dr. Benedito Martins Gomes

Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE – Cascavel

Prof. Dr. Silvio Cesar Sampaio

Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE – Cascavel

Prof. Dr. Helton Mazzer

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR – Campo Mourão – PR

Dr. Elisandro Pires Frigo

Centro de Tecnologia, União Dinâmica de Faculdades Cataratas UDC - Foz do Iguaçu – PR

CASCADEL- PARANÁ – BRASIL

JULHO DE 2010

BIOGRAFIA

Ricardo Hernández Hernández nasceu em San Salvador, El Salvador, em 1960, onde também concluiu o Ensino Médio. Naturalizou-se brasileiro em 1993. cursou Tecnologia em Engenharia Agrícola em 1979 em El Salvador. Gradou-se como Engenheiro Agrícola em 1984 pela Fundação Faculdade de Ciências e Letras de Cascavel, hoje Unioeste. Especialista em Metodologia do Ensino Tecnológico pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CEFET – PR, em 1995. Realizou curso de Mestrado em Hidráulica e Saneamento, linha de pesquisa de resíduos sólidos na Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo – USP, de 1996 a 1999. Doutorando em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE na área de concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, linha de pesquisa em irrigação, de 2006 a 2010. Desenvolveu atividades como engenheiro agrícola na Prefeitura de Três Barras do Paraná, na implantação de programa de conservação de solos em 1986. Foi contratado pela Companhia Agropecuária de Fomento Econômico do Paraná – CAFE do Paraná, hoje CODAPAR, como engenheiro agrícola, onde atuou no Programa Estadual de Irrigação e Drenagem no período de 1987 a 1988. Atuou como agente de fiscalização na Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente – SUREHMA e no Instituto Ambiental do Paraná – IAP, de 1988 a 1994. É professor de ensino superior na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR *campus* Pato Branco desde 1994, onde ministra as disciplinas de Hidráulica e Irrigação e Drenagem para o curso de Agronomia e Gerenciamento de Resíduos Sólidos nos cursos de especialização. Atuou no Programa Nacional de Meio Ambiente no monitoramento da qualidade da água nas bacias do Rio Pato Branco e do Rio Manduri, mananciais de abastecimento público. Desenvolve pesquisas na área de engenharia de água e solos e de sistemas de irrigação no Sudoeste do Paraná.

À minha esposa e filhos
Elza, Diego Rodrigo e André de Ávila Hernández

Aos meus Pais
Ambrosio Hernández Ruíz
Juanita Hernández de Hernández

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, fonte de todo o bem, Salvador e Senhor da minha vida, Quem preparou antecipadamente boas obras para que eu andasse nelas e me sustentou fielmente;

À minha esposa, filhos e noras pelo carinho, apoio, paciência e compreensão neste longo período de estudos;

Aos meus amados pais, que me ensinaram o caminho em que devo andar, meus intercessores constantes junto a Deus;

Ao professor Marcio Antonio Vilas Boas pela correta orientação na pesquisa, pelo apoio espiritual, moral e científico e pelo companheirismo no momento de grande dificuldade de saúde na elaboração da tese, boletim e artigos científicos;

Aos colegas Marcelo Reisdörfer, Adilson Luiz Borssoi, Leonardo S. Guillermo Felipe, José Robson Nogueira Leite, Valter Dantas pelo apoio irrestrito no planejamento, implantação do experimento, coleta de dados, confecção de artigos para participar em Congressos Nacionais e Internacionais e pelos momentos de amizade que me proporcionaram;

Aos caríssimos Ricardo Nagamine Costanzi, Ricardo Lessa Azevedo e Zeli Becker da Luz, Marcelo Reisdorfer, José Robson Nogueira Leite e Marcia A. Couri pelo apoio, incentivos constantes em todas as etapas do doutoramento, verdadeiros amigos de todas as horas;

À colega Claudia Facini dos Reis pela ajuda ágil e eficaz na formatação da tese;

A todos os professores e funcionários que se empenham no crescimento dos alunos e do Curso;

À UTFPR *campus* Pato Branco pelas providências para que pudesse realizar o doutoramento da melhor maneira possível.

CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO APLICADO NA UNIFORMIDADE DA IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

RESUMO

A pauta mundial, desde 1990, é a segurança alimentar, podendo ser afetada em grande maneira pelas mudanças climáticas devido às políticas de desenvolvimento sem os cuidados necessários para evitar efeitos nocivos ao meio ambiente. O uso da água, tanto para abastecimento populacional como para a produção de alimentos, em quantidade cada vez maior, obriga países como o Brasil a adotar regulamentações rígidas quanto ao uso da água, que em breve estarão em vigor em todo o território brasileiro. Os sistemas de irrigação por gotejamento têm emprego crescente, diante das situações acima mencionadas. Esta tese teve por objetivo adaptar a metodologia do controle estatístico de processos, muito utilizado na indústria desde 1924, ao processo de avaliação dos sistemas de irrigação e de fertirrigação por gotejamento, comercializado como “Kit de irrigação por gotejamento para agricultura familiar”. A pesquisa desenvolveu-se nas dependências do Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola – NEEA, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, no Município de Cascavel, Paraná, Brasil. Instalaram-se 2 sistemas um de irrigação e outro de fertirrigação, cada sistema submeteu-se a 4 tratamentos (T) em função da variação da carga hidráulica (H) aplicada por gravidade, para o qual utilizaram-se contenedores de plástico com capacidade de 200 L, reaproveitados da propriedade. Os tratamentos e respectivas cargas identificaram-se da seguinte forma: para o sistema de irrigação, tratamento 1 (T1), H = 12 kPa; tratamento 2 (T2), H = 14 kPa; tratamento 3 (T3), H = 16 kPa; e tratamento 4 (T4) = 18kPa; para o de fertirrigação, tratamento 5 (T5), H = 12 kPa; tratamento 6 (T6), H = 14 kPa; tratamento 7 (T7), H = 16 kPa; e tratamento 8 (T8), H = 18kPa. Em cada tratamento realizaram-se 25 ensaios na irrigação e 27 na fertirrigação, cada ensaio compôs-se de 3 repetições. Em cada repetição coletaram os volumes de água ou de solução do fertilizante de 40 emissores, 10 em cada linha lateral segundo as metodologias de Keller & Karmelli e Deniculi, num período de 4 minutos. Mensuraram-se também as pressões de entrada na segunda (Pinício) e na penúltima linha lateral (Pfinal). Com estes dados calcularam-se as vazões, os Coeficientes de Uniformidade (CUD), Coeficientes de Variação Total (CVt), pressões médias; realizaram-se análises de estatística descritiva; confeccionaram-se gráficos para avaliação do desempenho hidráulico, gráficos de controle ou cartas de Shewhart para CUD e CVt. Empregou-se a razão de capacidade de processo (Cp) e o de centralidade de processo (Cpk) para avaliação das uniformidades. As análises estatística, hidráulica, de uniformidade e de controle estatístico de processo verificaram e confirmaram que o conjunto de irrigação ensaiado atende às especificações fornecidas pelo fabricante. A metodologia desenvolvida é o início do desenvolvimento de novas pesquisas para outros tipos de emissores, de materiais de fabricação, de culturas e diversidade de relevo.

Palavras-chave: agricultura familiar, cartas de controle de Schewhart, uniformidade de distribuição, fertirrigação.

STATISTICAL PROCESS CONTROL APPLIED TO IRRIGATION AND FERTIRRIGATION UNIFORMITY BY DRIP

ABSTRACT

Water use, both to supply the population, as for food production, in increasing numbers, forces countries like Brazil to adopt strict regulations regarding the use of water, which soon will be in effect throughout the Brazilian territory. The drip irrigation systems have increased employment in the face of the above. This thesis aimed to adapt the methodology of statistical process control, widely used in the industry since 1924, to the evaluation process of irrigation and drip fertirrigation, marketed as "drip irrigation kit for household farming". The research was developed at the Experimental Center of Agricultural Engineering - NEEA, State University of West of Paraná - UNIOESTE, in Cascavel, Paraná State, Brazil. Two different systems were settled: an irrigation one and a fertirrigation other, each system was subjected to four treatments (T) according to the variation of hydraulic head (H) applied by gravity, for which we used plastic stents with the capacity of to 200 L, reused from the property. The treatments and their heads identification were as follows: for the irrigation system treatment 1 (T1), H = 12 kPa; treatment 2 (T2), H = 14 kPa; treatment 3 (T3), 16 kPa; treatment 4 (T4), H = 18kPa; for fertirrigation H = 12 kPa T5, T6 H = 14 kPa, 16 kPa H = T7, T8 = 18kPa. In each treatment were carried out 25 tests on irrigation and 27 ones on fertirrigation, each test was composed of three repetitions, in each repetition the collected volumes of water or fertilizer solution of 40 emitters, 10 seconds on each side line according of the Keller & Karmella Deniculi's methodologies and over a period of four minutes. It was also measured the pressure in the second input (P_{início}) and in the fifth lateral line (P_{final}). With these data, flow rates were computed, as well as the Distribution Uniformity (DU), total coefficients of variation (CV_t), mean pressure; analyses of descriptive statistics were performed, charts to evaluate the hydraulic performance were elaborated, as well as control charts or Shewhart control charts for DU and CV_t. It were applied the ratio of process capability (C_p) and the centrality of process (C_{pk}) for assessment of uniformity. The statistical analysis, hydraulics, uniformity and statistical process control checked and confirmed that all irrigation tested meets the specifications provided by the manufacturer. The methodology is the beginning of further research for other types of emitters, material manufacturing, culture, and diversity of relief.

Key-words: Smallholder agriculture, family farming, Shewhart control charts, coefficient of uniformity, fertirrigation.

SUMÁRIO

| | |
|--|------------|
| LISTA DE FIGURAS..... | X |
| LISTA DE TABELAS | XII |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 3 |
| 2.1 Agricultura Familiar e Irrigação | 3 |
| 2.2 Módulos de irrigação para agricultura familiar..... | 5 |
| 2.3 Avaliação da Uniformidade da Irrigação | 6 |
| 2.4 Classificações..... | 8 |
| 2.5 Avaliação hidráulica da vazão, em função da pressão..... | 9 |
| 2.6 Controle Estatístico da Qualidade..... | 10 |
| 2.6.1 Controle estatístico do processo | 11 |
| 2.6.2 Gráfico de controle X - R | 13 |
| 2.6.3 Análise da capacidade de processos..... | 14 |
| 2.6.4 Uso de histogramas..... | 15 |
| 2.6.5 Gráficos de probabilidade | 16 |
| 2.6.6 Razão da capacidade de um processo | 16 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 19 |
| 3.1 Local da Pesquisa | 19 |
| 3.2 Configuração do Experimento..... | 19 |
| 3.3 Planejamento do controle do processo | 20 |
| 3.4 Instalações | 21 |
| 3.5 Fertirrigação | 21 |
| 3.6 Coleta de dados | 22 |
| 3.7 Tratamento dos dados | 23 |
| 3.7.1 Análise estatística..... | 23 |
| 3.7.2 Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD)..... | 24 |
| 3.7.3 Coeficiente de variação total (CVt) | 24 |
| 3.7.4 Avaliação hidráulica da vazão, em função da pressão..... | 25 |
| 3.7.5 Gráfico de controle X | 25 |
| 3.7.6 Análise da capacidade de processos..... | 26 |
| 3.7.7 Análise multivariada da uniformidade e da capacidade de processo | 26 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 27 |

| | | |
|-------|---|-----------|
| 4.1 | Desempenho da irrigação..... | 27 |
| 4.1.1 | Estatística descritiva da irrigação..... | 27 |
| 4.1.2 | Avaliação da relação vazão versus pressão para irrigação..... | 30 |
| 4.1.3 | Uniformidade de Distribuição da irrigação | 34 |
| 4.1.4 | Gráficos de controle aplicados a irrigação em função do CUD | 36 |
| 4.1.5 | Calculo de razão de capacidade do processo (Cp) aplicada ao CUD | 38 |
| 4.1.6 | Análise multivariada da uniformidade pelo CUD para o ensaio da irrigação | 39 |
| 4.1.7 | Gráficos de controle aplicados a irrigação em função do CVt das vazões | 40 |
| 4.1.8 | Gráficos de controle aplicados a irrigação em função do CVt | 41 |
| 4.1.9 | Análise da regressão múltipla para a uniformidade de distribuição de água utilizando CVt | 43 |
| 4.2 | Desempenho da Fertirrigação..... | 45 |
| 4.2.1 | Estatística descritiva da fertirrigação..... | 45 |
| 4.2.2 | Avaliação da relação vazão versus pressão na fertirrigação..... | 48 |
| 4.2.3 | Uniformidade de Distribuição na fertirrigação | 51 |
| 4.2.4 | Gráficos de controle aplicados a fertirrigação | 53 |
| 4.2.5 | Análise da regressão múltipla para a uniformidade pelo CUD para o ensaio da fertirrigação..... | 55 |
| 4.2.6 | Avaliação da uniformidade na fertirrigação em função do CVt das vazões | 56 |
| 4.2.7 | Gráficos de controle aplicados a fertirrigação em função do CVt | 57 |
| 4.2.8 | Análise da regressão múltipla para uniformidade da fertirrigação utilizando CVt | 58 |
| | CONCLUSÕES | 60 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 61 |
| | APÊNDICE | 65 |
| | APÊNDICE A..... | 66 |
| | APÊNDICE A1 Vazões médias, desvio padrão, coeficiente de variação e pressões | 66 |
| | APÊNDICE A2 Estatística descritiva das vazões dos tratamentos | 83 |
| | APÊNDICE A3 Gráficos das análises de resíduos..... | 88 |
| | APÊNDICE A4 Uniformidade de Distribuição | 93 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Esquema de um processo de produção..... | 12 |
| Figura 2 Exemplo de Carta de controle X – R de uma avaliação de emissores, empregado nesta pesquisa..... | 14 |
| Figura 3 Gráfico da dispersão do processo e da capacidade de processo de uma avaliação de emissores de tubos gotejadores, empregado nesta pesquisa..... | 18 |
| Figura 4 Sistema de abastecimento de água e de fertilizante | 19 |
| Figura 5 Planejamento de controle de processo dos sistemas de irrigação e de fertirrigação | 20 |
| Figura 6 instalações dos sistemas de irrigação e de fertirrigação por gotejamento..... | 21 |
| Figura 7 Box-plot das vazões (n = 1000) dos tratamentos T1, T2, T3e T4..... | 28 |
| Figura 8 Box-plot das vazões (n = 250) dos tratamentos T1, T2, T3e T4..... | 28 |
| Figura 9 Box-plot das vazões (n = 100) dos tratamentos T1, T2, T3e T4..... | 29 |
| Figura 10 Histogramas com curva normal das amostras de vazões nos primeiros emissores de cada tratamento..... | 30 |
| Figura 11 Curva potencial da vazão em função da pressão de entrada..... | 31 |
| Figura 12 Curva potencial da vazão em função da pressão média..... | 31 |
| Figura 13 Curva potencial resultante da aplicação dos coeficientes “k” e “m” do fabricante Netafim na equação da vazão em função da pressão média do ensaio..... | 33 |
| Figura 14 Variação da pressão nos 4 tratamentos..... | 34 |
| Figura 15 Coeficientes de Uniformidade (CUD) ao longo do tempo em 25 ensaios e 4 tratamentos..... | 35 |
| Figura 16 Distribuição da Uniformidade (CUD) em cada tratamento para a irrigação..... | 36 |
| Figura 17 Gráficos de controle \bar{X} para o CUD em função de 4 cargas hidráulicas..... | 38 |
| Figura 18 Análise da capacidade e centralidade do processo do CUD resultante da aplicação de 4 cargas hidráulicas num sistema de irrigação por gotejamento..... | 39 |
| Figura 19 Gráfico da regressão linear entre CUD versus Cp..... | 40 |
| Figura 20 Gráficos de controle da uniformidade da irrigação pelo CVt em função de 4 cargas..... | 42 |
| Figura 21 Histogramas da Capacidade de processo (Cp) e sua centralidade (Cpk) na irrigação submetida a 4 cargas hidráulicas..... | 43 |
| Figura 22 Regressão linear entre CVt versus Cp..... | 44 |
| Figura 23 Comparação das vazões na fertirrigação submetida a 4 cargas hidráulicas, n = 1080..... | 45 |
| Figura 24 Distribuição das vazões em cada tratamento para amostragem n = 1080..... | 46 |

| | |
|--|----|
| Figura 25 Distribuição das vazões na fertirrigação nas linhas laterais | 47 |
| Figura 26 Distribuição das vazões na fertirrigação nos emissores em função da posição na linha lateral e pressão..... | 47 |
| Figura 27 Histogramas com curva normal das amostras de vazões na fertirrigação nos primeiros emissores de cada tratamento | 48 |
| Figura 28 Curva potencial da vazão dos primeiros emissores (e1) em função da pressão de entrada | 49 |
| Figura 29 Variação da pressão nos 4 tratamentos com fertirrigação..... | 49 |
| Figura 30 Curva potencial da vazão em função da pressão média | 50 |
| Figura 31 Curva potencial resultante da aplicação dos coeficientes “k” e “m” do fabricante na equação da vazão em função da pressão média do ensaio..... | 50 |
| Figura 32 CUD de cada ensaio e respectivo tratamento para fertirrigação | 52 |
| Figura 33 Distribuição da Uniformidade (CUD) em cada tratamento..... | 52 |
| Figura 34 Gráficos de controle \bar{X} para Uniformidade (CUD) em função de 4 cargas hidráulicas aplicados a Fertirrigação..... | 54 |
| Figura 35 Gráficos de capacidade de processo e centralidade do CUD da fertirrigação por gotejamento nos 4 tratamentos..... | 54 |
| Figura 36 Gráfico da regressão linear de CUD <i>versus</i> Cp de um kit de irrigação para agricultura familiar na fertirrigação | 55 |
| Figura 37 Gráficos de controle da uniformidade (CVt) de 4 tratamentos para um sistema de fertirrigação por gotejamento | 57 |
| Figura 38 Capacidade e centralidade do processo de um sistema de fertirrigação por gotejamento submetido a 4 cargas hidráulicas | 58 |
| Figura 39 Regressão linear de CVt <i>versus</i> Cp | 59 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 Coeficiente de variação de fabricação (CVf) segundo Solomon (1979) | 8 |
| Tabela 2 CVf recomendados pela ASABE EP405.1 (2008) para projetar, instalar e avaliar sistemas de irrigação por gotejamento | 8 |
| Tabela 3 Coeficiente de variação total das vazões (CVt) segundo Pizarro (1996)..... | 9 |
| Tabela 4 Classificação da uniformidade de irrigação utilizando CUD | 9 |
| Tabela 5 Valores mínimos recomendados da razão da capacidade de processo (C_p)..... | 17 |
| Tabela 6 Identificação dos tratamentos | 19 |
| Tabela 7 Quantidade de fertilizante a diluir, por decêndio | 22 |
| Tabela 8 Número de ensaios por tratamento | 22 |
| Tabela 9 Vazões (q) e pressões (P) médias totais obtidas em função de 4 tratamentos num sistema de irrigação por gotejamento | 31 |
| Tabela 10 Vazões obtidas aplicando coeficientes fornecidos pelo fabricante | 32 |
| Tabela 11 diferença de pressões (Δp) entre Pinício e Pfim num sistema de irrigação por gotejamento..... | 33 |
| Tabela 12 vazões do ensaio e do fabricante e diferença percentual entre elas | 34 |
| Tabela 13 Coeficiente de variação (CV) das pressões de entrada e no final da quinta linha lateral..... | 34 |
| Tabela 14 Análise estatística dos dados do Coeficiente de Uniformidade (CUD) | 34 |
| Tabela 15 Classificação dos Coeficientes nos ensaios | 35 |
| Tabela 16 análise de variância do coeficiente de uniformidade (CUD) para os 4 tratamentos com irrigação | 36 |
| Tabela 17 Limites de controle e capacidade de processo do CUD dos 4 tratamentos..... | 39 |
| Tabela 18 Resultados obtidos da Uniformidade (CUD), da capacidade de processo e pressões nos 4 tratamentos..... | 40 |
| Tabela 19 Estatística dos coeficientes de variação (CVt) num sistema de irrigação por gotejamento..... | 41 |
| Tabela 20 análise de variância das médias do coeficiente de variação total (CVt) para os 4 tratamentos com irrigação | 41 |
| Tabela 21 Limites de controle e razão da capacidade de processo (C_p) em função do coeficiente de variação das vazões (CVt) de um sistema de irrigação por gotejamento | 41 |
| Tabela 22 Valores médios de CVt, pressões, da capacidade de processo nos 4 tratamentos | 43 |
| Tabela 23 Médias totais das vazões (q) e pressões (P) obtidas em função de 4 cargas (H) e da perda de carga (Δp) entre a segunda e a quinta linha lateral num sistema de fertirrigação por gotejamento..... | 48 |

| | |
|--|----|
| Tabela 24 Vazões do ensaio e do fabricante e diferença percentual entre elas..... | 50 |
| Tabela 25 Análise estatística dos dados do Coeficiente de Uniformidade (CUD) | 51 |
| Tabela 26 Classificação dos Coeficientes nos ensaios para fertirrigação..... | 51 |
| Tabela 27 análise de variância do coeficiente de uniformidade (CUD) para os 4 tratamentos com fertirrigação | 53 |
| Tabela 28 Limites de controle e respectivo Cp para os ensaios com fertirrigação e para o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) | 53 |
| Tabela 29 CUD, Cp e pressões do sistema de fertirrigação por gotejamento..... | 55 |
| Tabela 30 Parâmetros estatísticos de CVt das vazões num sistema de fertirrigação por gotejamento..... | 56 |
| Tabela 31 análise de variância das médias do coeficiente de variação total (CVt) para os 4 tratamentos com irrigação | 56 |
| Tabela 31 Limites de controle e razão da capacidade de processo (Cp) em função do CVt das vazões para os ensaios com fertirrigação | 57 |

1 INTRODUÇÃO

A pauta mundial, desde 1990, é a segurança alimentar, podendo ser afetada, em grande parte, pelas mudanças climáticas, devido às políticas de desenvolvimento sem os cuidados necessários para evitar efeitos nocivos ao meio ambiente.

O uso da água, tanto para abastecimento populacional como para a produção de alimentos, em quantidade cada vez maior, tem obrigado países como o Brasil a adotar regulamentações rígidas quanto ao uso da água, que em breve estarão em vigor em todo o território brasileiro.

Os sistemas de irrigação por gotejamento têm emprego crescente, diante das situações acima mencionadas. Os sistemas de irrigação localizada, com melhor desempenho no Brasil, ainda vêm de empresas estrangeiras; alguns fabricados por Naandan e Netafim, se destacam pelos tubos gotejadores adaptáveis às variações do relevo das áreas irrigadas. Estas empresas contribuem no fornecimento de pequenos conjuntos de irrigação, denominados “kits para agricultura familiar”, com suprimento da água, por gravidade (uso de baldes ou tambores com capacidades de 10 L a 200 L), para suprir os programas de produção de alimentos nas comunidades pobres do meio rural de países em desenvolvimento.

No território brasileiro, 85% das áreas cultivadas pertencem a pequenos produtores. Um grande número destes diversificou suas atividades visando à subsistência e melhor qualidade de vida; dentro das atividades desenvolvidas está a olericultura, com pequenos sistemas de irrigação por aspersão ou gotejamento. Poucos recebem assistência técnica para o manejo da água; porém, é uma área em expansão. Existe um grande potencial no uso da irrigação por gotejamento.

A avaliação do desempenho da distribuição de água, pelos sistemas de irrigação por gotejamento, é realizada por análises estatísticas, obtendo-se os coeficientes de variação de fabricação e de uniformidade, aplicados no início de cada cultivo. Caso ocorram problemas de entupimento ou de redução da vazão, durante o restante do cultivo haverá deficiência ou excesso de água, o que somente no próximo cultivo será detectado e corrigido. Falta realizar, periodicamente, avaliações de desempenho dos sistemas, para corrigir as falhas e tornar eficiente o manejo da água.

Em todos os processos de produção ou de serviços há variabilidade, ou seja, não se mantém a mesma qualidade do valor alvo da variável aleatória. E esta variabilidade é medida pelo desvio padrão amostral, e pode ou não estar dentro de um controle estatístico. De forma semelhante, a distribuição da água num sistema de irrigação é avaliada pela variação da água aplicada no solo, medida pelo mesmo parâmetro e representada por uma

distribuição de probabilidades, usualmente normal.

Neste trabalho, como novidade ao processo de avaliação da distribuição da água e de fertirrigação, num sistema de irrigação foram empregados os gráficos de controle de processos, pelo monitoramento das variáveis de vazão e de pressão. Obtiveram-se resultados que despertam, motivam e estimulam a continuidade da pesquisa na aplicação do controle estatístico de processos, nas várias etapas que compõem a irrigação por gotejamento na agricultura familiar.

Esta tese teve por objetivo geral empregar técnicas de controle estatístico de qualidade na avaliação, monitoramento e controle de sistemas de irrigação e de fertirrigação por gotejamento na agricultura familiar. E, como objetivos específicos, avaliar o desempenho da uniformidade de distribuição de água de um conjunto de irrigação por gotejamento para agricultura familiar; avaliar o desempenho da uniformidade de distribuição de fertilizante do referido conjunto; empregar as cartas e gráficos de controle estatístico de processos na avaliação da uniformidade da irrigação e da fertirrigação por gotejamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Agricultura Familiar e Irrigação

A agricultura familiar caracteriza-se pela atividade dos membros da mesma família, que residem em uma pequena propriedade, na produção de alimentos de subsistência. Também vendem sua força de trabalho em atividades fora da sua propriedade, seja no meio rural ou urbano, sendo definido como pluriatividade (SCHNAIDER, 2003).

Perondi (2003) a entende como uma forma de produção com modelo capitalista que toma decisões e age rapidamente, realiza agilmente a gestão dos recursos, o que a torna adaptativa às situações que requerem flexibilidade. Sofre a influência das regras do mercado e dos avanços tecnológicos e científicos. Tudo isso a torna multifuncional; pois, além de produzir e comercializar alimentos, realiza as funções sócio-econômicas de geração de empregos, ocupação do território e da segurança alimentar; conservação do meio ambiente e do capital natural e da preservação do patrimônio cultural de uma região.

Guanziroli (2000) verificou que a agricultura familiar manteve-se nas atividades de produção agrícola, independente das mudanças na política econômica no Brasil, devido aos modelos produtivos que garantem a subsistência da agricultura familiar, empregando um sistema de produção agrícola integrado com pecuária.

Os fundamentos do conceito de agricultura familiar, expressos na literatura acadêmica, se distinguem pela predominância do trabalho da família no estabelecimento agropecuário, identificando uma correlação entre gestão, trabalho e posse dos meios de produção, que se convertem na perspectiva de autonomia concernente ao mercado de insumos e produtos, embora tenha sido relegada ao segundo plano quando se trata da reflexão sobre o padrão tecnológico (BIANCHINI, 2006; GUTEMBERG & ANGELO-MENEZES, 2007)

No Brasil, o movimento dos trabalhadores rurais conseguiu sua representatividade, junto ao Governo Federal, em 1963, ao criar a Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura – CONTAG, cuja metodologia de atuação, aproveitou a legislação sobre a reforma agrária, adquirindo característica independente de vínculo governamental, na reivindicação de terras, entre outros direitos. Nesse afã, não há diferença entre trabalhador rural assalariado e agricultura familiar, exigida pela Central única dos Trabalhadores – CUT. E, esta última, implementa um projeto de desenvolvimento alternativo para o campo, cujas diretrizes são a reforma agrária e a melhoria das condições de trabalho, a organização da produção agrícola, suas ligações com o respeito ao meio-ambiente e a diferença entre assalariados e agricultores familiares. Em 1996, obtém reconhecimento governamental, ao ser criado e implementado, o Programa Nacional de Fortalecimento à Agricultura Familiar –

PRONAF, decorrente das dificuldades para a produção, pela ausência de uma política que os contemple nos financiamentos da produção agrícola, entre outros (SCHNAIDER, 2003).

As gestões do governo brasileiro apóiam a agricultura familiar pelo Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF. Este programa financia itens relacionados com a atividade produtiva, para promover o aumento da produtividade e da renda. Dentre estes, encontram-se as obras de irrigação, com valores que variam de R\$ 500,00 (quinhentos reais) a R\$ 5000,00 (cinco mil reais) para pedidos individuais, dependendo do enquadramento em que se encontre, com juros entre 1% e 4% ao ano (BNDES, 2008; EMATER-CE, 2008).

O Programa de Incentivo à Irrigação e à Armazenagem – MODERINFRA, financia projetos com valores de até 1 milhão por cliente, com encargos de 6,5% ao ano (BNDES, 2008). Existem outros incentivos e facilidades para o emprego da irrigação dentro do território brasileiro, além do potencial em irrigar culturas dentro da agricultura familiar, em função do número de propriedades dentro desta categoria de produtores. Até 1995, 85% das áreas agrícolas estavam de posse de pequenos produtores rurais.

A produção e comercialização de olerícolas no Sudoeste do Paraná, segundo o Departamento de Economia Rural da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná – SEAB (2005), é quantitativamente considerável, sendo comercializados, no Município de Pato Branco, no ano de 2004: 320 ton de repolho; 250 ton de cenoura; 100 toneladas de alface; 95 ton de beterraba; 28 ton de couve-flor, entre outras – proporcionando a viabilidade da agricultura familiar.

Faulin & Azevedo (2003) consideram que a olericultura é de suma importância na agricultura familiar por contribuir para uma alimentação sadia, prover divisas e garantir a sustentabilidade, além de ocupar área reduzida, baixo investimento inicial e conhecimento técnico para que seja economicamente viável. O incremento de hortifrutis nas prateleiras dos supermercados no Brasil se dá devido à procura de alimentos frescos e de boa qualidade, o que leva os produtores a negociarem diretamente com os mercadistas, o que representa 7,9% de sua margem bruta (BELIK & CHAIN, 1999).

A população agrícola mundial passou de 2,2 bilhões, em 1979, para 2,6 bilhões em 2004 – houve um relativo aumento. O que se percebe é que nos países mais pobres da África, pela falta de políticas de desenvolvimento ao meio rural, a população permanece nas localidades de origem. No Brasil, a população agrícola era de 44 milhões, em 1979, e de 26 milhões em 2004, contrariando a tendência mundial. Houve redução da população, no meio rural, em detrimento das concentrações nas cidades, aumentando com isso a necessidade de consumo e de produção de alimentos (FAO, 2007).

2.2 Módulos de irrigação para agricultura familiar

A FAO (2000) considera que a irrigação nas pequenas propriedades é uma medida que, a longo prazo, resolverá os problemas de segurança alimentar; trazendo a fixação do homem à terra, empregos, desenvolvimento econômico, entre outros. De acordo com o único levantamento realizado, desde 1969, a redução da fome no planeta atingiu 50%, mas em números absolutos continua a aumentar (FAO, 2007).

Também nota-se um crescimento nas áreas ocupadas para fins agrícolas e pecuários mundialmente. No Brasil, houve redução das terras cultiváveis, decorrente do aumento das áreas para pastagem. Porém, a produção de hortifrutigranjeiros aumentou, caracterizando o tipo de desenvolvimento adotado. O consumo de água na agricultura, no mundo, é de 70%; no Brasil é de 61,8%. As áreas irrigadas aumentaram, tanto mundialmente, como no Brasil, concorrendo com seus usos, industrial e doméstico (CHRISTOFIDIS, 2005).

Mofoke et al (2006), com o objetivo de obter boas produtividades de tomate com o uso da irrigação por gotejamento, reduziram a vazão para $0,03 \text{ L h}^{-1}$, $0,05 \text{ L h}^{-1}$, $0,06 \text{ L h}^{-1}$ e $0,07 \text{ L h}^{-1}$, obtiveram de 22 a $44,4 \text{ t ha}^{-1}$ de produtividade aplicando irrigação contínua (24 h dia^{-1}) por gotejamento durante o estágio de crescimento do tomateiro, mantendo a umidade do solo próxima à capacidade de campo e na profundidade do sistema radicular, e Ahmad & Singh (2005) obtiveram 45 t ha^{-1} .

Kulecho & Weatherhead (2005) realizaram levantamento sobre a descontinuidade do uso da irrigação por gotejamento, nas propriedades de pequenos produtores agrícolas, no Quênia, África, e verificaram que as principais causas foram: a falta de manutenção, não fazer parte dos hábitos culturais e por não possuírem fontes de água perenes. Informam que os kits de irrigação por gotejamento para pequenos agricultores foram introduzidos no Quênia no ano de 1996 e que a irrigação por gotejamento é essencial à manutenção dos níveis de produção de flores e hortaliças para consumo interno e para exportação desse país. Porém, a mesma requer tecnologia cara e fora do alcance dos pequenos produtores, e a informação sobre este tipo de irrigação é escassa e inacessível aos mesmos. O kit de irrigação por gotejamento, introduzido e comumente empregado, consta de um balde ou recipiente, onde são conectadas duas fitas gotejadoras com 15,0 m de comprimento. O balde é abastecido de manhã e à tarde.

Moyo et al. (2006) avaliaram o impacto causado pela distribuição massiva de kits de irrigação por gotejamento, para 20 mil famílias carentes, no Zimbábue, motivado pela alternativa de subsistência, viabilizada pela irrigação de olerícolas de rápido desenvolvimento vegetativo. Verificaram que apenas 2% deram continuidade ao uso do kit, a maioria dos que desistiram do seu uso foi por não ter acesso a fontes de água e ter que percorrer longas distâncias para obter água, enfrentarem problemas de longas estiagens,

concorrer com outros usos e a falta de assistência técnica pelas agências governamentais.

2.3 Avaliação da Uniformidade da Irrigação

A avaliação de um sistema de irrigação visa conferir, verificar e/ou monitorar as quantidades de água que o mecanismo responsável e escolhido fornece, dentro de um processo de planejamento da maximização da produção da cultura irrigada. Nesse processo, as metodologias atendem sua adequação para a análise estatística (BURT et al., 1997).

Com o objetivo de obter informação sobre os métodos utilizados na avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, verificou-se que no Brasil existe apenas a norma ABNT NBR ISO 9261 (2004), porém exclusiva para avaliar emissores novos em laboratório. Nos Estados Unidos da América, a American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE) dispõe da norma EP405.1 (2008), com o propósito de estabelecer recomendações mínimas para a elaboração de projetos, instalação e avaliação de sistemas de microirrigação, dentre os quais o gotejamento.

Os trabalhos científicos publicados sobre a avaliação de sistemas de irrigação em uso empregam metodologias propostas por Keller & Karmelli (1974) para a coleta das vazões da seguinte maneira: escolher 4 tubos gotejadores dentro de um setor, coletar as vazões, do primeiro emissor, do emissor localizado a 1/3, o emissor a 2/3 e o último emissor de cada tubo gotejador, totalizando 16 emissores. No Brasil emprega-se também a metodologia proposta por Deniculli (1980), selecionam-se também 4 tubos, utilizando o mesmo critério de Keller & Karmelli (1974). Quanto aos emissores, selecionam-se os que estão localizados na ordem: primeiro a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7 e o último, totalizando 32 emissores. Nos dois métodos, procede-se a coleta do volume de água, em cada emissor selecionado, no espaço de tempo superior a 3,5 minutos, repetindo 3 vezes a coleta do volume.

O Coeficiente de Variação de Fabricação (CVf) é utilizado para classificar a qualidade dos emissores na indústria. Expressa, também, a dispersão relativa da distribuição da vazão. Utiliza-se para classificar os emissores (gotejadores), quando novos. Visando utilizar um referencial do Brasil, a seguir, descrevem-se as equações empregadas pela norma ISO 9261 (2004) relativa a emissores.

Para sua determinação emprega-se a equação 1

$$CVf = \sigma \cdot \bar{q}^{-1} \quad (\text{eq 1})$$

Em que,

σ : desvio padrão, calculado pela Equação 2

$$\sigma = \sum (q_i - \bar{q})^2 \cdot (N - 1)^{-1} \quad (\text{eq 2})$$

N : número de dados de vazão observados

\bar{q} : vazão média, em L h⁻¹

$$\bar{q} = \sum q_i \cdot N^{-1} \quad (\text{eq 3})$$

Em que,

q_i : vazão de cada emissor (utilizando a relação direta de volume (V) e de tempo (t) em minutos), conforme Equação 4:

$$q_i = \text{volume de cada emissor} \cdot \text{tempo}^{-1} \quad (\text{eq 4})$$

N : número de emissores utilizados para determinar a vazão

A vazão média da amostra não deve divergir da vazão nominal em $\pm 7\%$.

O coeficiente de variação de fabricação (CVf) da amostra não deve exceder $\pm 7\%$.

A avaliação dos dados obtidos é por análise estatística, onde a variabilidade aleatória é o objeto de análise. Dessa forma, pesquisadores como Solomon (1979), Bralts (1986) e Pizarro (1996), entre outros, também propõem coeficientes estatísticos, como referenciais para classificar o desempenho dos sistemas de irrigação avaliados.

Para Pizarro (1996), a uniformidade para irrigação localizada de alta frequência (RLAF), emprega critérios mais exigentes que os propostos por Christiansen em 1942, recomenda o uso do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD). O CUD consiste na média do menor quartil dos emissores de menor caudal (q_{25}), dividido pelo valor médio da vazão (\bar{q}) de todos os emissores, conforme a equação 5:

$$\text{CUD} = q_{25} \cdot \bar{q}^{-1} \quad (\text{eq. 5})$$

Em que:

q_{25} : vazão média de 25 % das menores vazões, ou primeiro quartil (L h⁻¹)

\bar{q} : vazão média de todas as medições realizadas (L h⁻¹)

2.4 Classificações

A norma ABNT NBR ISO 9261 (2004) relativa a emissores, os classifica em:

- A para $CV_f < 0,05$
- B para $0,05 \leq CV_f \leq 0,1$

Para emissores novos, Solomon (1979) sugere a classificação da Tabela 1

Tabela 1 Coeficiente de variação de fabricação (CVf) segundo SOLOMON (1979)

| Uniformidade | CVf |
|--------------|-------------|
| Excelente | $\leq 0,03$ |
| Médio | 0,05 a 0,07 |
| Marginal | 0,08 a 0,10 |
| Pobre | 0,11 a 0,14 |
| Péssimo | CV: 0,15 |

A American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE), na norma EP405.1 (2008), recomenda o uso do CVf para a elaboração de projetos, a instalação e avaliação de sistemas de microirrigação, inclusive gotejamento, além de outros, e fornece a Tabela 2, para auxiliar nos propósitos mencionados.

Tabela 2 CVf recomendados pela ASABE EP405.1 (2008) para projetar, instalar e avaliar sistemas de irrigação por gotejamento

| Tipo de emissor | CVf | Classificação |
|-------------------|-------------|-------------------------|
| | $< 0,10$ | Bom |
| Tubos gotejadores | 0,10 a 0,20 | Médio |
| | $> 0,20$ | Marginal ou inaceitável |

Para emissores em uso, Pizarro (1996) aporta a classificação da Tabela 3, denominado Coeficiente de variação total das vazões (CVt), conforme a equação 6.

$$CV_t = \sigma_q q^{-1} \quad \text{eq. (6)}$$

Em que,

σ_q : desvio padrão de todas as vazões amostradas

q : média de todas as vazões amostradas

Tabela 3 Coeficiente de variação total das vazões (CVt) segundo Pizarro (1996)

| Uniformidade | CVt |
|--------------|-----------|
| Excelente | 0,1 – 0 |
| Muito boa | 0,2 - 0,1 |
| Aceitável | 0,3 – 0,2 |
| Baixa | 0,4 – 0,3 |
| Inaceitável | > 0,4 |

Bralts (1986) propôs a seguinte classificação para CUD que varia entre valores menores a 70% e maiores que 90%, conforme Tabela 4.

Tabela 4 Classificação da uniformidade de irrigação utilizando CUD

| CUD | Classificação |
|----------|---------------|
| ≥ 90% | Excelente |
| 80 a 90% | Bom |
| 70 a 80% | Regular |
| < 70% | Ruim |

Fonte: BRALTS (1986)

Nascimento et al. (2009), ao avaliar a uniformidade de aplicação em 8 sistemas com fertirrigação por gotejamento para pequenas propriedades, obtendo uma vazão média de 0,43 L h⁻¹ em laboratório, CVf de 2,59% ao aplicar uma pressão de 24,52 kPa, no início da linha lateral, em área experimental, obteve um valor médio, do CUD, de 95%, em 90 dias de uso.

2.5 Avaliação hidráulica da vazão, em função da pressão

A avaliação da vazão em função da pressão é uma determinação que indica o desempenho dos emissores. A norma ABNT-NBR ISO 9261 (2006) é uma referência para ensaio de emissores novos. A metodologia para esta avaliação deve obedecer aos seguintes passos:

a) Ensaiar cada unidade de emissores/tubos emissores em passos não maiores que 50 kPa, da pressão zero até 1,2 vezes a pressão máxima, tal que pelo menos 4 valores de vazão em 4 pressões diferentes sejam obtidas. Medir a vazão pelo menos 3 min depois de alcançar a pressão de ensaio.

Se a pressão real de entrada exceder a pressão de entrada desejada em mais de 10 kPa durante sua elevação e queda, retornar à pressão zero e repetir o ensaio.

b) Para emissores/tubos não regulados, calcular, para cada nível de pressão de entrada, a pressão (p), a vazão média (q), em $L h^{-1}$, obtido pela medição das vazões das unidades de emissores/tubos, à pressão ascendente.

c) Plotar a curva q como uma função de pressão de entrada. A curva de q deve conformar-se à curva apresentada nas publicações dos fabricantes, com uma divergência permissível de até $\pm 7\%$.

A relação entre a vazão, q , em $L h^{-1}$, e a pressão de entrada em uma unidade de emissor/tubo emissor, p , em quilopascals (kPa), é determinada pela equação 7.

$$q = k \cdot p^m \quad (\text{eq. 7})$$

Em que,

k : é uma constante, ou coeficiente de vazão do emissor (DEMIR, 2007). Depende da geometria do emissor e das unidades empregadas (CLEMENS et al, 1997).

m : é o expoente de descarga do emissor, que caracteriza o regime de escoamento e a relação vazão *versus* pressão (AHMED et al., 2007).

O expoente calculado não deve divergir da declaração do fabricante em $\pm 5\%$ (ABNT-NBR ISO 9261, 2006).

Styles et al. (2008) avaliaram um sistema de irrigação com 1101 emissores, com 5 anos de uso, vazão nominal de $2 L h^{-1}$, marca Netafim, aplicando uma pressão média de 87,1 kPa. Obtiveram um valor médio para o expoente m igual a 0,54. Demir e Degirmencioglu (2007) ao desenvolver modelos de predição de perdas de carga, em emissores com vazões entre 1,73 e 2,99 $L h^{-1}$, encontraram expoentes (m) que variaram de 0,506 a 0,481.

Styles et al. (2008) buscando melhorar a precisão na determinação do CUD, utilizaram a equação 7 na equação 5, resultou na expressão da equação 8:

$$CUD = q_{25} \cdot (k \cdot p^m)^{-1} \quad (\text{eq. 8})$$

Assim, obtiveram CUD igual a 0,911 ou 91,1%.

2.6 Controle Estatístico da Qualidade

A definição de qualidade de produtos ou serviços é entendida tradicionalmente pelo atendimento às exigências dos consumidores ou à adequação para o uso. A qualidade busca atender ao consumidor e, se possível, exceder as expectativas. As técnicas estatísticas de planejamento e de análise de experimentos são empregadas na descoberta dos fatores que afetam a qualidade de uma característica de interesse (variável resposta).

Modernamente, a qualidade é inversamente proporcional à variabilidade. A melhoria contínua da qualidade é a redução da variabilidade nos processos e produtos (MONTGOMERY, 2004; COSTA et al., 2004).

2.6.1 Controle estatístico do processo

O controle estatístico da qualidade é o resultado da aplicação do Controle Estatístico de Processos (CEP) nas indústrias que geram bens de consumo. O início formal do controle estatístico de processos deu-se na década de 1920, quando Walter Shewhart desenvolveu e aplicou os gráficos de controle para operários com pouca instrução. O controle permanente de processos é condição básica para a manutenção da qualidade de bens e de serviços (MONTGOMERY, 2004).

O CEP constrói um ambiente no qual todos os envolvidos na produção desejam a melhoria continuada da qualidade e da produtividade. Pode ser aplicado a qualquer processo. O objetivo principal do CEP é detectar rapidamente as causas atribuíveis e saná-las brevemente. Existem causas aleatórias e atribuíveis da variação da qualidade; as aleatórias são causas inevitáveis, inerentes ao processo, são causas naturais, quando existem somente estas causas, o sistema está sob controle estatístico. As causas atribuíveis ou especiais ocorrem devido a máquina mal ajustada, erro do operador e matéria-prima defeituosa. Então, o processo está fora de controle (MONTGOMERY, 2004).

Processo de produção é o conjunto de atividades necessárias para a fabricação e/ou montagem de um produto que possui um sistema com um conjunto de entradas e de saídas, em que as entradas x_1, x_2, \dots, x_p são fatores controláveis (pressão, taxas de alimentação, vazão entre outras variáveis do processo; as entradas z_1, z_2, \dots, z_q são entradas não-controláveis ou de difícil controle (propriedades das matérias-primas ou fatores ambientais). O processo transforma essas entradas em um produto com várias características de qualidade. A variável de saída y é uma medida da qualidade do processo, como pode ser observado na Figura 1.

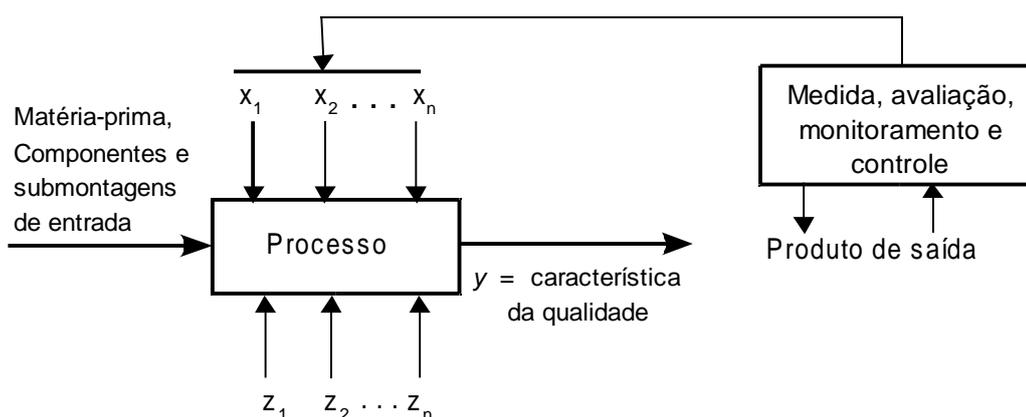


Figura 1 Esquema de um processo de produção

O CEP é feito através do uso das cartas (ou gráficos) de controle. Para cada tipo de peça, serviço produzido numa máquina ou prestação de serviço, é construído um gráfico. São determinados os limites inferior e superior, que podem ser expressos em porcentagem de peças defeituosas ou através da distribuição de medidas. A cada determinado número de peças fabricadas, marca-se no gráfico a média das dimensões de uma amostra de peças.

Desta forma, acompanha-se o desempenho do processo. Quando os limites são ultrapassados, deve-se realizar ajustes na máquina. No verso das cartas devem ser anotadas todas as irregularidades e mudanças de condições ocorridas. Esse registro é conhecido como "diário de bordo".

O CEP foi muito difundido na década de 80. As montadoras norte-americanas passaram a exigir-lo aos seus fornecedores. Desta forma, o promoveram expressivamente, fato ocorrido também no Brasil. A eficácia de um gráfico de controle é medida pela rapidez com que esse dispositivo detecta alterações no processo (MONTGOMERY, 2004; COSTA et al., 2004; RACHID & GITAHY, 1995).

Lima et al. (2006) empregaram o controle de qualidade na indústria farmacêutica, considerando o controle estatístico de processo (CEP), uma das metodologias de maior eficácia no controle da qualidade, empregando cartas e gráficos de controle para detectar desvios de parâmetros de processos. Com isto, houve a redução dos custos de produção, tornou-se um auxiliar nas boas práticas de fabricação, na investigação detalhada dos pontos críticos para a validação do processo, estabeleceu-se uma estrutura de diagnóstico, de causas dos desvios, de correções e de interações com o processo.

Outro caso de aplicação do CEP foi estudado por Milan & Fernandes (2002), para avaliar as operações de preparo do solo. Neste caso, os métodos estatísticos utilizados, para as operações de escarificação e de gradagem, foram os histogramas, as cartas de controle por variáveis e o teste "t". Obtiveram incrementos nos resultados desejados da ordem de 75%.

Justi (2010) empregou o índice de capacidade de processo (Cp) para avaliar um sistema de irrigação por aspersão e concluiu que Cp é diretamente proporcional ao aumento da uniformidade de distribuição, bem como é capaz de diagnosticar o controle da irrigação dentro de níveis aceitáveis.

2.6.2 Gráfico de controle X – R

Ao medir uma característica da qualidade que é uma variável, é necessário monitorar o valor médio (\bar{X}) e a sua variabilidade.

As cartas de Shewhart, ou gráficos de controle, são confeccionados ao plotar os dados coletados em cada amostragem, das variáveis que caracterizam o processo. Podendo confeccionar-se, para um mesmo processo: o gráfico dos valores médios (\bar{X}), para monitorar a centralidade; a amplitude amostral (\bar{R} ou MR); a variância (S^2) e o do desvio padrão (S) para monitorar a dispersão. O gráfico mais conhecido é denominado "X - R". Esse gráfico exibe uma linha central, representando o valor médio (μ), da característica da qualidade, que corresponde ao estado sob controle. Outra linha superior do limite superior de controle (LSC), uma linha inferior do limite inferior de controle (LIC) e os pontos representando as amostras colhidas ao longo do tempo. O modelo, estabelecido por Shewhart, utiliza a média aritmética dos valores resultantes das medições realizadas de forma amostral, como medida de posição do processo. Fixa três desvios – padrões acrescidos à média, definindo o Limite Superior de Controle (LSC), conforme Equação 12 e três desvios – padrões decrescidos à média, conforme Equação 13, definindo o Limite Inferior de Controle (LIC) do processo (LIMA, 2006).

$$\text{LSC} = \bar{X} + 3\sigma \quad (\text{eq. 12})$$

$$\text{LIC} = \bar{X} - 3\sigma \quad (\text{eq. 13})$$

Em que:

$$\sigma = \hat{\sigma} = \text{MR} (d_2)^{-1} \quad (\text{eq. 14})$$

$\hat{\sigma}$: é o estimador do desvio-padrão populacional (σ), pois, trata-se de amostras e não de toda a população, daí a necessidade de um estimador. Este necessita de um fator de correção denominado d_2 , tabelado, e depende do tamanho da amostra.

Na Figura 2 mostra-se um exemplo de gráficos de controle, confeccionado com as vazões coletadas no módulo de irrigação por gotejamento do experimento e referente a uma avaliação. As cartas foram elaboradas com o auxílio do programa computacional para análise estatística denominado Minitab (versão 15.1.1.0). A configuração foi de 40

subgrupos, que corresponde às vazões dos 40 emissores; e em 3 segmentos, que refere-se ao número de repetições. A “carta X” mostra que o emissor 21 saiu do controle do processo, teve uma variação $> 3\sigma$, limites estabelecidos para o processo. Na carta R, nenhum ponto saiu do controle, o que é um requisito, segundo Montgomery (2004), para então elaborar a carta X.

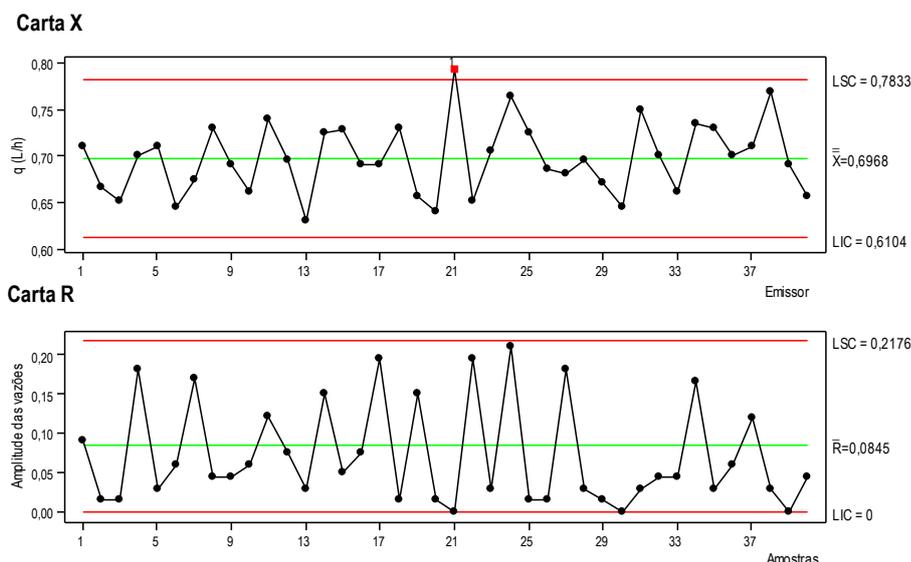


Figura 2 Exemplo de Carta de controle X – R de uma avaliação de emissores, empregado nesta pesquisa

2.6.3 Análise da capacidade de processos

A avaliação dos sistemas de irrigação tem como objetivo verificar se o conjunto de componentes escolhidos, segundo as especificações dos fabricantes, atende ao dimensionamento calculado e às necessidades da cultura. Este tipo de avaliação pode verificar-se com a análise da capacidade do processo e do conjunto de irrigação selecionado. As análises podem envolver as variáveis de vazão e de pressão, empregando os coeficientes de uniformidade de distribuição da água (CUD), e o coeficiente de variação total (CVt), principalmente, dado que estes possibilitam analisar o comportamento em função da vida útil do conjunto de irrigação.

Conceitualmente, a capacidade do processo é produzir algo dentro das especificações desejadas e que deve estar sob controle, sujeito à variabilidade provocada pelas causas naturais. Quando todas as causas especiais da variação estão controladas, a variabilidade somente pode ser explicada por causas aleatórias. Diz-se, então, que o processo encontra-se em estado de controle estatístico. Desajustes ou falta de estabilidade reduzem sua capacidade, aumentando o número de itens não-conformes (COSTA, 2004; VIEIRA, 1999).

A variabilidade de um processo se compara com as especificações ou exigências

para o produto. É uma medida de uniformidade, vista de duas formas:

- variabilidade natural, inerente ou instantânea;
- variabilidade ao longo do tempo.

Dentro do CEP, costuma-se adotar como medida da capacidade de um processo, a dispersão seis-sigma (6σ), na distribuição da característica da qualidade de um produto.

É necessário que o processo se enquadre dentro de uma distribuição normal com média μ e desvio padrão σ , com limite (LS) superior e limite inferior (LI). A distância entre os limites será a tolerância do projeto. Os limites de controle (LC) são função da variabilidade do processo e os limites da especificação (LE) são estabelecidos no projeto. Os limites naturais da tolerância do processo são localizados e identificados como:

$$\text{Limite superior natural da tolerância (LSNT} = \mu + 3\sigma \text{);} \quad (\text{eq. 15})$$

$$\text{Limite inferior natural da tolerância (LINT} = \mu - 3\sigma \text{);} \quad (\text{eq. 16})$$

A análise da capacidade de um processo é um estudo de engenharia para estimar uma determinada capacidade. Pode ser apresentada pela distribuição de probabilidade, um centro (média) e uma dispersão (desvio padrão) especificados. Avalia parâmetros funcionais e não, o processo em si. Ao controlar a coleta de dados e conhecendo a sequência ao longo do tempo, é possível efetuar inferências sobre a estabilidade do processo. É possível prever até que ponto manterá as tolerâncias, auxilia na modificação do processo, na especificação das exigências de desempenho de um equipamento e a reduzir a variabilidade do processo. Utilizam-se algumas técnicas na análise da capacidade de um processo, dentre elas:

- a) Histogramas;
- b) gráficos de probabilidade;
- c) gráficos de controle; e
- d) Índice de capacidade de processo.

2.6.4 Uso de histogramas

Na confecção e uso dos histogramas, Vieira (1999) recomenda seguir os passos:

- a) coletar uma amostra ≥ 100 itens e medir a característica de qualidade;
- b) calcular a média e o desvio padrão;
- c) calcular os limites naturais de tolerância e a capacidade do processo;
- d) organizar uma tabela da distribuição de frequências e desenhar um histograma.

Para analisar a capacidade do processo:

- a) verificar se a média do processo (média das médias) coincide com o valor próximo do valor nominal (VN);

b) comparar a capacidade do processo com a tolerância do projeto (LSE - LIE)

Em que:

$$LSE - \mu + 3\sigma \quad (\text{eq. 17})$$

$$LIE - \mu - 3\sigma ; \quad (\text{eq. 18})$$

c) analisar o histograma quanto à forma e à dispersão;

d) observar se os dados estão entre os limites de especificação.

2.6.5 Gráficos de probabilidade

Utilizado para determinar a forma, o centro e a dispersão da distribuição. É um gráfico dos dados ordenados em postos *versus* frequência amostral e apresenta bons resultados para amostras pequenas (VIEIRA, 1999).

2.6.6 Razão da capacidade de um processo

Uma forma de quantificar a capacidade de um processo é pela sua razão. A razão, ou índice da capacidade do processo (RCP), C_p , é definida para uma característica da qualidade com limites superior (LSE) e inferior da especificação (LIE), conforme mostrado nas equação 19. Como σ geralmente é desconhecido, se substitui por uma estimativa ($\hat{\sigma}$), ver equação 20, nessa estimativa emprega-se o desvio padrão amostral S ou R_m/d_2 , o que resulta na estimativa de C_p (\hat{C}_p) (MONTGOMERY, 2004):

$$\hat{C}_p = (LSC - LIC) \cdot 6\hat{\sigma}^{-1} \quad (\text{eq. 19})$$

$6\hat{\sigma}$ é a capacidade do processo

$$\hat{\sigma} = \bar{R} (d_2)^{-1} \quad (\text{eq. 20})$$

Em que,

\bar{R} ou MR - amplitude média

d_2 - fator para a linha central, depende do tamanho da amostra, encontrado em tabela de fatores para construção de gráficos de controle para variáveis.

\hat{C}_p - é uma estimativa de C_p

$C_p > 1$ - significa que o processo usa menos de 100% da faixa de tolerância, pouco itens não-conformes serão produzidos.

$C_p < 1$ - o processo usa mais de 100% da faixa de tolerância, o processo é muito sensível e grande número de itens não-conformes serão produzidos.

Montgomery (2004) recomenda que a razão da capacidade de processo (C_p) deve

estar acima dos valores mínimos, recomendados na Tabela 5.

Tabela 5 Valores mínimos recomendados da razão da capacidade de processo (C_p)

| Tipo de processo | Especificações bilaterais | Especificações unilaterais |
|--|---------------------------|----------------------------|
| Existente | 1,33 | 1,25 |
| Novo | 1,50 | 1,45 |
| Segurança, força ou parâmetro crítico, existente | 1,50 | 1,45 |
| Segurança, força ou parâmetro crítico, novo | 1,67 | 1,60 |

Fonte: Montgomery (2004)

Outro emprego de C_p é para estimar a percentagem (P) da faixa de especificação usada pelo sistema, ver equação 21.

$$P = (1/C_p) 100\% \quad (\text{eq. 21})$$

O índice C_p é empregado quando o processo está centrado na faixa de especificação. Quando o processo está descentrado, utiliza-se o índice C_{pk} , calculado pela equação 22.

$$C_{pk} - \text{mín} (C_{ps}, C_{pi}) \quad (\text{eq. 22})$$

C_{ps} - é o limite superior da capacidade do processo

$$C_{ps} - (\text{LSE} - \mu) \cdot 3\sigma^{-1} \quad (\text{eq. 23})$$

C_{pi} - é o limite inferior da capacidade do processo

$$C_{pi} - (\mu - \text{LIE}) \cdot 3\sigma^{-1} \quad (\text{eq. 24})$$

Considera-se $C_p = C_{pk}$ quando o processo está centrado no ponto médio das especificações, quando $C_p < C_{pk}$, o processo está descentrado. A figura 3 mostra um exemplo de um processo descentrado, referente às vazões obtidas no experimento do conjunto de irrigação para agricultura familiar, empregado na coleta de dados desta pesquisa.

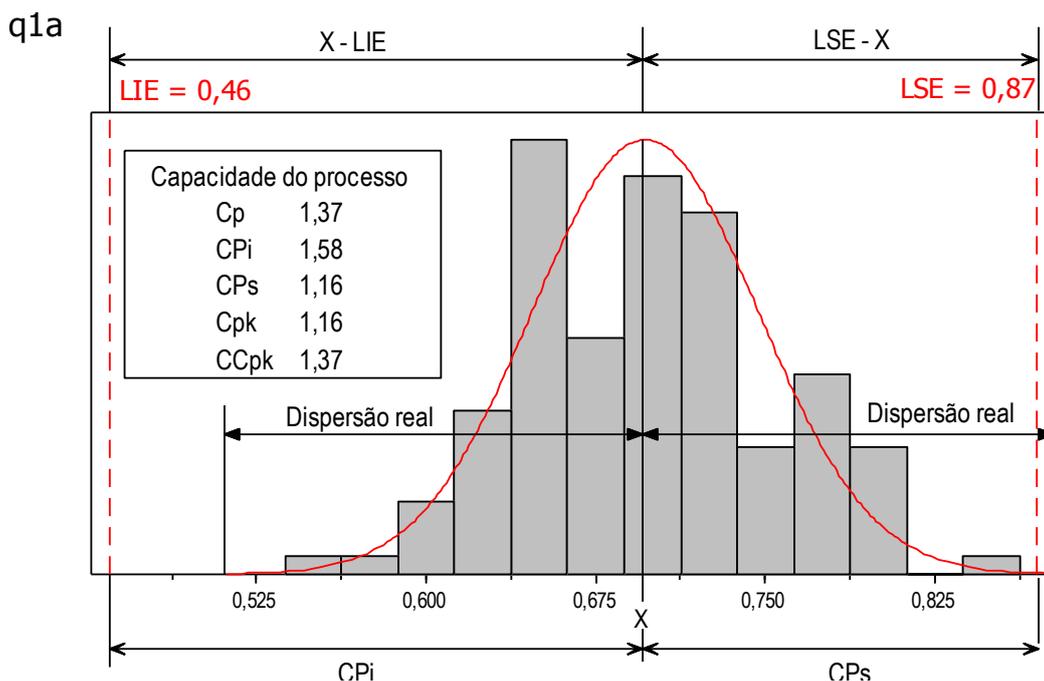


Figura 3 Gráfico da dispersão do processo e da capacidade de processo de uma avaliação de emissores de tubos gotejadores, empregado nesta pesquisa

Silva et al. (2008) empregaram o CEP monitorando a variável de qualidade pelo tamanho dos resíduos de cana-de-açúcar, considerados perdas no corte. Calcularam o desvio padrão, amplitude, coeficientes do controle de processos Ck e Cs e empregaram apenas os valores médios para monitorar o processo na confecção das cartas de controle, visto que Montgomery (2004) recomenda, inicialmente, verificar se o processo está sob controle, pelas cartas da amplitude (R). Caso afirmativo, elaborar os gráficos para os valores médios. Porém, caracteriza o início do aprendizado do CEP nas atividades produtivas do meio rural.

Salvi et al. (2007) monitoraram o desempenho de um dispositivo para homogeneizar o corte da cana-de-açúcar. Utilizaram os gráficos de controle X e S e calcularam os coeficientes de controle de processos (Cp). Isto auxiliou no monitoramento e avaliação do desempenho, obtendo valores abaixo de 0,45, caracterizando que o processo esteve fora de controle.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local da Pesquisa

O projeto de pesquisa foi desenvolvido nas dependências do Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola – NEEA, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, no Município de Cascavel, estado do Paraná, coordenadas geográficas 24° 54' Sul e 53° 31' Oeste, altitude de 760 m. No período de 01 de setembro a 20 de dezembro de 2007. O clima da região, na classificação de Köppen (Cfa) é clima temperado úmido com verão quente.

3.2 Configuração do Experimento

Instalaram-se 2 sistemas, irrigação e fertirrigação. Cada sistema submeteu-se a 4 tratamentos em função da variação da carga hidráulica (H), conforme mostra a Tabela 6 e a Figura 4.

Tabela 6 Identificação dos tratamentos

| IDENTIFICAÇÃO DO TRATAMENTO | H (kPa) | H (mca) |
|-----------------------------|---------|---------|
| IRRIGAÇÃO | T1 | 1,2 |
| | T2 | 1,4 |
| | T3 | 1,6 |
| | T4 | 1,8 |
| FERTIRRIGAÇÃO | T5 | 1,2 |
| | T6 | 1,4 |
| | T7 | 1,6 |
| | T8 | 1,8 |

Em cada sistema utilizaram-se 6 linhas laterais de 15 m de comprimento, espaçadas a 50 cm, totalizando uma largura 2,5 m, ocupando uma área de 37,5 m².

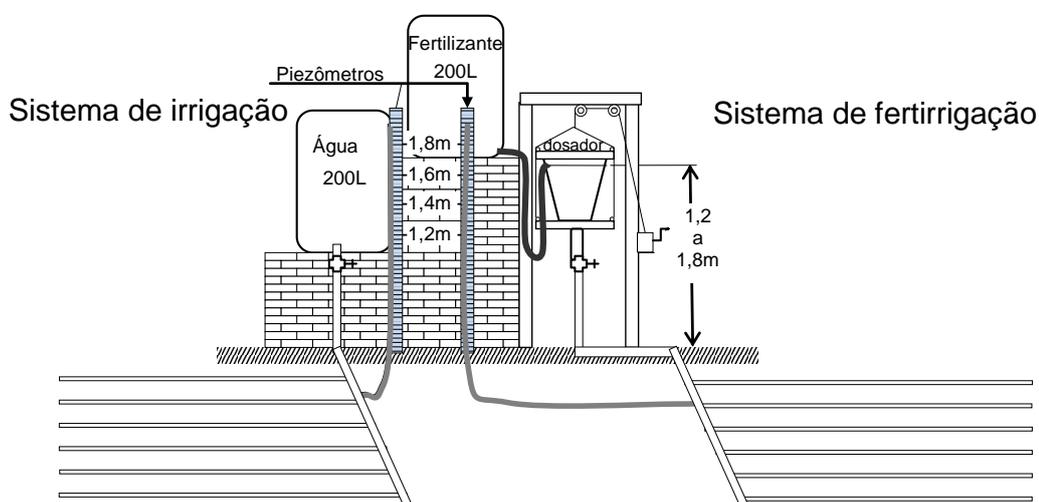
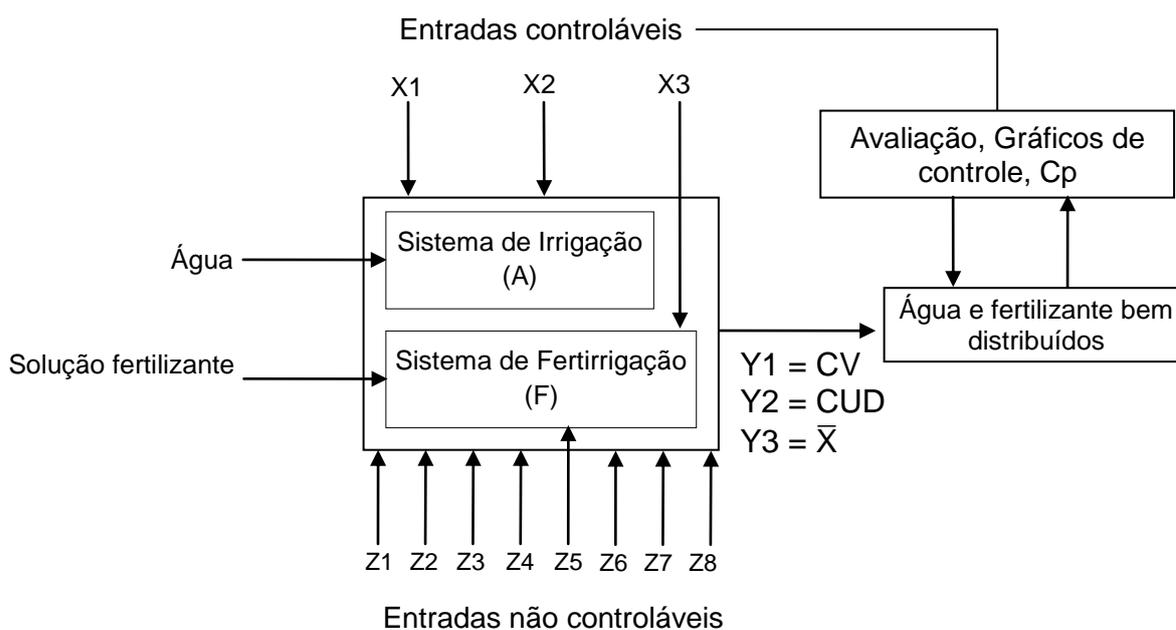


Figura 4 Sistema de abastecimento de água e de fertilizante

3.3 Planejamento do controle do processo

Sem perder de vista o sistema de irrigação, abordar-se-á a capacidade de processo, visando adaptar essa ferramenta para avaliar o processo da irrigação por gotejamento, ao longo do tempo. Empregando-se as técnicas de controle da melhoria da qualidade, o planejamento do experimento segue a configuração do esquema apresentado na Figura 5, onde as entradas controláveis (x_n) correspondem às variáveis: x_1 : pressão; x_2 : Abertura da passagem de água, controlada pelo registro; x_3 : concentração do fertilizante em função da mistura dos nutrientes. As entradas de difícil controle ou não-controláveis (Z_n) são: Z_1 : qualidade da água; Z_2 : temperatura da água; Z_3 : temperatura do ar; Z_4 : insolação; Z_5 : qualidade do fertilizante; Z_6 : desgaste dos tubos gotejadores; Z_7 : entupimento do filtro e Z_8 : entupimento dos emissores para uso do conjunto na irrigação e na fertirrigação por gotejamento na agricultura familiar. A avaliação dos sistemas de irrigação e de fertirrigação foi realizada pela medição da vazão da água distribuída pelos emissores.



Entradas controláveis:

X1 – Pressão

X2 – Abertura da passagem de água

X3 – Concentração do fertilizante

Entradas não controláveis:

Z1 - Qualidade da água

Z2 - Temperatura da água

Z3 - Temperatura do ar

Z4 - Insolação

Z5 - Qualidade do fertilizante

Z6:- desgaste dos tubos gotejadores

Z7:- entupimento do filtro e

Z8 - entupimento dos emissores

Figura 5 Planejamento de controle de processo dos sistemas de irrigação e de fertirrigação

3.4 Instalações

As instalações para os sistemas de irrigação e de fertirrigação foram compostas por:

a) uma base de sustentação dos reservatórios, construída com tijolos, lajotas e tábuas, considerando-se que esses materiais estão disponíveis nas propriedades rurais;

b) dois reservatórios (barril de plástico – bombonas) com capacidade volumétrica de 200 L, também existentes na propriedade;

c) um balde com capacidade de 30 L, com mecanismo de bóia, para manter o nível constante, tanto da solução de fertilizante como da água de irrigação, e registro para controle da água;

d) o sistema de irrigação a ser utilizado é por gotejamento, marca Netafim™, modelo Kif Net - Kit de irrigação familiar, para áreas de 500 m², utilizando 12 tubos emissores (linhas laterais) de 15 m de comprimento, espaçados a 0,50 m entre linhas, distância entre emissores (microdrip vazão nominal de 2 L h⁻¹, a 100 kPa) de 0,30 m;

e) acessórios que acompanham o sistema a estudar são:

1- registro de esfera entrada e saída (para tubulação de 25 mm de diâmetro);

2- um filtro de malha (para tubulação de 20 mm de diâmetro).

Ver a fotografia da Figura 6.

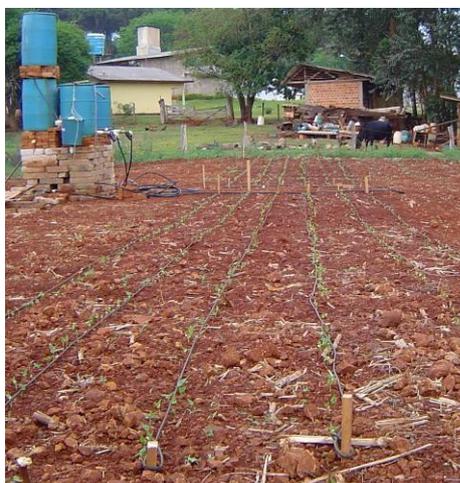


Figura 6 instalações dos sistemas de irrigação e de fertirrigação por gotejamento

3.5 Fertirrigação

Para calcular as dosagens de fertilizante na fertirrigação foi adotada a cultura do feijão, por ser uma cultura de subsistência empregada na agricultura familiar.

O fertilizante foi preparado antes de cada avaliação seguindo as recomendações encontradas em CFSEMIG (1999) e Haag & Malavolta (1967), na Tabela 7 apresentam-se as quantidades de cada composto químico dissolvido e aplicados em períodos de 10 dias

até o tempo de 50 dias após a semeadura. Os macronutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) foram obtidos dos compostos da Ureia, Fosfato monoamônio (MAP) e Cloreto de potássio (KCl), respectivamente.

Tabela 7 Quantidade de fertilizante a diluir, por decêndio

| Período * dias ** | Uréia kg/aplicação | K Cl kg/aplicação | MAP kg/aplicação |
|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| 0 a 10 | 0,0310 | 0,000 | 0,000 |
| 0 a 20 | 0,0874 | 0,083 | 0,115 |
| 0 a 30 | 0,170 | 0,253 | 0,108 |
| 0 a 40 | 0,339 | 0,980 | 0,600 |
| 0 a 50 | 0,704 | 0,492 | 0,896 |

* Desenvolvimento da planta em **dias após a semeadura.

O manejo da fertirrigação foi realizado seguindo as recomendações de Barrera (1998), no "Manual de fertirriego", que recomenda irrigar durante 15 minutos, para em seguida injetar o fertilizante e irrigar durante 10 minutos após, com a finalidade de remover sólidos próximo aos emissores. Os elementos da solução do fertilizante foram diluídos no reservatório com 200 L de água; caso fosse aplicado o fertilizante no solo com a cultura do feijão, seria necessário realizar 15 aplicações.

3.6 Coleta de dados

A metodologia para a coleta de dados empregada é amostral, conforme descritas no item 2.3, propostas por Keller & Karmelli (1974) e por Deniculli (1980).

Tanto no sistema de irrigação como no de fertirrigação, empregaram-se 4 linhas laterais. Em cada linha selecionaram-se 10 emissores, correspondente a 4 emissores para a metodologia de Keller & Karmelli (1974) e 8 para Deniculli (1980).

Para cada altura da lamina de água procedeu-se a quantidade ensaios relacionados na Tabela 8. Cada ensaio era constituído de 3 coletas consecutivas.

Tabela 8 Número de ensaios por tratamento

| Tratamento | Ensaio | Tratamento | Ensaio |
|------------|--------|------------|--------|
| T1 | 25 | T5 | 27 |
| T2 | 25 | T6 | 27 |
| T3 | 24 | T7 | 27 |
| T4 | 25 | T8 | 27 |

3.7 Tratamento dos dados

Os dados coletados foram tabulados em planilha eletrônica, calculando-se a vazão média (\bar{X}), desvio padrão amostral (s), o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e o coeficiente de variação CV. Efetuou-se análise estatística das vazões, da relação pressão *versus* vazão. Com auxílio do programa computacional Minitab, confeccionaram-se os gráficos de controle, histogramas com curva normal e o cálculo dos índices de capacidade de processo (C_p).

Os dados de volume e de tempo obtidos foram empregados no cálculo da vazão, obtidos tanto no sistema da irrigação como no sistema da fertirrigação, empregando-se a equação 4:

$$q_i = \text{volume de cada emissor} \cdot \text{tempo}^{-1} \quad (\text{eq 4})$$

3.7.1 Análise estatística

As vazões foram organizadas por tratamento, por quantidade de amostras e por sistema, conforme Tabelas A1 a A8, do Apêndice A1. Estas foram analisadas estatisticamente.

A análise estatística foi em função do arranjo amostral do número de amostras (n) de vazões:

$n = 1000$: corresponde ao número de vazões coletadas ao longo do tempo, de cada tratamento. Resulta da soma das vazões dos 40 emissores (e) nas 25 coletas.

$n = 250$: as vazões dos 10 emissores de cada linha lateral nas 25 coletas;

cada linha lateral (L) identificada pela sua ordem, L1, L2, L3 e L4.

$n = 100$: as vazões dos 4 emissores (e) de cada linha lateral nas 25 coletas,

os 4 emissores (e) identificados pela sua posição conforme a metodologia de Keller & Karmelli (1974),

e1: as vazões dos 4 primeiros emissores de cada linha lateral,

e2: as vazões dos 4 emissores localizados a 1/3 do comprimento de cada linha lateral,

e3: as vazões dos 4 emissores localizados a 2/3 do comprimento de cada linha lateral,

e4: as vazões dos 4 emissores localizados fim de cada linha lateral.

No tratamento T3 realizaram-se 24 medições de vazão.

As medidas estatísticas empregadas na análise das vazões constam nas tabelas A9 a A16 e são:

a) \bar{q} : representa a média aritmética das vazões

- b) Erro da media
- c) Desvio Padrão
- d) Variância
- e) Coeficiente de variação (CV)
- f) Valor mínimo encontrado(min)
- g) Primer quartil (Q1)
- h) Mediana
- i) Tercer quartil (Q3)
- j) Valor máximo (Máx)
- k) Simetria
- l) Curtose
- m) Valor da probabilidade do teste de hipótese (P valor), efetuaram-se testes de normalidade dos dados utilizando testes de Anderson-Darlin, Ryan-Joiner e Kolmogorov-Smirnov.

3.7.2 Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD)

Para os dois sistemas, de irrigação e de fertirrigação, calcularam-se os coeficientes de uniformidade (CUD) correspondente a cada evento de avaliação com a aplicação da equação 5.

$$\text{CUD (\%)} = 100 \cdot q_{25} \cdot \bar{q}^{-1} \quad (\text{eq. 5})$$

Em que:

q_{25} : vazão média de 25 % das menores vazões, ou primeiro quartil (L h^{-1})

\bar{q} : vazão média de todas as medições realizadas (L h^{-1})

Os dados de uniformidade obtidos (CUD) foram organizados nas Tabelas A9 e A11 do Apêndice A4. Com estes, elaboraram-se gráficos para observar a uniformidade, em cada tratamento ao longo do tempo, bem como a discrepância dos dados pelo gráfico de caixa. Efetuou-se, também, análise de variância das médias, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

3.7.3 Coeficiente de variação total (CVt)

Para análise da variabilidade das vazões nos dois sistemas, calculou-se o CVt conforme a equação 6:

$$\text{CVt} = \sigma_q \cdot q^{-1} \quad \text{eq. (6)}$$

Em que,

σ_q : desvio padrão de todas as vazões amostradas

q : média de todas as vazões amostradas ($L h^{-1}$)

Os valores médios do CVt foram enquadrados na classificação apresentada por Pizarro (1996) na Tabela 3.

3.7.4 Avaliação hidráulica da vazão, em função da pressão

A avaliação hidráulica dos sistemas de irrigação e de fertirrigação efetuou-se com as vazões médias (q em $L h^{-1}$) de cada tratamento e a respectiva pressão de entrada. Com estes dados, elaboraram-se gráficos de pressão *versus* vazão, para obtenção da curva potencial e respectivo coeficiente de determinação.

Realizou-se análise comparativa das curvas potenciais dos ensaios com a do fabricante. Calculando-se a vazão com a equação 7 (ABNT-NBR ISO 9261, 2006).

$$q = k \cdot p^m \quad (\text{eq. 7})$$

Em que,

q : vazão média ($L h^{-1}$)

p : pressão de entrada dos ensaios (kPa)

$k = 0,642$ (fornecido pelo fabricante)

$m = 0,49$ (fornecido pelo fabricante)

3.7.5 Gráfico de controle X

Elaboraram-se gráficos de controle, ou cartas de controle, para o CUD e CVt, visando mostrar sua aplicabilidade na avaliação dos sistemas de irrigação e de fertirrigação ao longo do tempo. Assim, calcularam-se os limites de controle superior e inferior e a linha central utilizando as equações 12, 13 e 14. As cartas foram elaboradas com o auxílio do programa computacional, para análise estatística, denominado Minitab (versão 15.1.1.0).

$$LSC = X + 3\sigma \quad (\text{eq. 12})$$

$$LIC = X - 3\sigma \quad (\text{eq. 13})$$

Em que:

$$\sigma = \hat{\sigma} = MR (d_2)^{-1} \quad (\text{eq. 14})$$

$\hat{\sigma}$: é o estimador do desvio-padrão populacional (σ), pois trata-se de amostras e não de toda

a população, daí a necessidade de um estimador. Este necessita de um fator de correção denominado d_2 , tabelado, e depende do tamanho da amostra.

MR : é a amplitude amostral ocorrida entre os ensaios

X : é a linha central do gráfico de controle e corresponde ao valor médio dos coeficientes (CUD ou CVt) de cada tratamento.

3.7.6 Análise da capacidade de processos

Com os dados dos coeficientes de CUD e de CVt dos ensaios de cada tratamento, calculou-se a razão de capacidade de processo estimada (\hat{C}_p), utilizando as equações 19 e 20, bem como elaboraram-se (Cpk) gráficos para analisar a capacidade dos processos e sua centralidade.

$$\hat{C}_p = (LSC - LIC) \cdot 6\hat{\sigma}^{-1} \quad (\text{eq. 19})$$

$6\hat{\sigma}$ é a capacidade do processo.

$$\hat{\sigma} = \bar{R} (d_2)^{-1} \quad (\text{eq. 20})$$

Em que,

\bar{R} ou MR - amplitude média

d_2 : fator para a linha central, depende do tamanho da amostra, encontrado em tabela de fatores para construção de gráficos de controle para variáveis.

\hat{C}_p : é uma estimativa de C_p

3.7.7 Análise multivariada da uniformidade e da capacidade de processo

Com o objetivo de verificar a relação entre o CUD, e C_p e CVt, pressão e C_p , realizou-se análise multivariada. Os dados plotaram-se num gráfico e obteve-se uma equação e o coeficiente de determinação R^2 .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desempenho da irrigação

4.1.1 Estatística descritiva da irrigação

Realizou-se estudo da estatística descritiva e gráfica de cada tratamento, para identificar e avaliar a homogeneidade, normalidade, pontos discrepantes, verificando-se valores perdidos e não normalidade. Isto porque as vazões ao longo da linha lateral variam constantemente, ocasionadas pela perda de carga ao longo das linhas laterais. Por este motivo efetuou-se o seguinte arranjo amostral:

n = 1000: corresponde ao número de vazões ao longo do tempo, de cada tratamento, durante o período. Resulta da soma das vazões dos 40 emissores (e) nas 25 coletas.

n = 250: as vazões dos 10 emissores de cada linha lateral nas 25 coletas;

cada linha lateral utilizada na avaliação (L) identificada pela sua ordem de posição, L1, L2, L3 e L4.

n = 100: as vazões dos 4 emissores (e) de cada linha lateral nas 25 coletas,

os 4 emissores (e) identificados pela sua posição conforme a metodologia de Keller & Karmelli (1974),

e1: as vazões dos 4 primeiros emissores de cada linha lateral,

e1/3: as vazões dos 4 emissores localizados a 1/3 do comprimento de cada linha lateral,

e2/3: as vazões dos 4 emissores localizados a 2/3 do comprimento de cada linha lateral,

eu: as vazões dos 4 emissores localizados fim de cada linha lateral,

No tratamento T3 realizaram-se 24 medições de vazão.

As vazões coletadas em todos os tratamentos foram tabuladas da Tabela A1 a Tabela A8, e as medidas estatísticas constam da Tabela A9 a Tabela A16 no Apêndice A1.

Verifica-se que as vazões na sua totalidade aumentaram em cada tratamento, variando de 0,585 L.h⁻¹ a 0,687 L.h⁻¹. Apesar da medida de simetria resultante estar próxima de zero, as vazões da totalidade dos dados (n = 1000), das linhas laterais 250(L3) e 250(L4) não apresentam normalidade seja pelo teste de Anderson-Darlin, Ryan-Joiner ou Kolmogorov-Smirnov. Os valores de CV diminuem, indicando menor variabilidade das vazões com o aumento da pressão nas linhas laterais; o CV é ainda menor na amostragem dos emissores. O CV nos tratamentos varia de 9,19 a 6,96%, segundo a Norma ABNT NBR ISO 9261 (2006), o CV não deve exceder 7%, ou seja, somente a vazão do tratamento T4 atende a esta exigência. Do ponto de vista da classificação elaborado por Pizarro (1996), os

tratamentos T1 a T3 qualificam os emissores como de boa condição de trabalho e o T4 coloca o sistema como muito boa.

Nos diagramas de caixa, da Figura 7, notam-se pontos que representam as vazões discrepantes, a partir do tratamento T2, aumentando seu número nos tratamentos submetidos a pressões maiores.

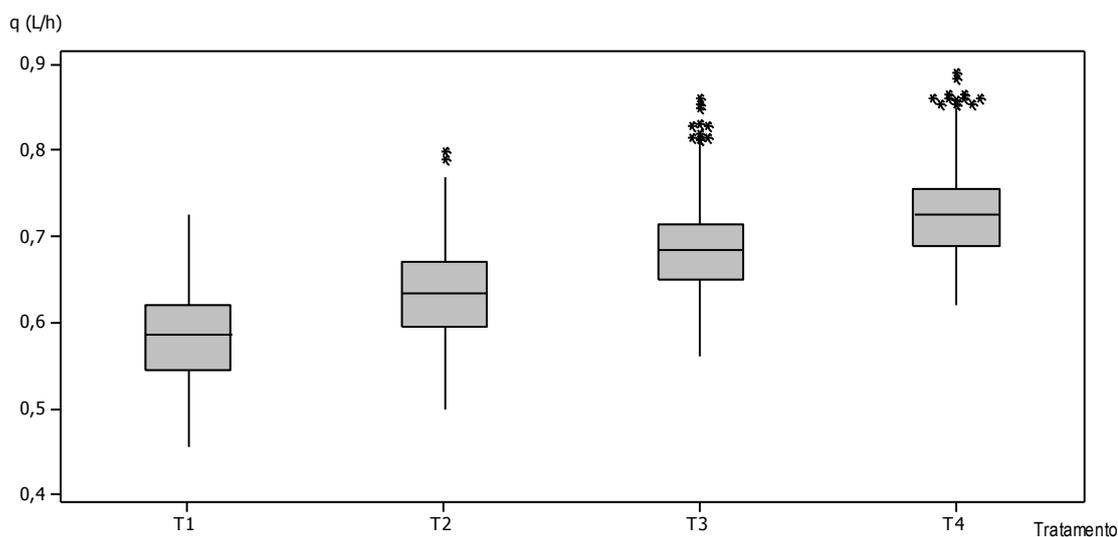


Figura 7 Box-plot das vazões (n = 1000) dos tratamentos T1, T2, T3e T4

Nos gráficos de diagramas de caixa da Figura 8, referente às vazões das linhas laterais, observa-se que os valores diminuem conforme se distanciam da primeira linha, devido à perda de carga ao longo da linha de distribuição, o que já é esperado. Verifica-se que na segunda linha, em todos os tratamentos, a vazão aumenta; bem como, o conjunto de linhas em cada tratamento elevou-se com o aumento da pressão.

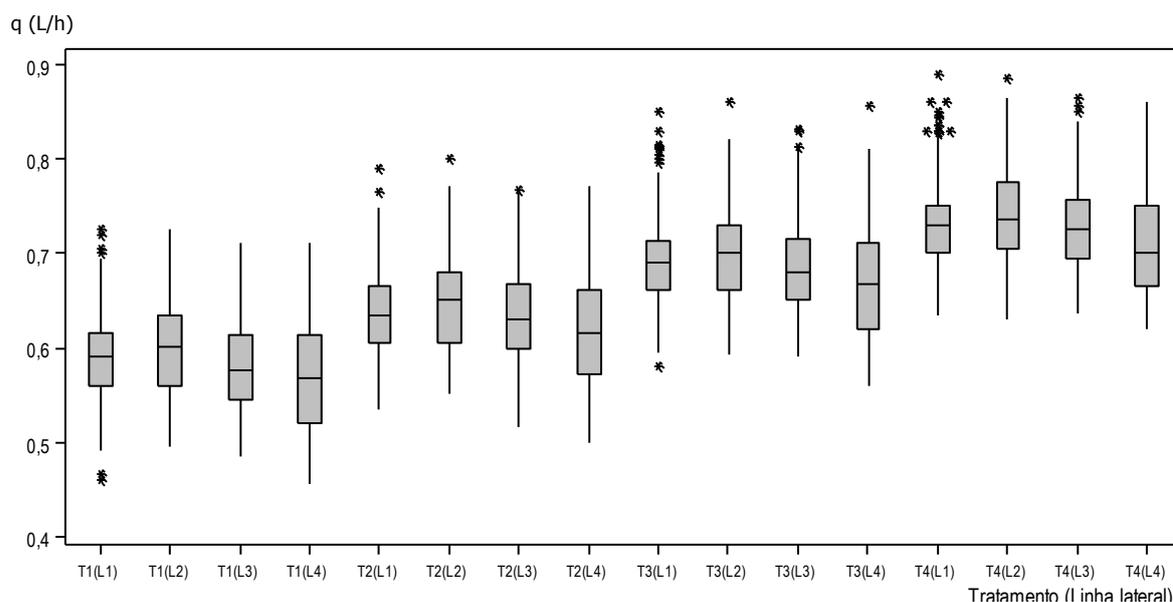


Figura 8 Box-plot das vazões (n = 250) dos tratamentos T1, T2, T3e T4

A análise das amostras de emissores nos gráficos diagramas de caixa da Figura 9 mostra que, em cada tratamento a vazão diminui nos emissores localizados a um terço, dois terços e no final da linha lateral. Simultaneamente, verifica-se que em quase todos os emissores há valores discrepantes, mostram menor variabilidade, quando comparados com as vazões das linhas laterais. Com isto, a amplitude das vazões diminui, o que traz como consequência a redução do CV correspondente, o que é favorável para uma boa distribuição da água. O antes exposto justifica o uso do método proposto por Keller & Karmelli (1974) na avaliação da distribuição da água do sistema de irrigação.

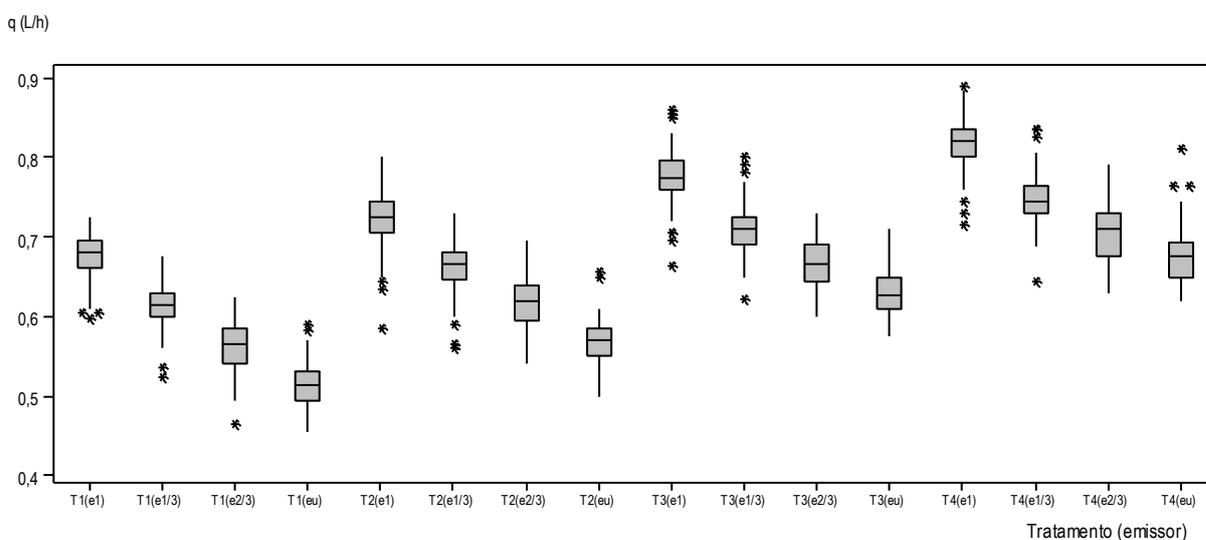


Figura 9 Box-plot das vazões (n = 100) dos tratamentos T1, T2, T3e T4

Os 4 histogramas com curva normal da Figura 10, mostram que todos os dados de vazão, nos emissores, apresentam normalidade.

Liu e Huang (2008) obtiveram CV 0,0132 e 0,0173 para tubos gotejadores novos, fabricados por indústria da China, com especificação do fabricante: vazão nominal de 2,83 e 1,88 L h⁻¹ respectivamente, sob a condição de pressão de serviço de 100 kPa. Stuart et al. (2008) realizaram avaliação de um sistema de irrigação por gotejamento da marca Netafim, 2 L h⁻¹, com 5 anos de uso e limpeza química anual das tubulações com 1101 dados de vazão, obtendo normalidade dos dados, pressão média de 87,1 kPa, vazão média de 1,9 L h⁻¹, CV = 0,31 e desvio padrão = 0,579. Safi et al. (2007) avaliaram 4 tubos gotejadores de marcas diferentes, com 5 anos de uso, os submetem a 4 pressões, próximas da empregada nesta pesquisa, de 50 kPa, obtendo vazão média de 0,78 a 0,87 L h⁻¹, CV de 0,109 a 0,278. Para os tubos novos, as vazões estiveram entre 0,88 a 0,95 L h⁻¹, CV de 0,067 a 0,099. Gil et al. (2002) obtiveram CV igual a 0,03 submetidos a pressão de 30 kpa em tubo gotejador para vazão nominal de 2 L h⁻¹.

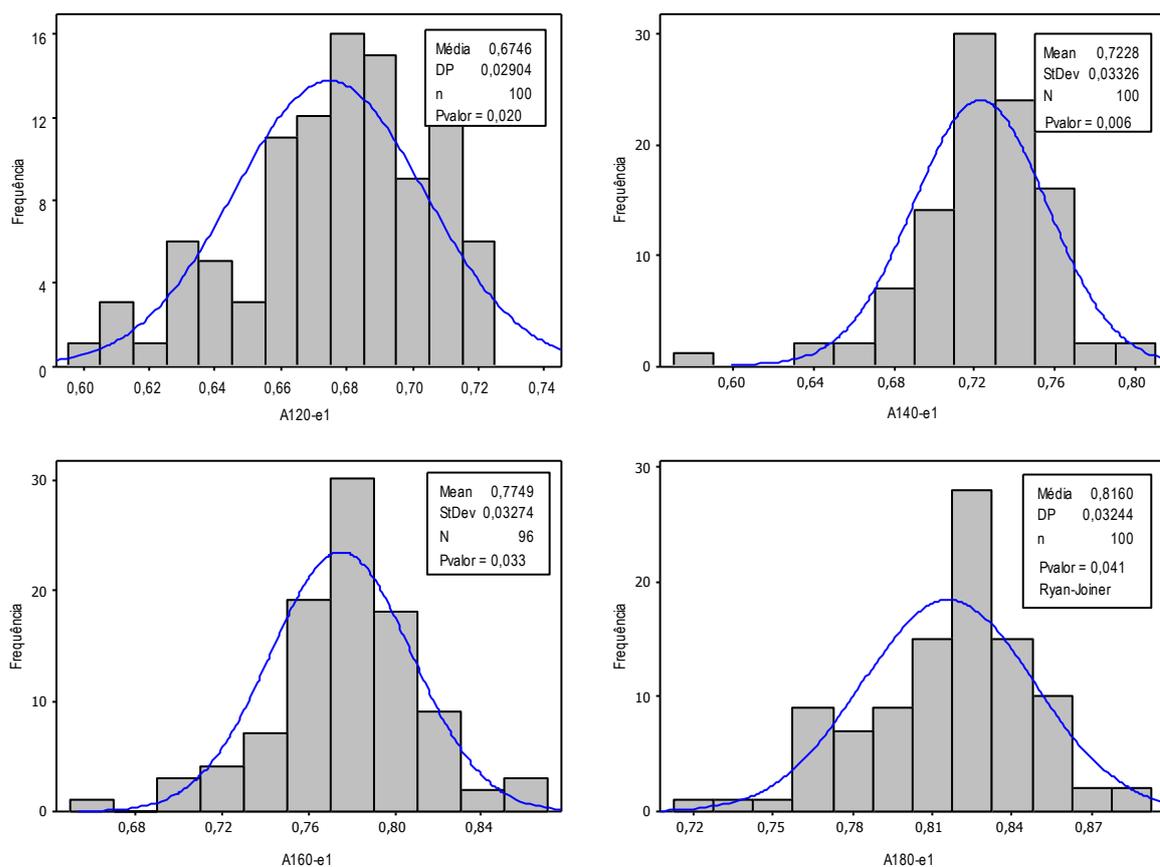


Figura 10 Histogramas com curva normal das amostras de vazões nos primeiros emissores de cada tratamento

4.1.2 Avaliação da relação vazão *versus* pressão para irrigação

Os dados coletados do volume, em mL, dos 40 emissores selecionados e do tempo de duração da coleta, em minutos (min), constituíram uma repetição, o volume médio de 3 repetições faz parte de um ensaio. Em cada tratamento realizaram-se 25 ensaios, em T3, 24 ensaios, totalizando 99. Os dados dos ensaios foram tabulados em planilha eletrônica, calculando-se as vazões por emissor em $L h^{-1}$, as vazões médias (q_n), desvio padrão (σ), coeficiente de variação (CV), pressões médias ($P_{média}$), na entrada da segunda ($P_{início}$) e da quinta linha lateral (P_{fim}), conforme consta da Tabela A1 a Tabela A4 do Apêndice A1.

Na Tabela 9 apresentam-se as médias totais das vazões (q) de cada tratamento em função das pressões na entrada da segunda linha lateral ($P_{início}$) e no final da quinta linha lateral (P_{fim}) e a variação da pressão ocorrida entre $P_{início}$ e P_{fim} .

Na Tabela 9 observa-se que as vazões aumentaram conforme aumentaram as pressões de entrada ($P_{início}$) de cada tratamento, ao plotar estes dados obtiveram-se as curvas potenciais com as respectivas equações e coeficiente de determinação – ver gráfico da Figura 11. A equação resultante foi:

$$q = 0,1558 P^{0,5422} \text{ e coeficiente de determinação } (R^2) = 0,999$$

O valor de R^2 mostra os valores médios das vazões obtidas são coerentes com a pressão aplicada em cada tratamento.

Tabela 9 Vazões (q) e pressões (P) médias totais obtidas em função de 4 tratamentos num sistema de irrigação por gotejamento

| Tratamento | Pinício (kPa) | P fim (kPa) | P média (kPa) | q (L h ⁻¹) |
|------------|---------------|-------------|---------------|------------------------|
| T1 | 11,5 | 5,7 | 8,6 | 0,585 |
| T2 | 13,4 | 7,1 | 10,3 | 0,636 |
| T3 | 15,3 | 8,5 | 11,9 | 0,687 |
| T4 | 17,3 | 9,8 | 13,5 | 0,728 |

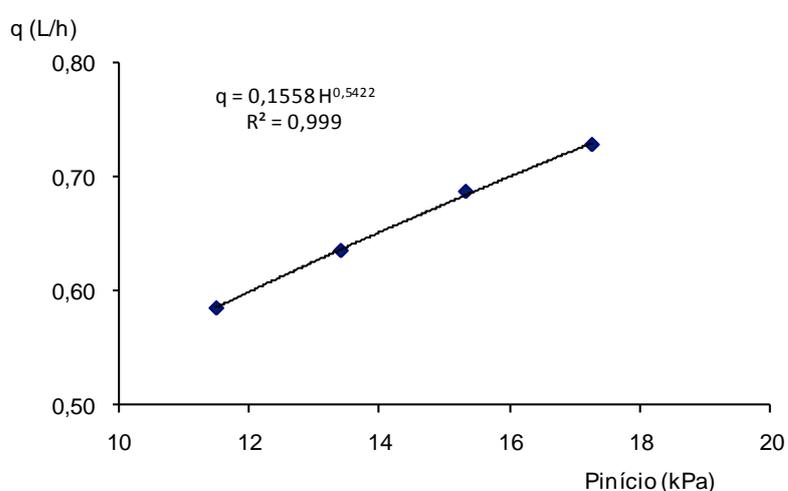


Figura 11 Curva potencial da vazão em função da pressão de entrada

Com os valores médios de vazão e da pressão média aplicada, em cada tratamento, confeccionou-se o gráfico da Figura 12.

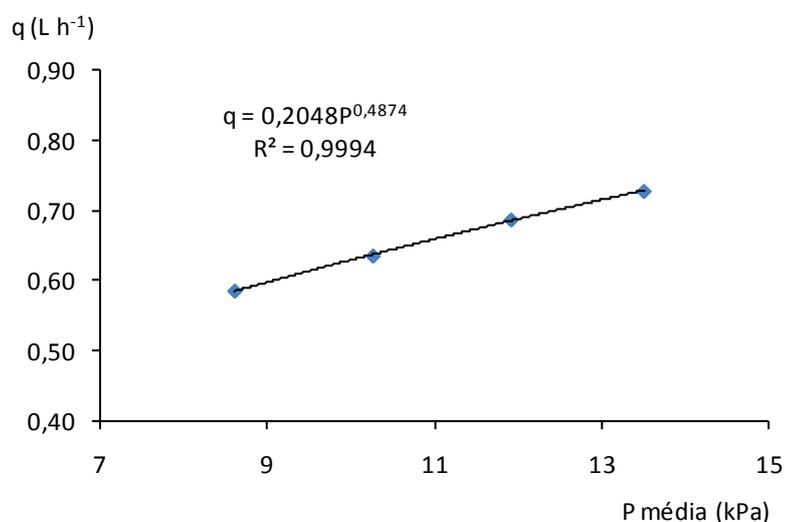


Figura 12 Curva potencial da vazão em função da pressão média

A equação resultante foi:

$q = 0,2048 P^{0,4874}$ e $R^2 = 0,9994$, a equação representa o efeito da pressão sobre a vazão nos emissores.

Com os coeficientes de forma ($k = 0,2094$) e da relação vazão m pressão ($m = 0,49$), fornecidos pelo fabricante (NETAFIM, 2009), aplicados à equação 7 ($q = k \cdot p^m$) e com os valores das pressões aplicadas aos tratamentos, calcularam-se as vazões, conforme constam na Tabela 10.

Tabela 10 Vazões obtidas aplicando coeficientes fornecidos pelo fabricante

| Tratamento | q (L/h) Fabricante |
|------------|--------------------|
| T1 | 0,601 |
| T2 | 0,655 |
| T3 | 0,705 |
| T4 | 0,750 |

As vazões calculadas com as pressões resultaram no gráfico da Figura 13. Ao comparar os coeficientes da equação do gráfico da Figura 12, verifica-se que os coeficientes de descarga e de pressão estão muito próximos e que o tubo gotejador manteve as vazões médias encontradas em laboratório. Gil et al. (2002) obtiveram expoente $m = 0,52$ para tubo gotejador novo, com vazão nominal de 2 L h^{-1} . Safi et al. (2007), em pesquisa realizada com subirrigação, obtiveram o valor de $m = 0,53$ para tubo gotejador novo e após 3 anos de uso $m = 0,59$; Rodriguez-Sinobas et al. (2008) obtiveram o valor de $m = 0,453$, utilizando emissor com capacidade de 2 L h^{-1} , aplicando pressão de entrada de $101,9 \text{ kPa}$, o que resultou numa vazão de $2,27 \text{ L h}^{-1}$. Segundo a Norma ABNT NBR ISO 9261 (2006), o expoente de emissor “m” próximo de 0 (zero) indica que a vazão não varia com a pressão e, ao compará-lo com outros experimentos, mantém as características de vazão conforme projetado, apesar das baixas pressões aplicadas, o que é indicativo de boa qualidade.

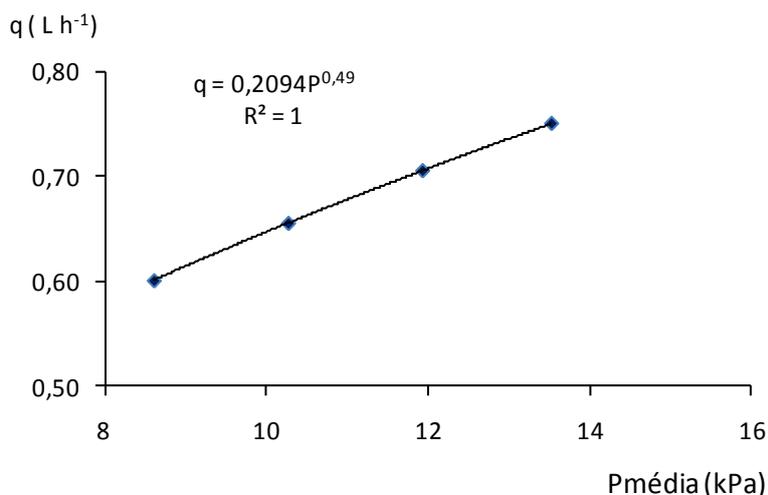


Figura 13 Curva potencial resultante da aplicação dos coeficientes “k” e “m” do fabricante Netafim na equação da vazão em função da pressão média do ensaio

Com os dados de pressão, de entrada (Pinício), de pressão média (Pmédia) e no final do sistema (Pfim), da Tabela 11, calculou-se a diferença de pressão (Δp) em kPa e em porcentagem. Verificou-se que a diferença de pressão diminui, quanto maior é a pressão aplicada.

Tabela 11 diferença de pressões (Δp) entre Pinício e Pfim num sistema de irrigação por gotejamento

| Tratamento | Pinício (kPa) | P fim (kPa) | P média (kPa) | Δp (kPa) | Δp (%) |
|------------|---------------|-------------|---------------|------------------|----------------|
| T1 | 11,5 | 5,7 | 8,6 | 5,8 | 50,3 |
| T2 | 13,4 | 7,1 | 10,3 | 6,3 | 46,9 |
| T3 | 15,3 | 8,5 | 11,9 | 6,8 | 44,5 |
| T4 | 17,3 | 9,8 | 13,5 | 7,5 | 43,4 |

O gráfico da Figura 14 mostra que a menor variação ocorre para o tratamento com maior carga hidráulica e favorece o emprego da carga hidráulica de 18 kPa para este caso.

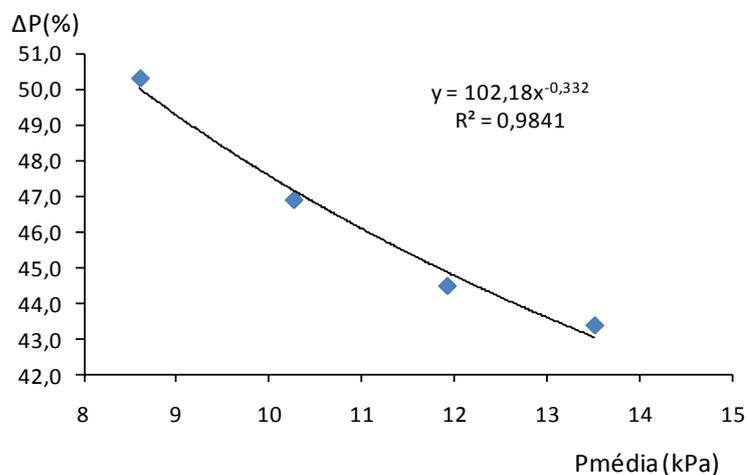


Figura 14 Variação da pressão nos 4 tratamentos

Na Tabela 12 mostra-se que a diferença entre as vazões obtidas nos ensaios e as calculadas, com o emprego dos coeficientes fornecidos pelo fabricante, foi no máximo de 3,0%. Para ensaio em laboratório, a norma ABNT NBR ISO 9261 (2006) determina que a variação da vazão não deve divergir em $\pm 7\%$ de sua vazão original, neste caso a variação média registrada na Tabela 12 está entre -2,5% e -3,0%. Assim, o kit comercializado pelo fabricante atende no campo ao que foi obtido em laboratório.

Tabela 12 vazões do ensaio e do fabricante e diferença percentual entre elas

| Tratamento | q (L/h) ensaio | q (L/h) Fabricante | Δq (%) |
|------------|----------------|--------------------|----------------|
| T1 | 0,585 | 0,601 | - 2,6 |
| T2 | 0,636 | 0,655 | - 3,0 |
| T3 | 0,687 | 0,705 | - 2,5 |
| T4 | 0,728 | 0,750 | - 2,9 |

Na Tabela 13 verifica-se que o CV das pressões de entrada foi muito pequeno, variou de 0,52% a 0,84%, nos tratamentos T1, T3 e T4 a diferença é mínima, em T2 foi maior, o que é um indicativo do aumento da vazão mostrado na análise estatística.

Tabela 13 Coeficiente de variação (CV) das pressões de entrada e no final da quinta linha lateral

| Tratamento | Pinício (kPa) | Desvio Padrão | CV (%) | Pm (kPa) | Desvio Padrão | CV (%) |
|------------|---------------|---------------|--------|----------|---------------|--------|
| T1 | 11,5 | 0,062 | 0,54 | 8,6 | 0,282 | 3,28 |
| T2 | 13,4 | 0,113 | 0,84 | 10,3 | 0,321 | 3,13 |
| T3 | 15,3 | 0,079 | 0,52 | 11,9 | 0,323 | 2,71 |
| T4 | 17,3 | 0,093 | 0,54 | 13,5 | 0,505 | 3,73 |

4.1.3 Uniformidade de Distribuição da irrigação

Para cada ensaio calculou-se o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), os resultados constam na Tabela A9, do Apêndice A4. A análise estatística da Tabela 14 mostra que o CUD variou de 86,13 a 94,82%; no tratamento T3 ocorreram os menores valores para o desvio padrão (σ), coeficiente de variação (CV) e amplitude (R), indicando preliminarmente um melhor desempenho ao longo do tempo; os dados de CUD dos 4 tratamentos apresentam normalidade.

Tabela 14 Análise estatística dos dados do Coeficiente de Uniformidade (CUD)

| Trato. | n | Média | σ | CV | Min. | Mediana | Max. | R | Sim. | Pvalor |
|--------|----|-------|----------|------|-------|---------|-------|------|-------|--------|
| T1 | 25 | 88,96 | 1,130 | 1,27 | 86,13 | 88,92 | 91,34 | 5,22 | -0,60 | 0,127 |
| T2 | 25 | 90,34 | 1,209 | 1,34 | 87,74 | 90,42 | 92,80 | 5,05 | -0,38 | 0,087 |
| T3 | 24 | 91,54 | 0,913 | 1,00 | 90,13 | 91,45 | 94,06 | 3,93 | 0,71 | 0,271 |
| T4 | 25 | 92,14 | 1,065 | 1,16 | 90,08 | 92,254 | 94,82 | 4,74 | 0,29 | 0,733 |

Na Tabela 15 classificaram-se os desempenhos de uniformidade segundo Bralts (1986), nos tratamentos T3 e T4 manteve-se como excelente.

Tabela 15 Classificação dos Coeficientes nos ensaios

| Tratamento | CUD | | Classificação BRALTS (1986) |
|------------|--------|--------|-----------------------------|
| | Mínimo | Máximo | |
| T1 | 86,126 | 91,34 | Bom – Excelente |
| T2 | 87,743 | 92,80 | Bom – Excelente |
| T3 | 90,127 | 94,06 | Excelente |
| T4 | 90,083 | 94,82 | Excelente |

o gráfico da Figura 15 mostra a variação do CUD ao longo do tempo para cada tratamento. É possível, porém de difícil visualização, que os tratamentos, com maior pressão, mantiveram-se em níveis de maior uniformidade. O objetivo em mostrar este tipo de gráfico é para justificar, que as cartas de controle, favorecem a interpretação dos dados, conforme será mostrado no próximo item.

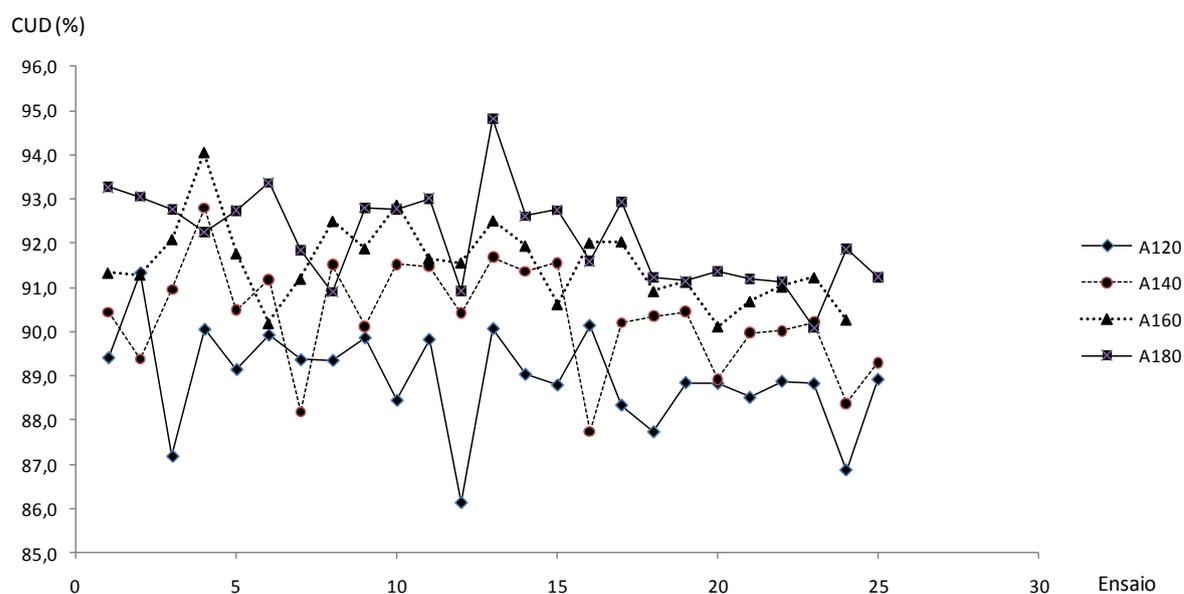


Figura 15 Coeficientes de Uniformidade (CUD) ao longo do tempo em 25 ensaios e 4 tratamentos

Os diagramas de caixa da Figura 16 mostram como evoluiu o CUD em cada tratamento – notar que o tratamento T3 apresenta menor variabilidade e que seus dados se mantiveram dentro da amplitude de T4, da mesma forma todos os tratamentos se sobrepõem, demonstrando haver proximidade dos resultados obtidos.

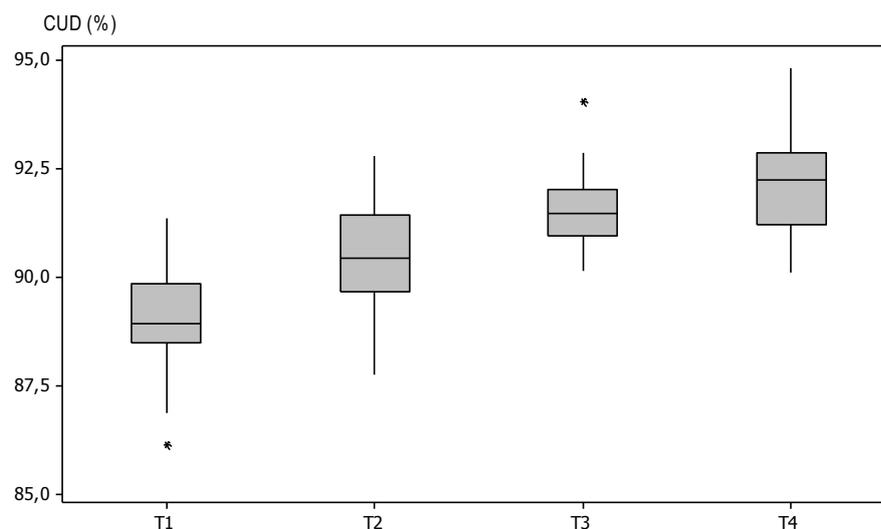


Figura 16 Distribuição da Uniformidade (CUD) em cada tratamento para a irrigação

Souza et al. (2009), avaliando sistemas de gotejamento por gravidade com microtubos, confeccionados artesanalmente, obtiveram valor médio do (CUD) de 87%; Nascimento et al. (2009), ao testar tubo gotejador a baixa pressão (24,52 kPa) por gravidade, obtiveram vazão média de 0,43 L h⁻¹ no início da linha lateral, o que resultou num CV de 0,0259 e ao longo de 90 dias o CUD variou de 99,0 a 90,2%, mostrando que os kits de irrigação por gravidade mantêm uniformidade elevada ao longo do tempo. Stuart et al. (2008) avaliaram 1101 emissores de um único sistema, nas condições de pressão de 80,87 kPa, vazão média do emissor de 1,9 L h⁻¹ obtendo CUD de 94,5%

Ao submeter os coeficientes de uniformidade à análise de variância, a 5% de significância, pelo teste de Tukey, verifica-se que os tratamentos diferem entre si. T1 possui diferença significativa dos demais; T2 difere dos tratamentos T3 e T4; T3 e T4 não possuem diferença significativa, conforme mostra a Tabela 16. Assim, mostra que os tratamentos T3 e T4 tiveram melhor desempenho.

Tabela 16 análise de variância do coeficiente de uniformidade (CUD) para os 4 tratamentos com irrigação

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------|---------------------|
| T1 | 88,96 | a |
| T2 | 90,39 | b |
| T3 | 91,54 | c |
| T4 | 92,18 | c |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey

4.1.4 Gráficos de controle aplicados a irrigação em função do CUD

Para a elaboração das cartas de controle, utilizaram-se os coeficientes de

uniformidade de distribuição de água (CUD), dos 25 ensaios dos 4 tratamentos. No cálculo dos limites de controle, empregaram-se as equações 12 a 14.

Exemplo de cálculo dos limites de controle, para o tratamento T1:

$$MR = 1,380$$

$$n = 2:$$

$$d_2 = 1,128$$

$$\hat{\sigma} = 1,22$$

$$LSC = 88,96 + (3 \cdot 1,22) \quad (\text{eq. 12})$$

$$LSC = 92,63$$

$$LIC = 88,96 - (3 \cdot 1,22) \quad (\text{eq. 13})$$

$$LIC = 85,29$$

Na Figura 17 mostram-se os gráficos das cartas de controle de cada tratamento. Os limites de controle da especificação (LCE) estiveram entre 85% para o limite inferior (LICE) e 95% para o limite superior (LSCE), oriundos da Norma ASAE EP405.1 (2008), destinado aos sistemas de irrigação por gotejamento com emissores embutidos na linha. Os 4 tratamentos estão próximos ao limite superior, se distanciam dos dois limites LCE nos tratamentos onde a carga hidráulica é maior, todos estão próximos da média, a variabilidade em quase todos os ensaios se manteve dentro do controle esperado e, a partir do 17º ensaio, a uniformidade diminuiu o que indica problemas com entupimento ao longo do tempo.

No tratamento T1 o ponto que corresponde ao 25º ensaio identificado pelo número 2, indica que ocorreu uma sequência de 9 pontos abaixo da média, porém muito próximos da média; no tratamento T2 nenhum ponto está fora de controle; em T3 somente o ponto do 4º ensaio saiu do controle, porém, ao verificar a distância entre limites é aproximadamente de 4%, enquanto que os outros tratamentos esta diferença é de aproximadamente de 7%, ou seja, que houve a menor variabilidade na uniformidade; em T4 além de ocorrer um ponto de controle no 13º ensaio. A partir do 18º ensaio a uniformidade se distanciou da média mais de um desvio padrão e numa sequência contínua de mais de 4 ensaios.

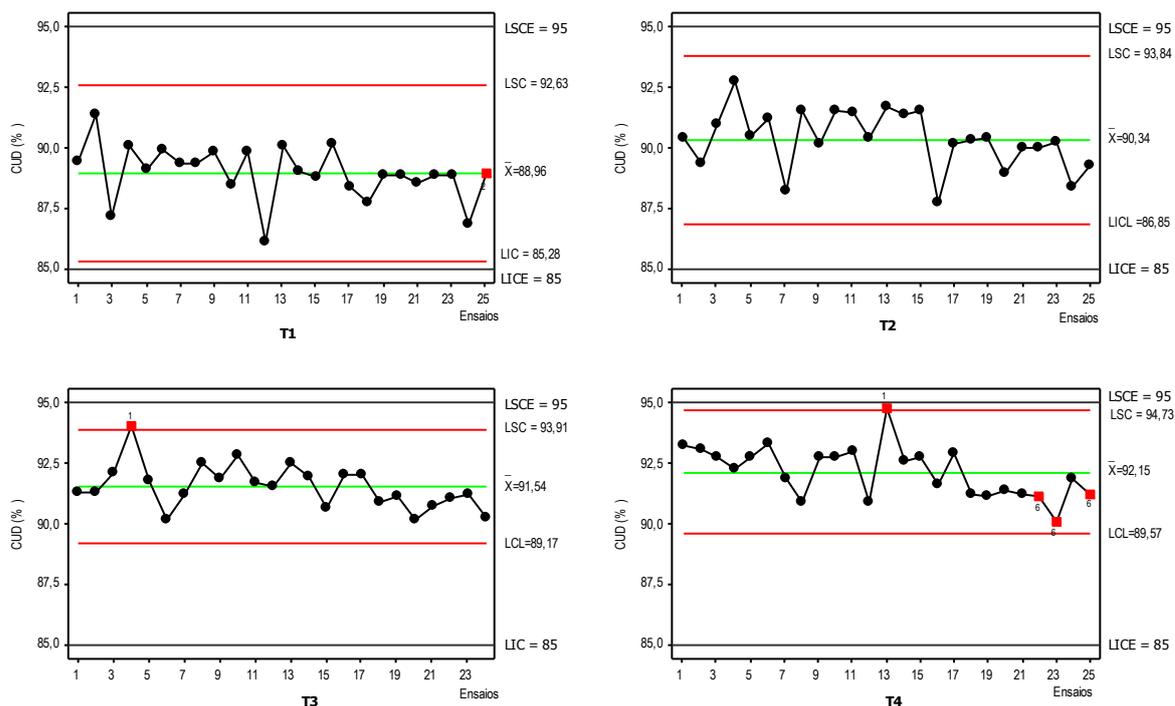


Figura 17 Gráficos de controle \bar{X} para o CUD em função de 4 cargas hidráulicas

4.1.5 Cálculo de razão de capacidade do processo (C_p) aplicada ao CUD

O que se espera é que o sistema de irrigação atenda a uniformidade (CUD) média de 90%. Por este motivo, estabeleceu-se que o processo de irrigação possua o limite superior de controle (LSCE) igual a 95% e o limite inferior de controle da especificação igual a 85%.

$$C_p = (LSCE - LICE) (6 \sigma)^{-1}$$

$$C_{p_{T1}} = (95-85) (6 \cdot 1,22)^{-1}$$

$$C_{p_{T1}} = 1,36$$

Ao analisar os dados de capacidade de processo (C_p) da Tabela 17, observa-se que em todos os tratamentos os processos são capazes, pois o valor ideal segundo Montgomery (2004) deveria ser maior que 1,33 para processos em uso, mas para processos onde os materiais são novos, como neste caso, C_p deveria ser maior que 1,50, assim, somente T3 e T4 atendem a este último requisito. T3 demonstrou ser mais capaz que todos os sistemas, e recomenda-se este para utilizar na irrigação por gravidade para o kit para agricultura familiar ensaiado. Justi et al. (2010) obteve índice C_p entre 2,26 e 3,00, quando o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) esteve entre 72,25% e 89,45%, o que mostra que os sistemas de irrigação podem ser controlados, eficazmente, empregando-se a metodologia de Controle Estatístico de Processos.

Tabela 17 Limites de controle e capacidade de processo do CUD dos 4 tratamentos

| Tratamento | MR | $\hat{\sigma} = MR/d2$ | \bar{X} | LSC | LIC | Cp |
|------------|------|------------------------|-----------|-------|-------|------|
| T1 | 1,38 | 1,22 | 88,96 | 92,63 | 85,29 | 1,36 |
| T2 | 1,31 | 1,17 | 90,34 | 93,84 | 86,85 | 1,43 |
| T3 | 0,89 | 0,79 | 91,54 | 93,91 | 89,17 | 2,11 |
| T4 | 0,97 | 0,86 | 92,15 | 94,73 | 89,57 | 1,94 |

Na Figura 18 são apresentados os histogramas com curva normal dos 4 tratamentos. Dentro deles, os valores da razão de capacidade de processo (Cp) e a sua centralidade, quando estabelecidos os limites de controle de especificação entre os valores de uniformidade 85 e 95%. Observa-se que todos possuem valores aceitáveis de Cp, porém nem todos mantêm sua centralidade, ou seja, somente os tratamentos T2 e T3 mantiveram-se dentro dos limites de controle da especificação. Destes 2 tratamentos, T3 mostra que se manteve numa amplitude menor de frequências dentro da especificação.

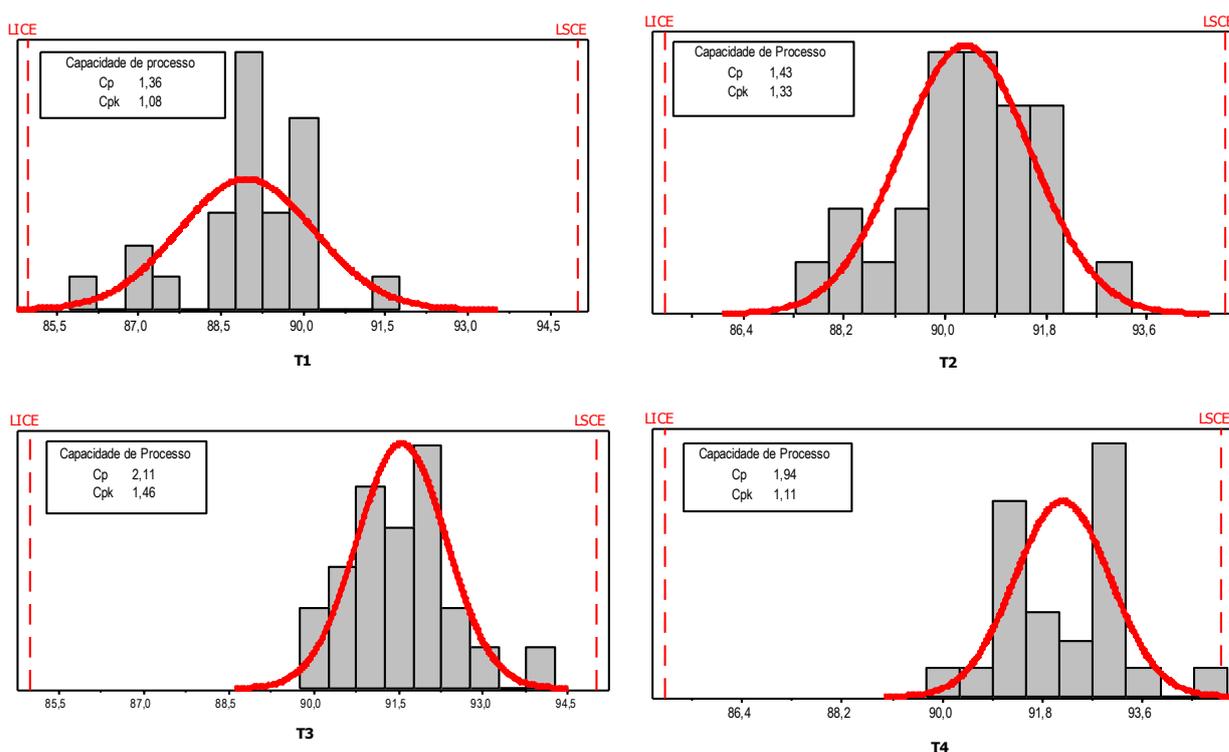


Figura 18 Análise da capacidade e centralidade do processo do CUD resultante da aplicação de 4 cargas hidráulicas num sistema de irrigação por gotejamento

4.1.6 Análise multivariada da uniformidade pelo CUD para o ensaio da irrigação

Com o objetivo de verificar a relação entre o CUD e Cp, realizou-se análise multivariada. Assim confeccionou-se a Tabela 18, estes dados plotaram-se no gráfico da Figura 19 e obteve-se o coeficiente de determinação R^2 igual a 77,3% e resultou na equação:

$$\text{CUD} = 85,05 + 3,33 \text{ Cp},$$

Essa relação explica 77,3% da variação, como se tem mais que uma variável que influencia diretamente na uniformidade, ou seja, a variação de pressão, confeccionou-se nova análise e resultou na equação:

$$\text{CUD} = 79,4 + 1,07 \text{ Cp} + 1,44 \text{ varP}, \text{ com } R^2 = 96,6\%,$$

ou seja, que 19,3% (96,6% – 77,3%) são explicados pela influência da variação de pressão e que a capacidade de processo está intimamente relacionado com a uniformidade de distribuição de água nos sistemas de irrigação por gotejamento.

Tabela 18 Resultados obtidos da Uniformidade (CUD), da capacidade de processo e pressões nos 4 tratamentos

| Tratamento | CUD (%) | CV do CUD (%) | Cp | Pinicio (Kpa) | Pfinal (Kpa) | Pmedio (Kpa) | varP (Kpa) |
|------------|---------|---------------|------|---------------|--------------|--------------|------------|
| T1 | 88,96 | 1,27 | 1,36 | 11,5 | 5,7 | 8,60 | 5,8 |
| T2 | 90,34 | 1,34 | 1,43 | 13,4 | 7,1 | 10,27 | 6,3 |
| T3 | 91,54 | 1,00 | 2,11 | 15,3 | 8,5 | 11,92 | 6,8 |
| T4 | 92,14 | 1,16 | 1,94 | 17,3 | 9,8 | 13,52 | 7,5 |

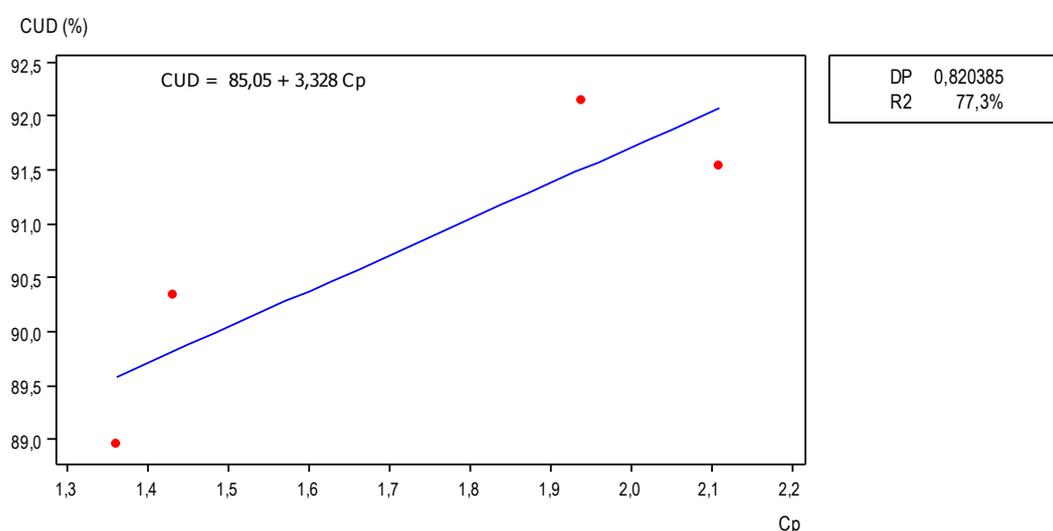


Figura 19 Gráfico da regressão linear entre CUD versus Cp

4.1.7 Gráficos de controle aplicados a irrigação em função do CVt das vazões

Analisou-se, também, estatisticamente, os valores de CVt. Na Tabela A9 do apêndice A4 apresentam-se os resultados, e na Tabela 19, a análise estatística, onde se verifica que as médias dos 4 tratamentos apresentaram uniformidade entre zero e 10%, o que, segundo a classificação apresentada por Pizarro (1996), enquadra-se na categoria “Excelente”. Ao

analisar os valores máximos e mínimos observa-se que apenas no tratamento T1, o CVt ultrapassou 10%, ou seja os outros tratamentos atingiram desempenho “Excelente” em todos os ensaios. Quanto à amplitude dos dados todos os tratamentos, apresentam pequena amplitude, confirmada pelo reduzido coeficiente de variação (CV) e pela proximidade dos valores do desvio padrão de cada tratamento. A simetria esteve próxima da média, apenas T4 distanciou-se mais, e a mais próxima foi T3. Todos os tratamentos apresentaram normalidade dos dados.

Tabela 19 Estatística dos coeficientes de variação (CVt) num sistema de irrigação por gotejamento

| Tratamento | Média | DP | CV | Min. | Mediana | Max. | R | Sim. | Pvalor |
|------------|-------|-------|------|-------|---------|--------|-------|-------|--------|
| T1 | 8,94 | 0,760 | 8,5 | 6,934 | 8,959 | 10,453 | 3,519 | -0,37 | 0,436 |
| T2 | 7,953 | 0,699 | 8,79 | 6,682 | 8,181 | 9,061 | 2,379 | -0,21 | 0,144 |
| T3 | 7,161 | 0,601 | 8,39 | 5,849 | 7,158 | 8,331 | 2,482 | -0,08 | 0,996 |
| T4 | 6,745 | 0,646 | 9,58 | 4,664 | 6,842 | 7,793 | 3,129 | -1,29 | 0,157 |

Ao submeter os coeficientes de uniformidade à análise de variância, a 5% de significância, pelo teste de Tukey, verifica-se que os tratamentos diferem entre si. T1 e T2 não possuem diferença significativa; T3 difere dos tratamentos T2 e T4. Conforme mostra a Tabela 20. Assim, mostra que os tratamentos T1 e T2 tiveram menor variabilidade.

Tabela 20 análise de variância das médias do coeficiente de variação total (CVt) para os 4 tratamentos com irrigação

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------|---------------------|
| T1 | 6,7 | a |
| T2 | 6,9 | a |
| T3 | 8,0 | b |
| T4 | 8,9 | c |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey

4.1.8 Gráficos de controle aplicados a irrigação em função do CVt

De forma semelhante a apresentada no item 6.1.4, calcularam-se as médias das amplitudes (MR) o estimador $\hat{\sigma}$ para o coeficiente de variação total (CVt), os limites de controle e a razão de capacidade de processo (Cp), conforme Tabela 21.

Tabela 21 Limites de controle e razão da capacidade de processo (Cp) em função do coeficiente de variação das vazões (CVt) de um sistema de irrigação por gotejamento

| Tratamento | MR | MR/d2 | X | LSC | LIC | Cp |
|------------|------|-------|------|--------|-------|------|
| T1 | 0,90 | 0,801 | 8,94 | 11,343 | 6,536 | 1,04 |
| T2 | 0,74 | 0,660 | 7,95 | 9,934 | 5,972 | 1,26 |
| T3 | 0,64 | 0,564 | 7,16 | 8,854 | 5,469 | 1,48 |
| T4 | 0,66 | 0,589 | 6,75 | 8,512 | 4,978 | 1,41 |

Nos gráficos de controle da Figura 20 apresentam-se as cartas de controle,

aplicando-se os limites de controles da Tabela 21. Pela classificação apresentada no item anterior, poderiam utilizar-se os limites entre zero e 10%, mas para melhor entendimento e visualização dos processos, definiram-se os limites de controle da especificação, o superior LSCE = 10% e o inferior LICE = 5%. Apenas no tratamento T1, em 3 ensaios, a uniformidade fugiu dos limites de especificação, mas em nenhum momento saíram do controle ou ultrapassaram os limites de controle do processo. Nos demais tratamentos os limites de controle estiveram dentro dos limites de especificação, em T2 houve mais de 4 ensaios que ultrapassaram o valor de um desvio padrão, posicionados abaixo da linha do valor médio de CVt, e em T8 o ensaio número 13 teve uniformidade maior a dos outros fugindo do controle.

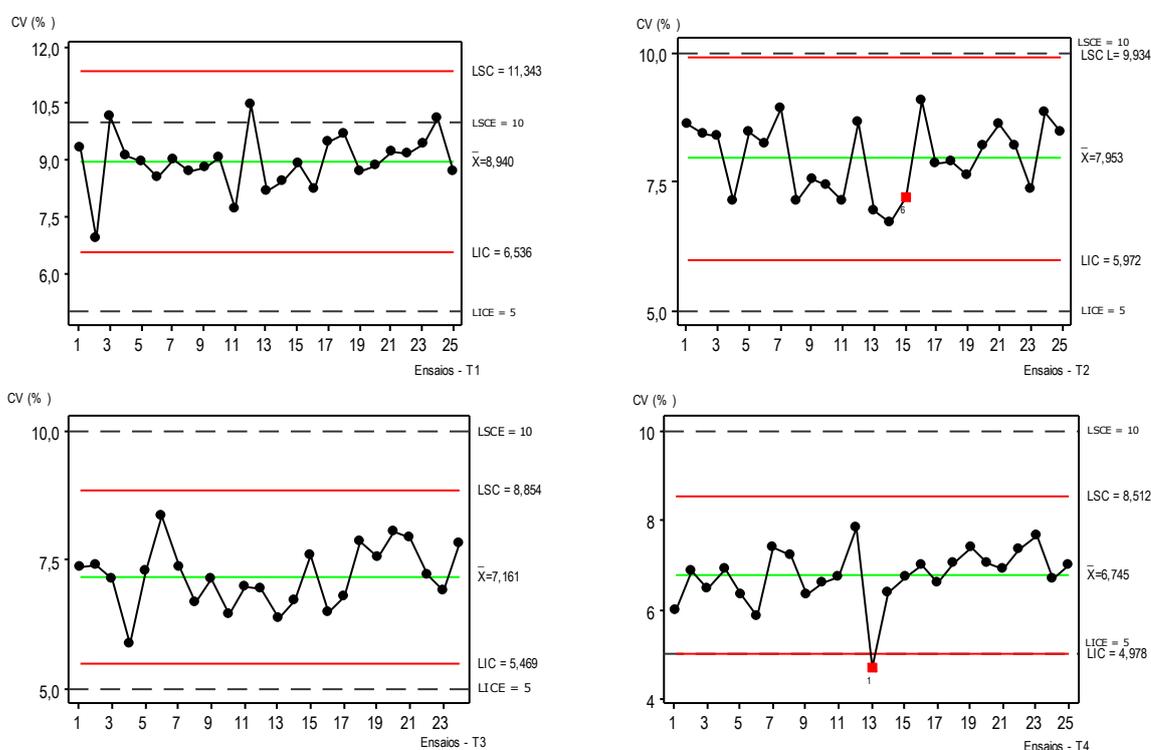


Figura 20 Gráficos de controle da uniformidade da irrigação pelo CVt em função de 4 cargas

Os gráficos da Figura 21 referem-se aos histogramas com curva normal para avaliar a capacidade de processo (C_p) e a sua centralidade (C_{pk}). Verifica-se que somente os tratamentos T3 e T4 superaram valor de referência de 1,33, o que indica que as cargas hidráulicas aplicadas conseguem manter o processo sob controle, do ponto de vista da uniformidade. Ao observar a centralidade do processo, apenas o tratamento T3 se manteve mais centrado, não fugindo da especificação estabelecida (5 a 10%) e, assim, o valor de $C_{pk} = 1,28$ está próximo de $C_p = 1,48$, segundo Montgomery (2004), quanto mais próximo C_p de C_{pk} mais centrado está o processo.

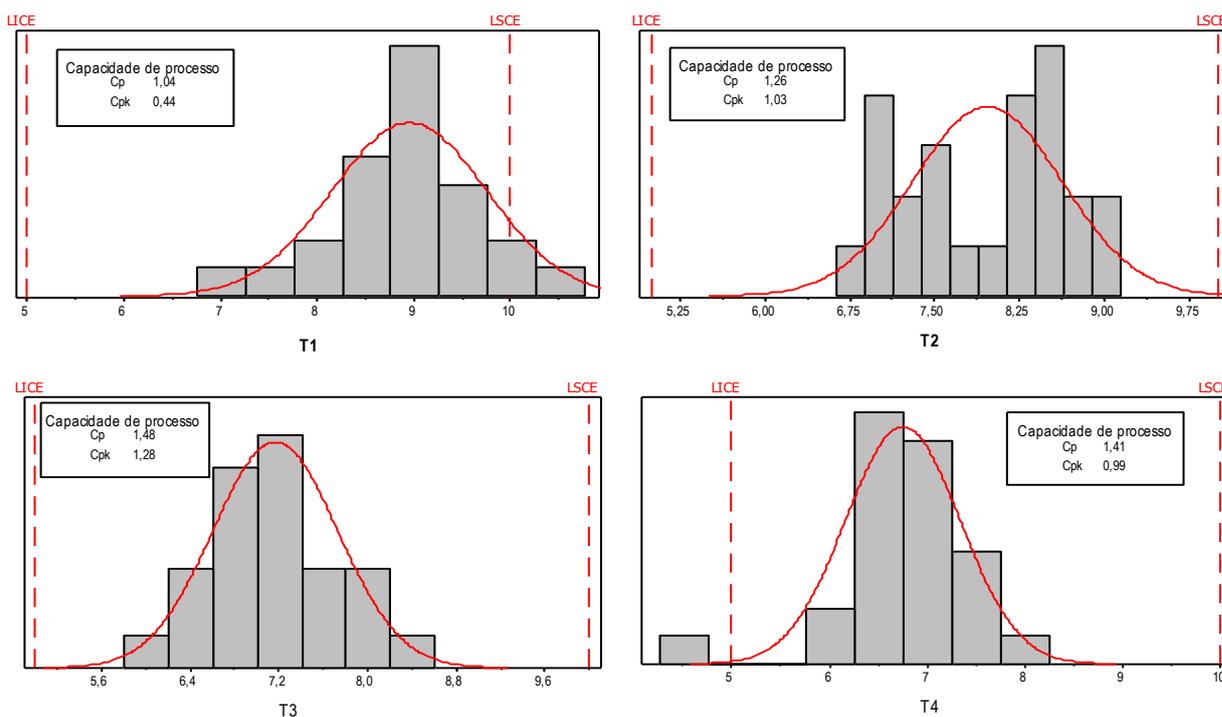


Figura 21 Histogramas da Capacidade de processo (Cp) e sua centralidade (Cpk) na irrigação submetida a 4 cargas hidráulicas

4.1.9 Análise da regressão múltipla para a uniformidade de distribuição de água utilizando CVt

Para esta análise elaborou-se a Tabela 22, buscando-se a relação entre as variáveis, responsáveis pela uniformidade de distribuição de água no sistema de irrigação, relacionar referente aos valores médios de CVt, Cp e das pressões mensuradas.

Tabela 22 Valores médios de CVt, pressões, da capacidade de processo nos 4 tratamentos

| Treatamento | CVt (%) | CV (%) | Pinicio (Kpa) | Pfinal (Kpa) | Pmedia (Kpa) | varP (Kpa) | Cp |
|-------------|---------|--------|---------------|--------------|--------------|------------|------|
| T1 | 8,94 | 8,5 | 11,5 | 5,7 | 8,60 | 5,8 | 1,04 |
| T2 | 7,95 | 8,79 | 13,4 | 7,1 | 10,27 | 6,3 | 1,26 |
| T3 | 7,16 | 8,39 | 15,3 | 8,5 | 11,92 | 6,8 | 1,48 |
| T4 | 6,75 | 9,58 | 17,3 | 9,8 | 13,52 | 7,5 | 1,41 |

Ao plotar estes dados num gráfico de regressão linear entre CVt e Cp (ver Figura 22) resultou a equação:

$$CVt = 13,8 - 4,70 Cp$$

$$R^2 = 89,7\%$$

O coeficiente de determinação (R^2) indica que há forte correlação entre CVt e Cp, maior que a obtida quando correlacionou-se CUD com Cp.

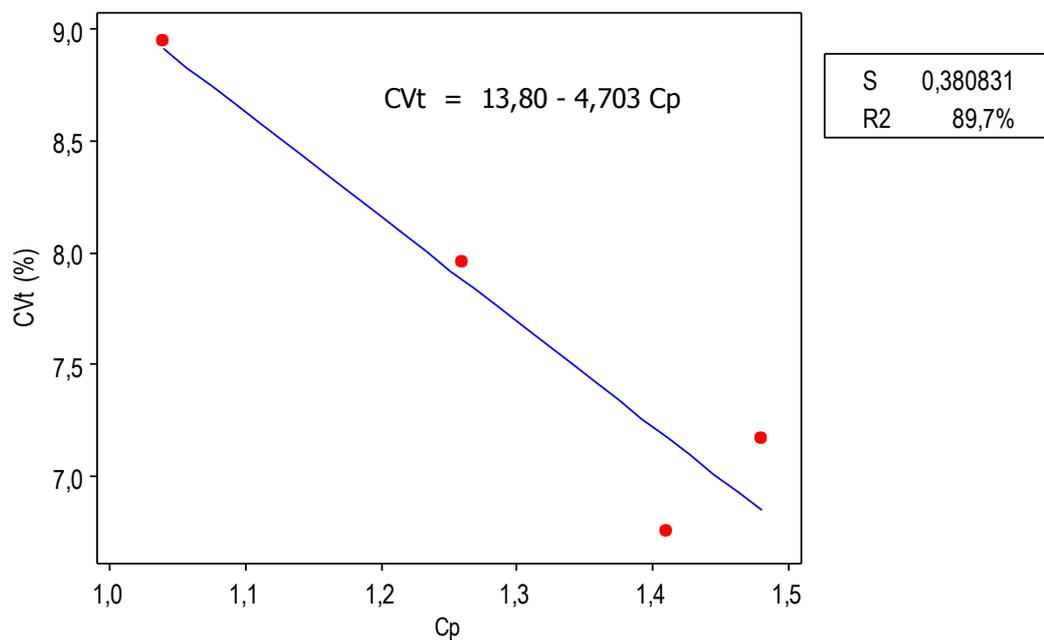


Figura 22 Regressão linear entre CVt versus Cp

Ao efetuar a análise multivariada relacionando CVt, Cp e Pmedia obteve-se a equação:

$$CVt = 13,3 - 1,67 Cp - 0,314 Pm$$

$$R^2 = 99,8\%$$

O que indica a forte correlação entre as variáveis e que se pode utilizar esta equação no dimensionamento e ajuste dos sistemas de irrigação por gotejamento por gravidade para a marca e modelo ensaiado.

4.2 Desempenho da Fertirrigação

4.2.1 Estatística descritiva da fertirrigação

A análise estatística das vazões coletadas nos 4 tratamentos consta da Tabela 13 a Tabela A16 do apêndice A2, referente a 27 ensaios. A identificação da amostragem é semelhante aos ensaios com água, o que as diferencia é a quantidade de ensaios, que é maior para a fertirrigação. As médias, para a amostragem $n = 1080$, foram de 0,617 a 0,759 $L h^{-1}$, para as linhas laterais variou de 0,663 a 0,768 $L h^{-1}$ e para os emissores de 0,558 a 0,841 $L h^{-1}$; nos diagramas de caixa da Figura 23, observa-se semelhança no tamanho das caixas, mostrando similitude na variabilidade também, os pontos discrepantes ocorrem a partir do tratamento T6. O desvio padrão nas amostragens $n = 1080$ e para as linhas laterais de todos os tratamentos foi semelhante. Nos emissores foi menor, mostrando menor variabilidade das vazões.

O CV das vazões dos 4 tratamentos também é muito próximo (ver da Tabela 13 a Tabela A16 do apêndice A2), porém, segundo a Norma ABNT NBR ISO 9261 (2006), o CV não deve exceder 7%, isto significa que na amostragem $n = 1080$, apenas os tratamentos, T7 e T8 atendem a esta exigência, pela amostragem das linhas laterais apenas em T8 e pela amostragem dos emissores todos atendem, bem como o $CV < 0,005$ está de acordo com a especificação dada pelo fabricante, o que é um resultado favorável para o uso destes materiais na fertirrigação por gravidade.

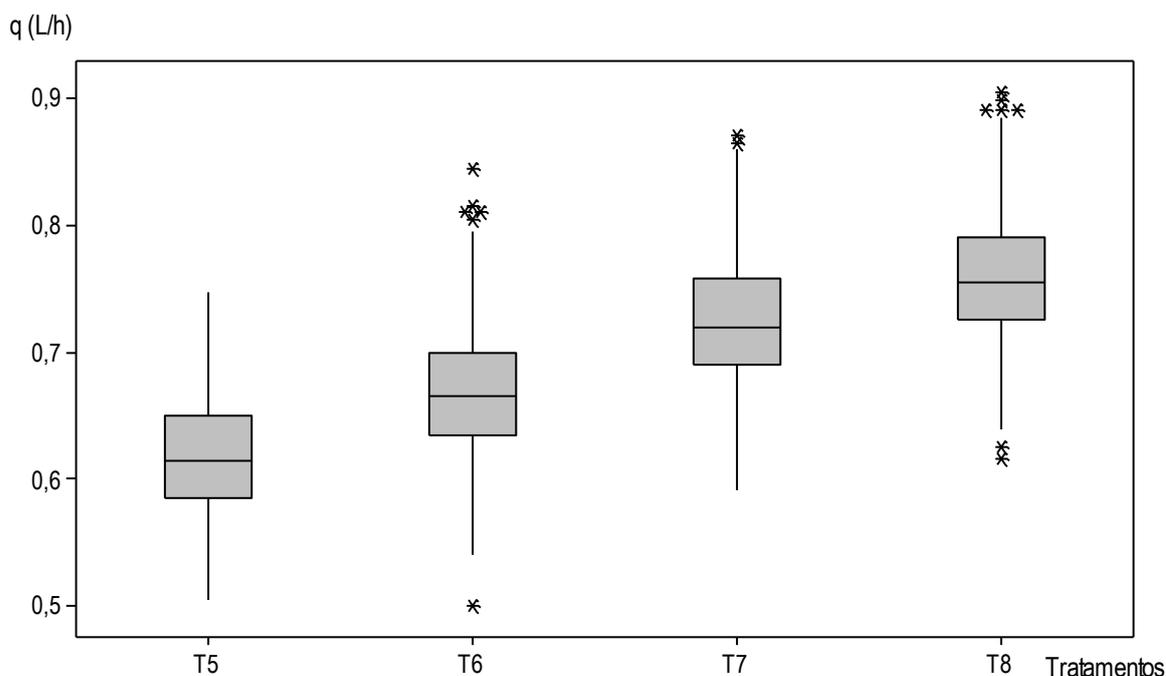


Figura 23 Comparação das vazões na fertirrigação submetida a 4 cargas hidráulicas, $n = 1080$

Os dados apresentaram normalidade quando as vazões foram tratadas por linhas laterais e por emissores, na sua totalidade, não. Nos histogramas da Figura 24 observa-se que nos tratamentos T7 e T8 ocorreu um aumento da frequência das menores vazões, diminuindo com isto o número de frequências de forma geral, próximo a 120, demonstrando melhor distribuição da água. Nos outros tratamentos atingiu o nível de frequência próximo de 150; outro aspecto que se percebe é o deslocamento dos blocos para a direita no sentido do aumento da vazão em função do aumento da pressão.

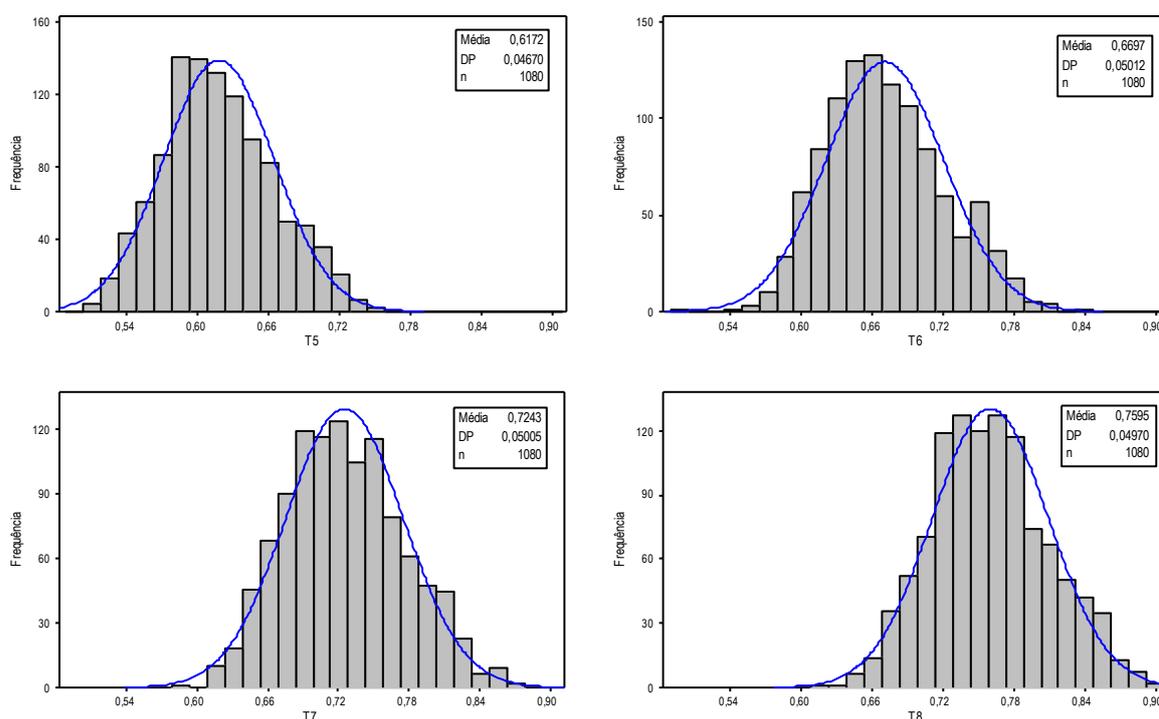


Figura 24 Distribuição das vazões em cada tratamento para amostragem $n = 1080$

Na Figura 25, os pontos discrepantes surgem em T5, a terceira linha lateral não apresenta pontos discrepantes.

Nos diagramas de caixa da Figura 24 e da Figura 25 há pontos discrepantes. No tratamento T5 as vazões variaram entre 0,505 e 0,747 L h⁻¹. Em T6 há pontos discrepantes, a vazão mínima foi de 0,500 L h⁻¹ e a máxima de 0,845 L h⁻¹. Em T7 ocorreram poucos pontos discrepantes, a amplitude das vazões esteve entre 0,591 e 0,870 L h⁻¹. No tratamento T8 foi onde ocorreu o maior número de pontos discrepantes, as vazões variaram entre 0,616 e 0,905 L h⁻¹.

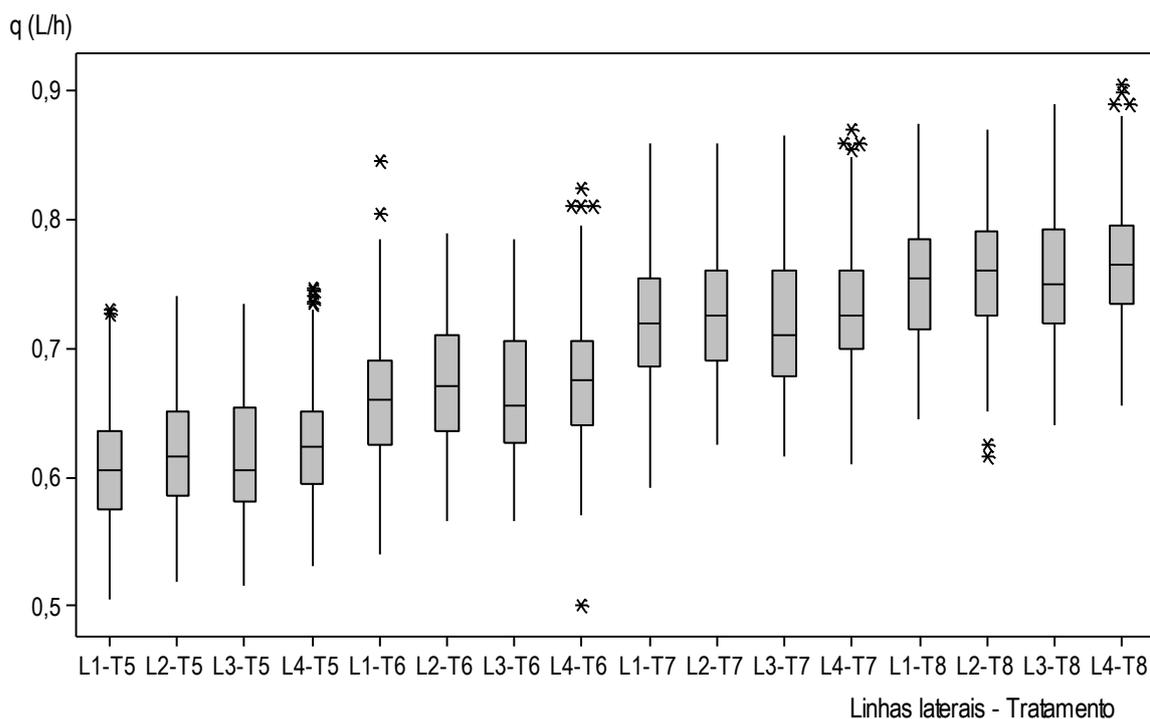


Figura 25 Distribuição das vazões na fertirrigação nas linhas laterais

Na Figura 26, referente as vazões por emissores, ocorreram pontos discrepantes em quase todos os emissores, exceto no 2 emissor de T5 e de T7.

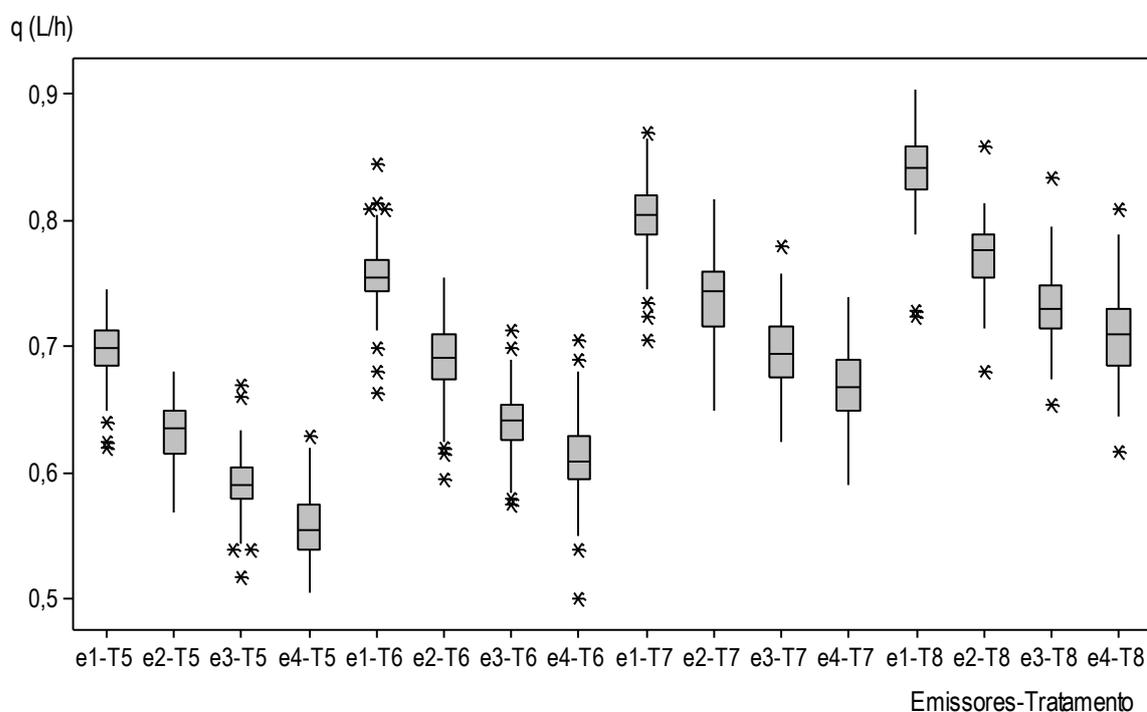


Figura 26 Distribuição das vazões na fertirrigação nos emissores em função da posição na linha lateral e pressão

Nos histogramas da Figura 27, referente a distribuição das vazões nos primeiros

emissores de cada linha lateral, observa-se que no tratamento T8 ocorreu um número menor de vazões, em T7 o maior número de classes de vazões, em T6 o menor número, porém não apresentou normalidade.

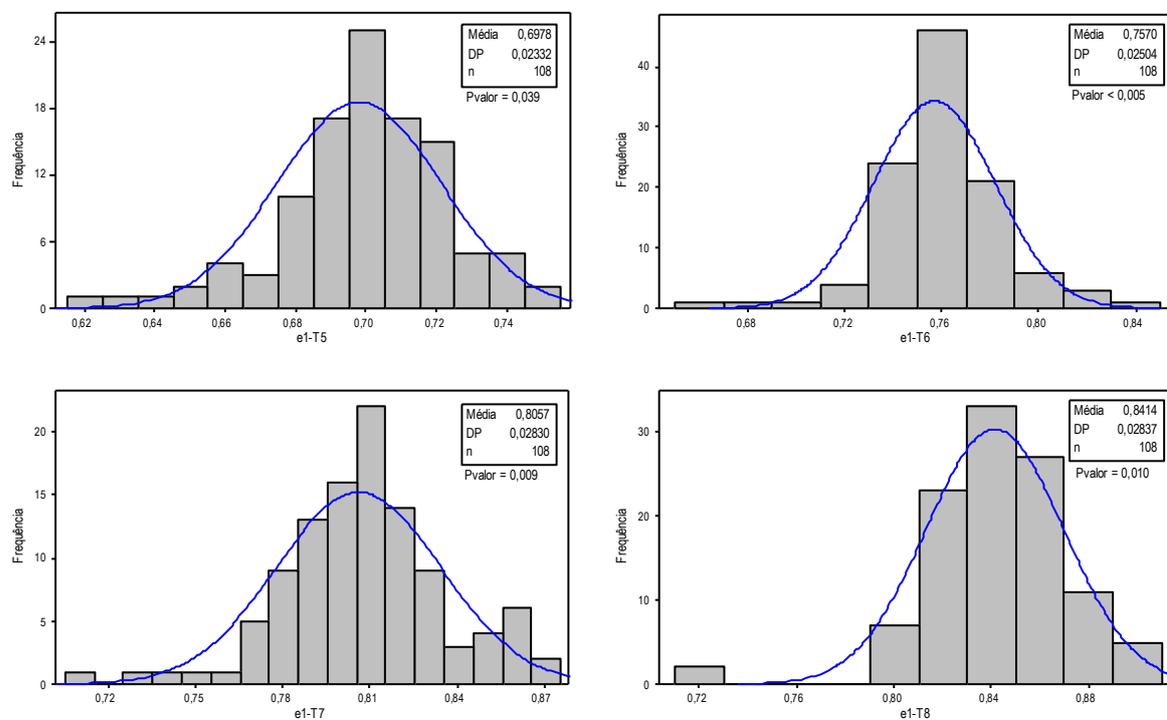


Figura 27 Histogramas com curva normal das amostras de vazões na fertirrigação nos primeiros emissores de cada tratamento

4.2.2 Avaliação da relação vazão versus pressão na fertirrigação

Os resultados das médias das vazões com as respectivas pressões de entrada e final, por tratamento, sintetizaram-se na Tabela 23.

Tabela 23 Médias totais das vazões (q) e pressões (P) obtidas em função de 4 cargas (H) e da perda de carga (Δp) entre a segunda e a quinta linha lateral num sistema de fertirrigação por gotejamento

| H (kPa) | q (L/h) | Pm (kPa) | Pinício (kPa) | P fim (kPa) | Δp (kPa) | Δp (%) |
|---------|---------|----------|---------------|-------------|------------------|----------------|
| T5 | 0,617 | 9,50 | 11,51 | 7,50 | 4,0 | 34,8 |
| T6 | 0,670 | 11,15 | 13,36 | 8,94 | 4,4 | 33,1 |
| T7 | 0,724 | 12,92 | 15,32 | 10,53 | 4,8 | 31,3 |
| T8 | 0,759 | 16,36 | 19,17 | 13,56 | 5,6 | 29,3 |

Com os dados das vazões dos primeiros emissores das linhas laterais amostradas e com os dados de pressão de entrada, elaborou-se o gráfico da Figura 28, resultando na equação potencial:

$q = 0,1632 P^{0,54}$ e coeficiente de determinação (R^2) = 0,9912,

o coeficiente K = 01632, é menor que o do fabricante e indica que houve redução na seção

de saída do emissor, o expoente $m = 0,54$, é maior ao da especificação.

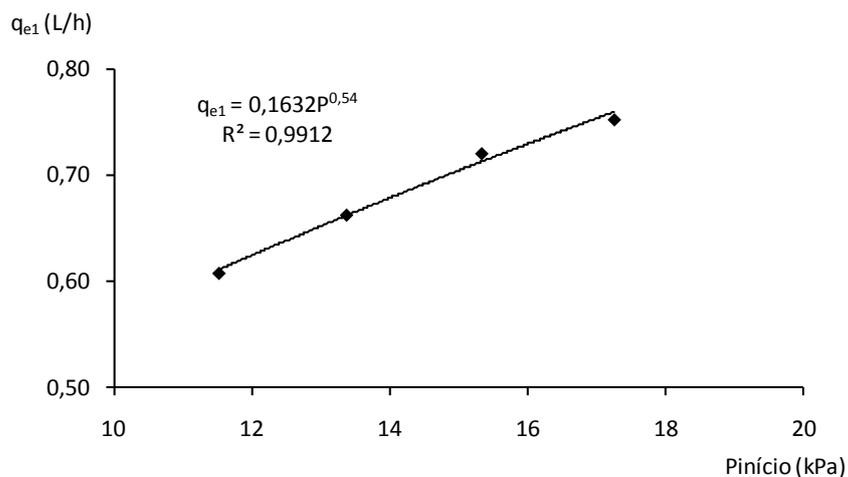


Figura 28 Curva potencial da vazão dos primeiros emissores (e1) em função da pressão de entrada

A partir dos dados da variação da pressão (Δp), da Tabela 23, elaborou-se o gráfico da Figura 29. Observa-se que a variação da pressão diminui nos tratamentos com maior carga hidráulica.

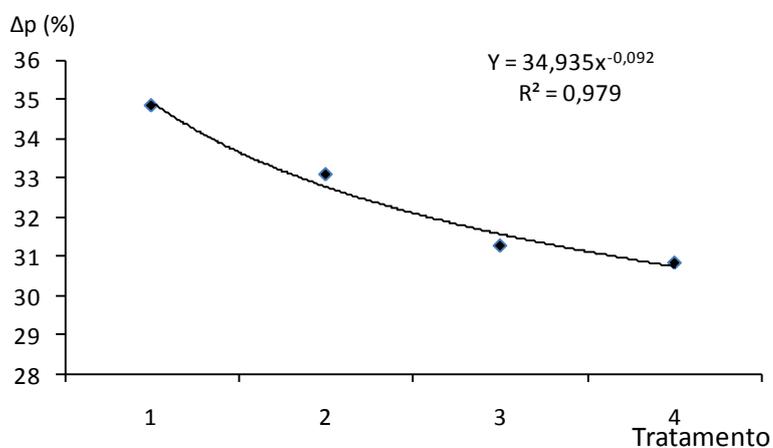


Figura 29 Variação da pressão nos 4 tratamentos com fertirrigação

Plotando os valores médios da vazão (q) e da pressão média ($P_{média}$), ver Tabela 23, obteve-se a curva potencial da Figura 30, e a equação:

$$q = 0,2644 P^{0,3832}, \quad \text{e coeficiente de determinação } (R^2) = 0,9501,$$

o coeficiente “k” resultou próximo ao da especificação, indicando que, juntos, os emissores, apresentam o comportamento esperado; e o expoente “m” = 0,3832 melhorou sua estabilidade em manter a vazão mais próxima ao da especificação conforme a Norma ABNT NBR ISO 9261 (2006).

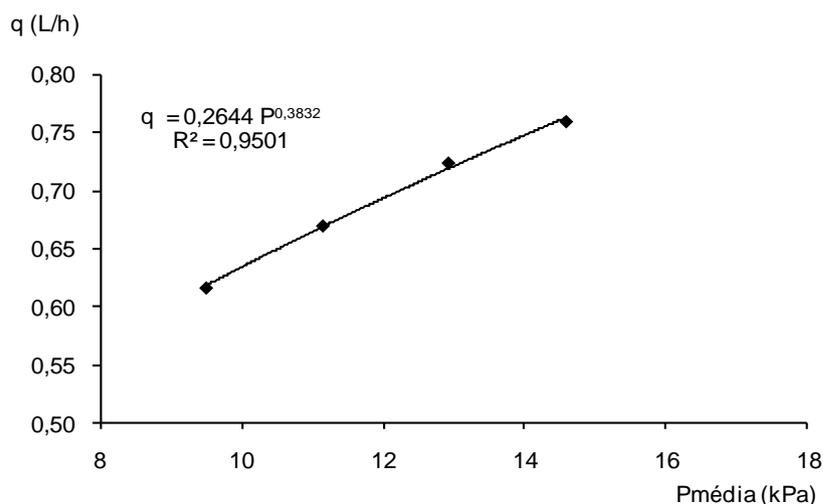


Figura 30 Curva potencial da vazão em função da pressão média

Ao calcular as vazões com os dados de pressão média de cada tratamento, utilizando a equação fornecida pelo fabricante (ver Tabela 24), obteve-se o gráfico da Figura 31 e a equação potencial de acordo com o especificação. A Tabela 24, também, mostra a diferença de vazão, entre a esperada e a obtida nos ensaios. A variação média esteve entre -1,4 e -2,5% da vazão especificada pelo fabricante, permanecendo dentro da faixa de tolerância definida pela ABNT NBR ISO 9261 (2006) $\pm 7\%$ de sua vazão original. A menor variação ocorreu no tratamento T7. O material é apropriado para uso na fertirrigação.

Tabela 24 Vazões do ensaio e do fabricante e diferença percentual entre elas

| Tratamento | Pmédia (kPa) | q (L/h) ensaio | q (L/h) Netafim | Δq (%) |
|------------|--------------|----------------|-----------------|----------------|
| T5 | 9,50 | 0,617 | 0,631 | -2,2 |
| T6 | 11,15 | 0,670 | 0,682 | -1,8 |
| T7 | 12,92 | 0,724 | 0,734 | -1,4 |
| T8 | 14,59 | 0,759 | 0,778 | -2,5 |

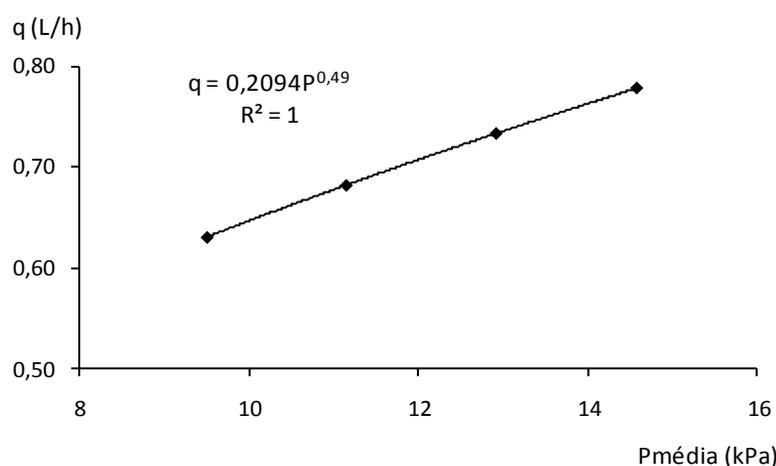


Figura 31 Curva potencial resultante da aplicação dos coeficientes “k” e “m” do fabricante na equação da vazão em função da pressão média do ensaio

4.2.3 Uniformidade de Distribuição na fertirrigação

Os dados de uniformidade, empregando o CUD de cada ensaio em cada tratamento, constam na Tabela A9 do apêndice A4. As medidas estatísticas, expostas na Tabela 25, mostram que os valores das médias variaram de 91,17 a 92,43%. O CV encontrado mostra variabilidade muito reduzida na uniformidade dos 4 tratamentos; todos os tratamentos apresentaram normalidade. Pela análise estatística, este kit demonstrou desempenho satisfatório para fertirrigação.

Tabela 25 Análise estatística dos dados do Coeficiente de Uniformidade (CUD)

| Trato. | n | Média | DP | CV | Min. | Mediana | Max. | R | Sim. | Pvalor |
|--------|----|-------|-------|------|--------|---------|--------|-------|-------|--------|
| T5 | 27 | 91,17 | 1,155 | 1,27 | 88,484 | 91,302 | 92,937 | 4,453 | -0,29 | 0,593 |
| T6 | 27 | 91,43 | 1,219 | 1,33 | 88,773 | 91,296 | 94,291 | 5,517 | 0,29 | 0,560 |
| T7 | 27 | 92,20 | 1,242 | 1,35 | 89,253 | 92,200 | 94,709 | 5,456 | -0,31 | 0,930 |
| T8 | 27 | 92,43 | 1,306 | 1,41 | 89,240 | 92,536 | 94,230 | 4,990 | -0,75 | 0,325 |

Ao considerar os valores mínimos e os máximos, em todos os tratamentos a uniformidade variou de “bom” a “excelente”, o que é satisfatório, considerando que o escoamento da água é por gravidade e empregaram-se cargas hidráulicas muito pequenas (ver Tabela 26).

Tabela 26 Classificação dos Coeficientes de uniformidade (CUD) nos ensaios para fertirrigação

| Tratamento | CUD | | Classificação BRALTS (1986) |
|------------|--------|--------|--------------------------------|
| | Mínimo | Máximo | |
| T5 | 88,484 | 92,937 | Bom – Excelente |
| T6 | 88,773 | 94,291 | Bom – Excelente |
| T7 | 89,253 | 94,709 | Bom – Excelente |
| T8 | 89,240 | 94,230 | Bom – Excelente |

No gráfico da Figura 32 plotaram-se os dados de uniformidade de cada tratamento, onde o desempenho foi muito próximo entre eles, sobrepondo-se as linhas de cada tratamento. Desenhou-se uma linha de referência coincidindo com o valor de 90% e verificou-se que correram apenas 4 ensaios abaixo de 90% no tratamento T5, 2 ensaios em T6, 1 ensaio em T7 e 2 ensaios T8. Todos mostraram a tendência de redução da uniformidade.

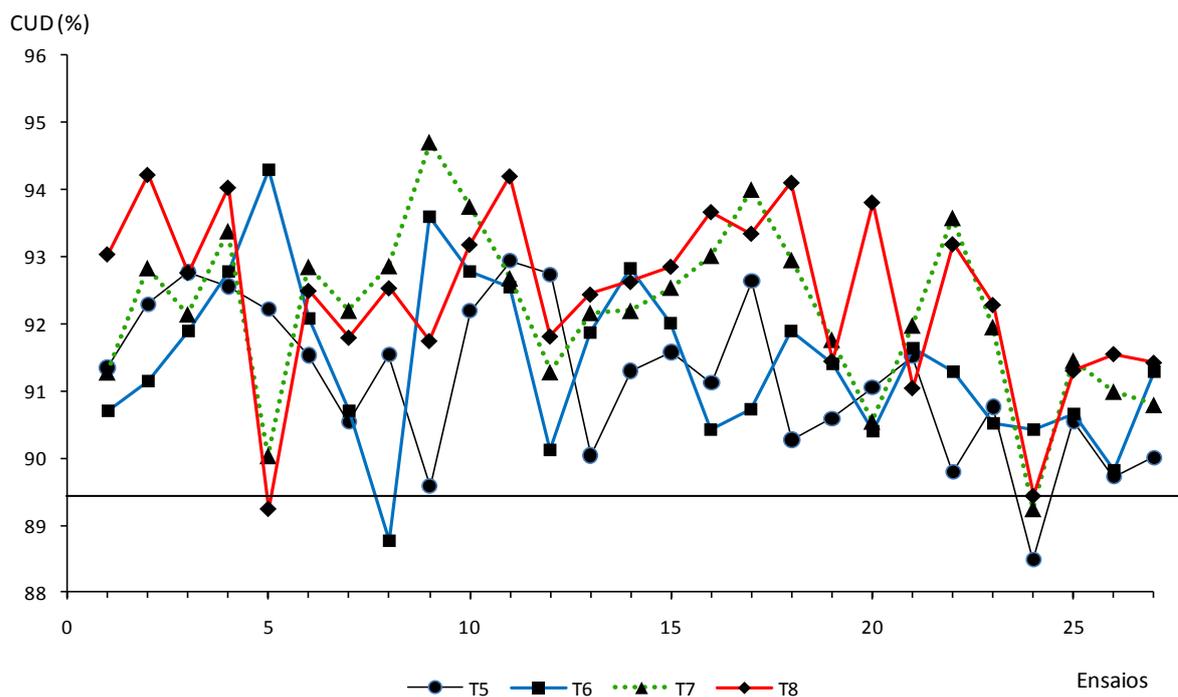


Figura 32 CUD de cada ensaio e respectivo tratamento para fertirrigação

Pelos diagramas de caixa da Figura 33, percebe-se que no tratamento T5 ocorreu a menor amplitude dos dados e a maior no tratamento T6; visualiza-se que os 4 tratamentos mantiveram uniformidades muito próximas.

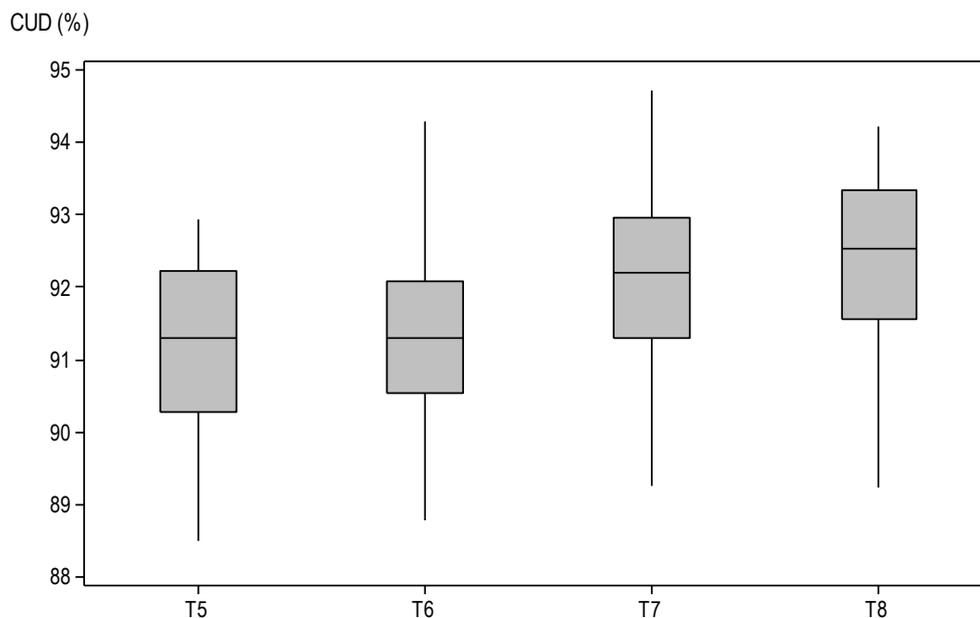


Figura 33 Distribuição da Uniformidade (CUD) em cada tratamento

Ao submeter os coeficientes de uniformidade à análise de variância, a 5% de significância, pelo teste de Tukey, verifica-se que os tratamentos T1 e T4 diferem entre si. T1

e T2 não possuem diferença significativa; bem como T2 e T3, conforme mostra a Tabela 27.

Tabela 27 análise de variância do coeficiente de uniformidade (CUD) para os 4 tratamentos com fertirrigação

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------|---------------------|
| T5 | 91,17 | a |
| T6 | 91,43 | ab |
| T7 | 92,20 | bc |
| T8 | 92,43 | c |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey

4.2.4 Gráficos de controle aplicados a fertirrigação

Os gráficos de controle foram confeccionados a partir dos coeficientes de uniformidade da Tabela A9 do Apêndice A4. Calcularam-se as médias das amplitudes (MR) de cada tratamento, o estimador do desvio padrão populacional ($\hat{\sigma}$), empregou-se as equações 17 a 18 para determinar os limites de controle para cada tratamento e as equações 19 e 20 para calcular a razão de capacidade de processo Cp. Todos estes dados fazem parte da Tabela 28.

Tabela 28 Limites de controle e respectivo Cp para os ensaios com fertirrigação e para o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD)

| Tratamento | MR | $\hat{\sigma} = MR/d2$ | \bar{X} | LSC | LIC | Cp |
|------------|-------|------------------------|-----------|--------|--------|------|
| T5 | 1,155 | 0,96 | 91,17 | 94,054 | 88,291 | 1,74 |
| T6 | 1,220 | 1,04 | 91,43 | 94,546 | 88,313 | 1,60 |
| T7 | 1,242 | 1,112 | 92,20 | 95,531 | 88,681 | 1,50 |
| T8 | 1,306 | 1,29 | 92,43 | 96,316 | 88,549 | 1,29 |

Nos gráficos de controle da Figura 34, para o tratamento T5 os limites de controle mantiveram-se entre 88,3% para o LIC e 94,1% para o LSC. Durante os 27 ensaios todas as irrigações permaneceram dentro dos limites; do segundo ao quinto ensaio a uniformidade ultrapassou 4 vezes consecutivas o valor de um desvio padrão, o que caracteriza uma falha no processo alterando a média. Mesmo apresentando normalidade, nota-se grande variabilidade dentro do processo. Plotou-se em todos os gráficos as linhas de referência no valor de 85 e 95%, referente as uniformidades mínima e máxima esperadas, verificando-se que em todos os tratamentos as médias do CUD foi acima de 90%, porém houve grande variabilidade no decorrer do período e somente em T7 um dos ensaios tiveram uniformidade abaixo de 90%; os tratamentos T6, T7 e T8 não apresentaram falhas no processo, mas ocorreu a redução da uniformidade ao logo do tempo.

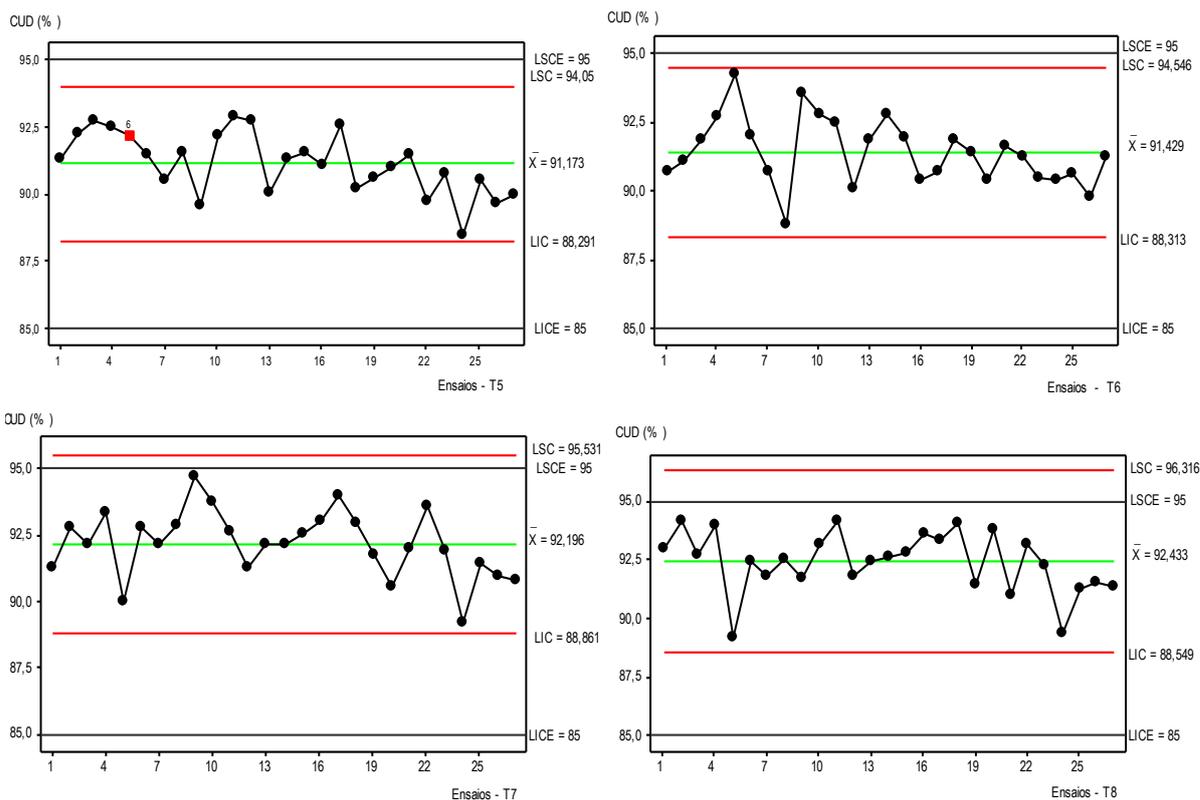


Figura 34 Gráficos de controle \bar{X} para Uniformidade (CUD) em função de 4 cargas hidráulicas aplicados a Fertirrigação

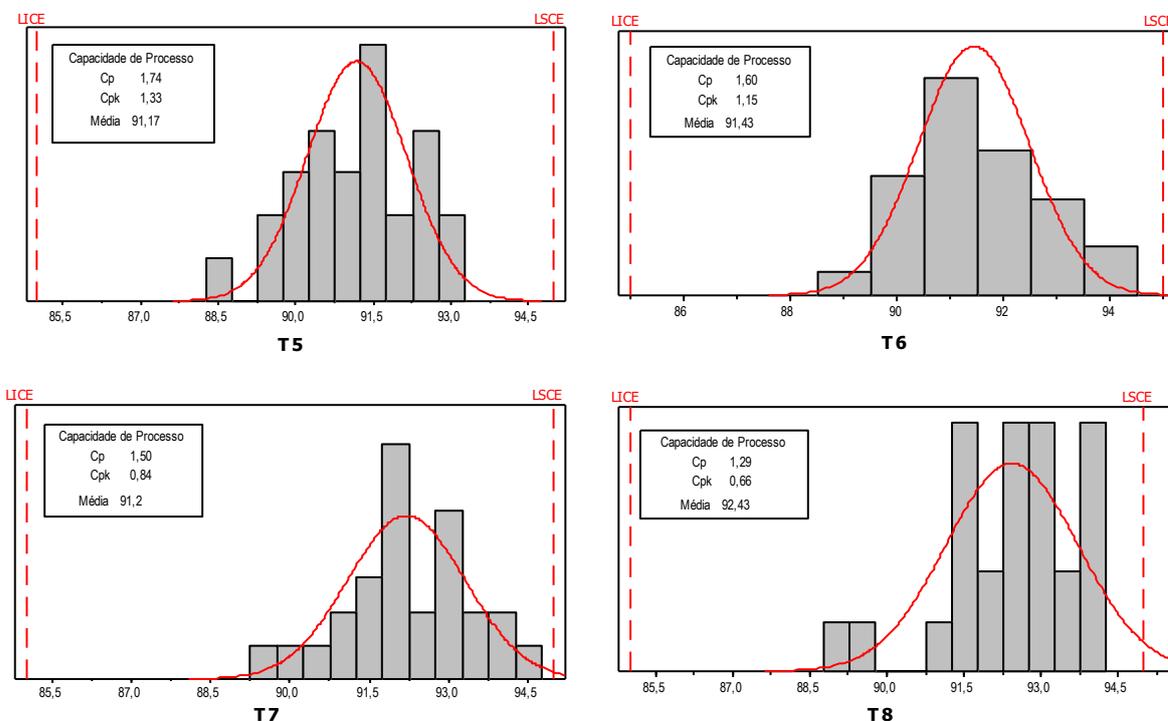


Figura 35 Gráficos de capacidade de processo e centralidade do CUD da fertirrigação por gotejamento nos 4 tratamentos.

Os valores da razão de capacidade de processo (C_p) da Tabela 28 mostram que dentro dos limites de controle da especificação (LCE) os tratamentos T5 a T7 possuem capacidade aceitável. Ao avaliar a centralidade de cada processo (ver gráficos da Figura 35), observou-se que somente o tratamento T5 se manteve dentro dos limites da especificação.

4.2.5 Análise da regressão múltipla para a uniformidade pelo CUD para o ensaio da fertirrigação

Com os dados da Tabela 29 realizou-se análise da regressão múltipla relacionando inicialmente CUD e C_p , obtendo-se o gráfico da Figura 36 a equação:

$$\text{CUD} = 79,0 + 9,59 C_p \text{ e coeficiente de determinação } R^2 = 84,3\%.$$

Tabela 29 CUD, C_p e pressões do sistema de fertirrigação por gotejamento

| Tratamento | CUD (%) | CV do CUD (%) | C_p | Pinício (Kpa) | Pfinal (Kpa) | Pmédia (Kpa) | varP (Kpa) |
|------------|---------|---------------|-------|---------------|--------------|--------------|------------|
| T5 | 91,17 | 1,27 | 1,74 | 11,51 | 7,5 | 9,50 | 4,0 |
| T6 | 91,43 | 1,33 | 1,60 | 13,36 | 8,94 | 11,15 | 4,4 |
| T7 | 92,20 | 1,35 | 1,50 | 15,32 | 10,53 | 12,92 | 4,8 |
| T8 | 92,43 | 1,41 | 1,29 | 19,17 | 13,56 | 16,36 | 5,6 |

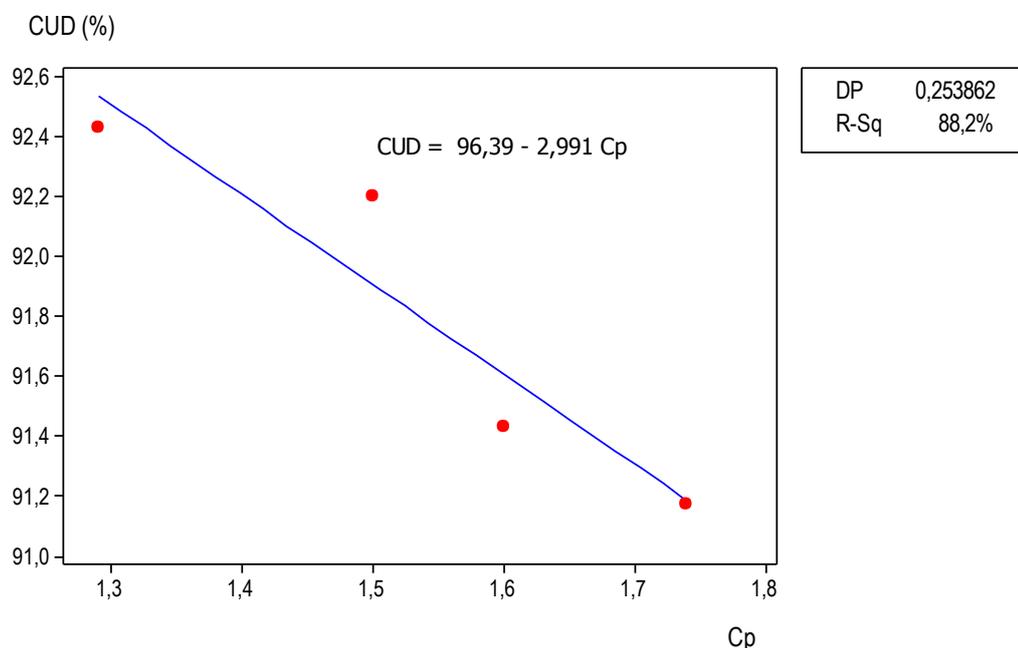


Figura 36 Gráfico da regressão linear de CUD versus C_p de um kit de irrigação para agricultura familiar na fertirrigação

C_p possui íntima relação com CUD na fertirrigação. Ao buscar a relação com as pressões de entrada (P_{ini}), média ($P_{média}$) e final (P_{final}) determinaram-se as equações e seus respectivos coeficientes de determinação:

$$C_p = 3,20 - 0,0091 \text{ CUD} - 0,0560 \text{ Pini} \quad R^2 = 99,4\%$$

$$C_p = 2,76 - 0,0055 \text{ CUD} - 0,0714 \text{ Pmed} \quad R^2 = 99,4\%$$

$$C_p = 3,02 - 0,0077 \text{ CUD} - 0,0628 \text{ Pfim} \quad R^2 = 99,4\%$$

Indicam que as pressões influenciam diretamente à capacidade de processo (C_p) e podem aplicar-se na determinação da qualidade esperada no dimensionamento do sistema como em sua avaliação.

4.2.6 Avaliação da uniformidade na fertirrigação em função do CVt das vazões

Na Tabela A12 do Apêndice A4 constam os coeficientes de variação total (CVt) calculados para cada ensaio e respectivo tratamento. A análise estatística consta na Tabela 30. As médias resultaram entre 6,3 para o tratamento com maior carga hidráulica (T8) e 7,4 para o de menor carga hidráulica (T5). Segundo a classificação apresentada por Pizarro (1996), todos os tratamentos enquadram-se na uniformidade “Excelente”. A menor amplitude corresponde para T5, indicando menor variação da uniformidade confirmada pelo coeficiente de variação = 10,22 e a maior para T7. A simetria dos valores próximos de zero mostram a centralidade dos dados em todos os tratamentos. Todos os dados apresentaram normalidade.

Tabela 30 Parâmetros estatísticos de CVt das vazões num sistema de fertirrigação por gotejamento

| Tratamento | Média | DP | CV | Min. | Mediana | Max. | R | Sim. | Pvalor |
|------------|-------|-------|-------|------|---------|------|------|-------|--------|
| T5 | 7,443 | 0,76 | 10,22 | 6,01 | 7,55 | 8,81 | 2,8 | -0,29 | 0,702 |
| T6 | 7,306 | 0,839 | 11,48 | 5,46 | 7,22 | 8,75 | 3,29 | -0,19 | 0,898 |
| T7 | 6,619 | 0,966 | 14,59 | 4,87 | 6,63 | 8,9 | 4,03 | 0,26 | 0,242 |
| T8 | 6,301 | 0,885 | 14,05 | 4,92 | 6,19 | 8,54 | 3,62 | 0,57 | 0,604 |

Ao submeter os coeficientes de uniformidade à análise de variância, a 5% de significância, pelo teste de Tukey, verifica-se que T1 e T2 não possuem diferença significativa; T3 e T4 não diferem entre si, conforme mostra a Tabela 31.

Tabela 31 análise de variância das médias do coeficiente de variação total (CVt) para os 4 tratamentos com irrigação

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|--------|---------------------|
| T5 | 6,3 | a |
| T6 | 6,6 | a |
| T7 | 7,3 | b |
| T8 | 7,4 | b |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey

4.2.7 Gráficos de controle aplicados a fertirrigação em função do CVt

Com os dados da Tabela A12, do Apêndice A4, calcularam-se as médias das amplitudes (MR) para determinar o estimador $\hat{\sigma}$, os limites de controle e a razão de capacidade de processo (Cp), conforme Tabela 32. Para cálculo de Cp adotaram-se os limites de controle da especificação de 5% para o limite inferior (LICE) e de 10% para o limite superior (LSCE).

Tabela 32 Limites de controle e razão da capacidade de processo (Cp) em função do CVt das vazões para os ensaios com fertirrigação

| Tratamento | MR | MR/d2 | X | LSC | LIC | Cp |
|------------|------|-------|------|------|------|------|
| T5 | 0,74 | 0,656 | 7,44 | 9,41 | 5,48 | 2,54 |
| T6 | 0,79 | 0,699 | 7,31 | 9,40 | 5,21 | 2,39 |
| T7 | 0,89 | 0,786 | 6,62 | 8,98 | 4,26 | 2,12 |
| T8 | 1,05 | 0,928 | 6,30 | 9,08 | 3,52 | 1,80 |

Os gráficos de controle da Figura 37 referentes ao processo da uniformidade do sistema de fertirrigação por gotejamento mostram que no tratamento T5 não houve ensaios fora dos limites de controle, mas observa-se que o CVt aumentou ao longo do tempo, assim como nos outros tratamentos. No tratamento T7 a partir do 23º ensaio, a uniformidade ultrapassou o limite de um sigma em mais de 4 ensaios, o que caracteriza uma falha no processo.

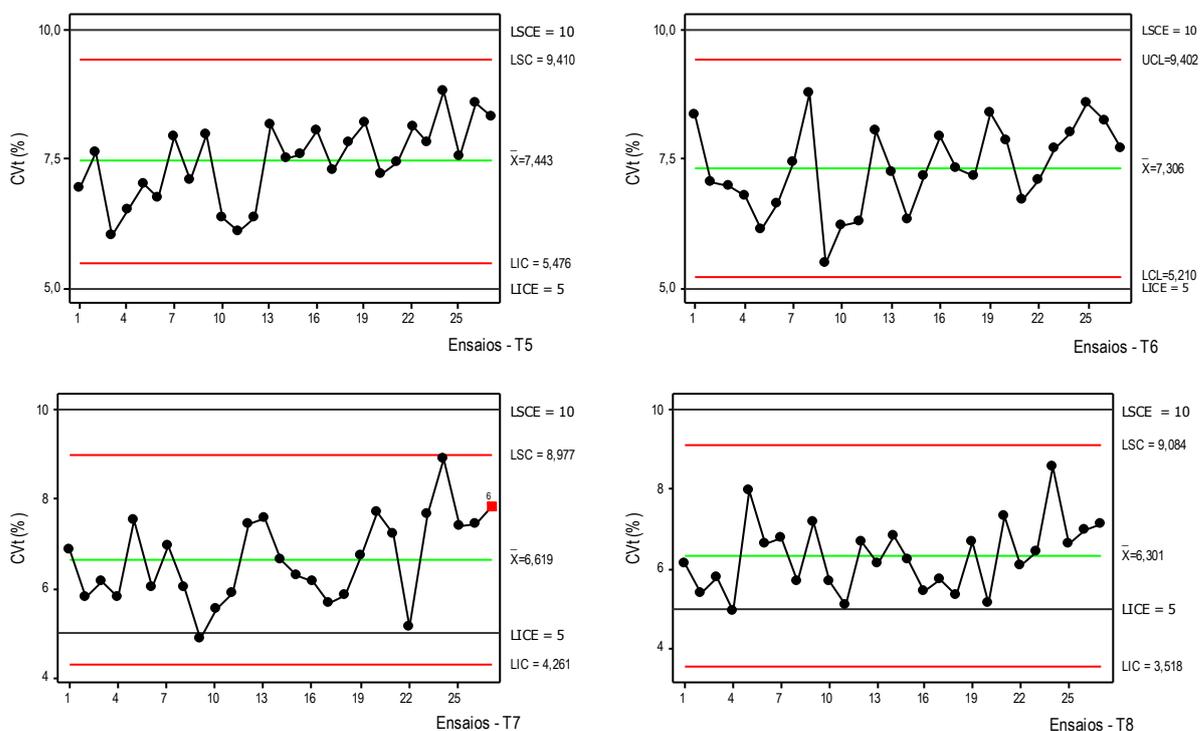


Figura 37 Gráficos de controle da uniformidade (CVt) de 4 tratamentos para um sistema de fertirrigação por gotejamento

A tendência é a de aumentar a variabilidade da uniformidade em todos os tratamentos, as causas possíveis são o desgaste e o entupimento dos emissores, pelas partículas dos fertilizantes aplicados.

Elaboraram-se os gráficos da Figura 38 para avaliar a capacidade e centralidade de processo da uniformidade da irrigação usando o CVt e adotou-se os limites entre zero e 10 como limites inferior e superior da especificação, respectivamente. Nestes, verifica-se que todos se mantêm dentro dos limites de controle da especificação e de centralidade. Os valores de Cp de cada tratamento são maiores que 1,55.

Para verificar o melhor desempenho empregou-se o coeficiente de centralidade (Cpk), o qual é maior no tratamento T7 do que nos outros, bem como o desempenho pelo número de ensaios fora do limite é de apenas 8,48. Portanto, a uniformidade de fertirrigação teve melhor desempenho no tratamento T7.

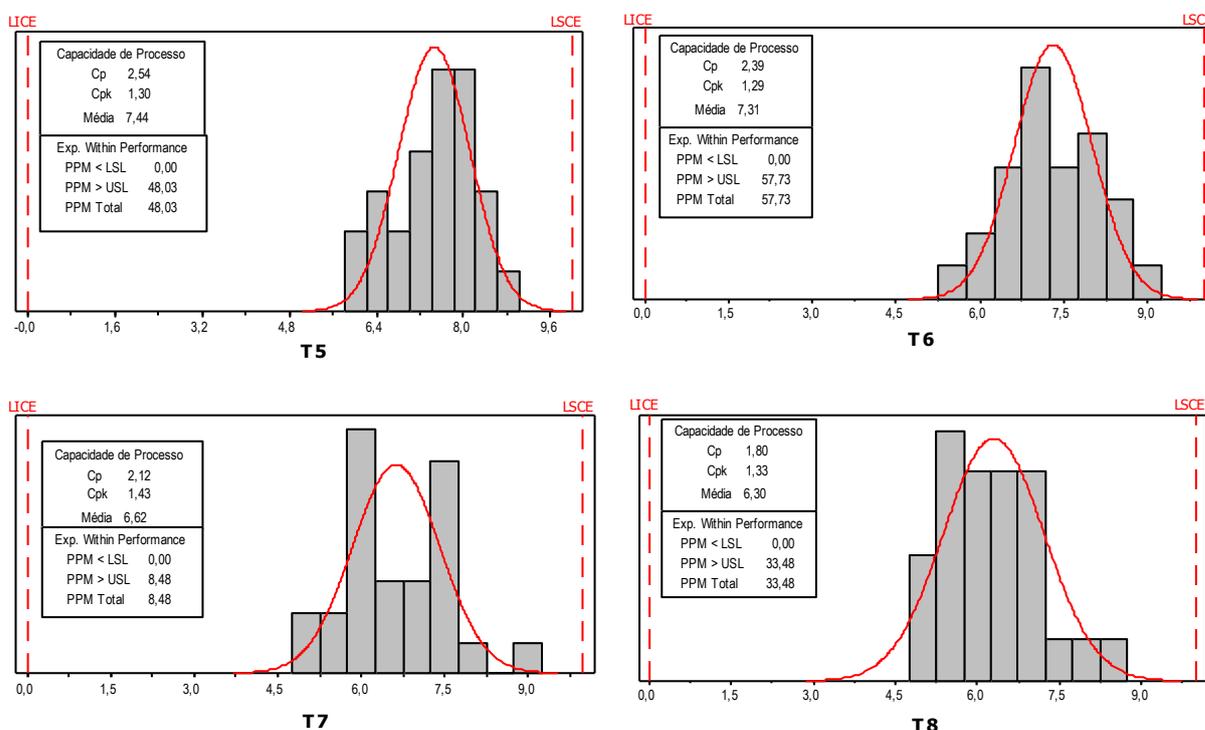


Figura 38 Capacidade e centralidade do processo de um sistema de fertirrigação por gotejamento submetido a 4 cargas hidráulicas

4.2.8 Análise da regressão múltipla para uniformidade da fertirrigação utilizando CVt

Elaborou-se o gráfico da Figura 39, a partir da análise de regressão linear entre CVt e Cp. A equação resultante foi:

$$CVt = 3,27 + 1,65 Cp \text{ e } R^2 = 96,1\%$$

Ou seja é grande correlação entre CVt e Cp, mas ao correlacionar a variável

responsável pela alteração da vazão, ou seja a pressão média, a equação resultante é:

$$CV = - 8,68 + 4,97 Cp + 0,369 Pm \quad e \quad R^2 = 100\%$$

Ou seja, a uniformidade da irrigação pode ser avaliada pelo razão de capacidade de processo (Cp).

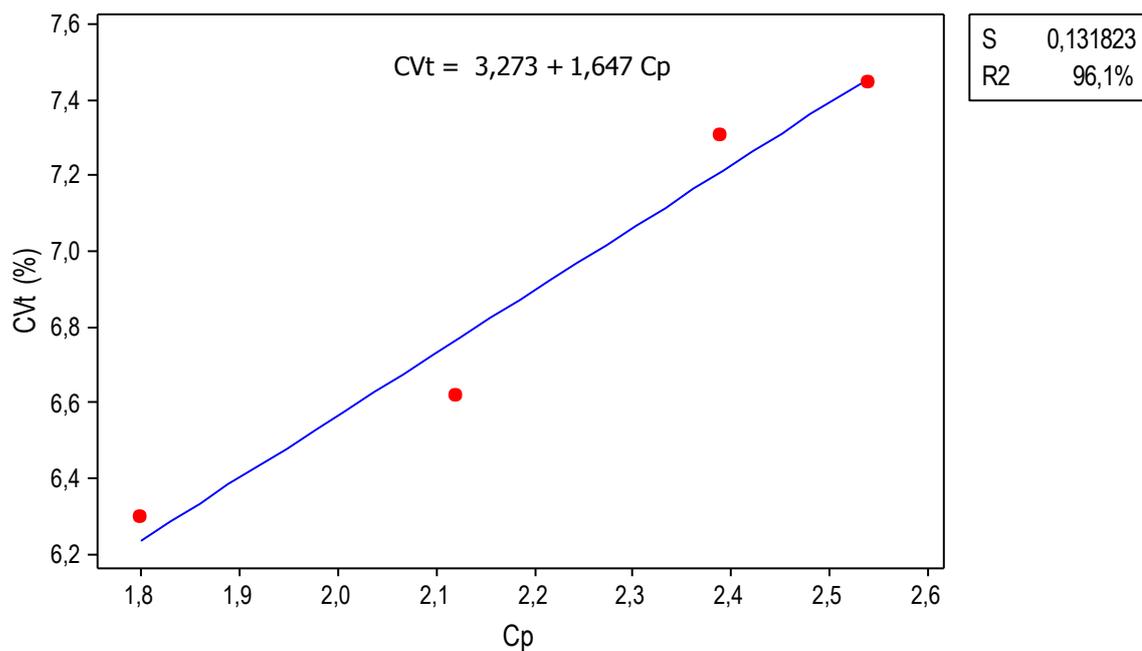


Figura 39 Regressão linear de CVt versus Cp

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, na metodologia usada e nas condições de ensaio chegou-se às seguintes conclusões:

- O sistema de irrigação estudado apresentou coeficientes de vazão (k) e expoentes hidráulicos próximos aos especificados pelo fabricante. Em termos numéricos, o valor do coeficiente de determinação (R^2) da relação vazão – pressão foi $> 0,95$;
- Para a irrigação, os valores de maior desempenho foram encontrados para a carga hidráulica de 18 kPa, sendo $CVt = 6,75$ e $CUD = 92,14$;
- Para a fertirrigação, todos os tratamentos se enquadram entre os parâmetros estatísticos de aceitabilidade. O valor médio do CUD foi superior a 90%; o CVt foi $< 7,4\%$, sendo considerado “Excelente”;
- O conjunto de irrigação apresenta uniformidade de distribuição de água “Excelente” pela análise do $CUD > 90\%$ e do $CVt < 0,1$;
- Na irrigação, encontrou-se valores de razão de capacidade do processo ($Cp > 1,33$);
- Na fertirrigação, os valores da razão de capacidade de processo (Cp) foram $> 1,33$, para as cargas hidráulicas 12, 14 e 16 kPa;
- Para a irrigação, encontrou-se plena relação múltipla entre as variáveis: coeficiente de uniformidade (CUD), razão de capacidade de processos (Cp) e a pressão média (valor de $R^2 = 96,6\%$);
- Para a fertirrigação, a regressão múltipla também apresentou grande a relação entre as variáveis CUD, Cp e pressão média (valor de $R^2 = 99,4\%$);
- O equipamento desenvolvido na aplicação do fertilizante é uma boa alternativa para o produtor da agricultura familiar.

A metodologia do controle estatístico de processos, conhecida como controle da qualidade, é uma forma eficaz e adequada na avaliação da irrigação por gotejamento. Por isso, deve ser mais investigada em futuras pesquisas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, A.; SINGH, A. Effects of Staking and Row-Spacing on the Yield of Tomato (*Lycopersicon lycopersicum* Mill.) Cultivar “Roma VF” in the Sokoto Fadama, Nigeria. **Nigerian Journal of Horticultural Science**, V 10, p. 94-98, 2005.

AHMED, B. A. O.; YAMAMOTO, T.; FUJIYAMA, H.; MIYAMOTO, K. Assessment of emitter discharge in microirrigation system as affected by polluted water. **Irrigation and Drainage Systems**. V 21, N 2 / May, p. 97-107, 2007.

AMERICAN SOCIETY FOR AGRICULTURAL ENGINEERING: ASAE – **ASAE EP405.1 APR1988 (R2008)**. ASABE Standards 2008.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR ISO 9261. 2006. Equipamentos de irrigação agrícola – Emissores e tubos emissores – Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro. 17p.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL -BNDES. **PRONAF**. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/programas/agropecuarios/pronaf.asp>>. Acesso em: 23 Jun. 2008.

BARRERA, L. M. **Manual de Fertirrigación**. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación, Intihuasi. La Serena, Chile, 1998.

BELIK, W. & CHAIM, N. A. Formas híbridas de coordenação na distribuição de frutas, verduras e legumes no Brasil. **Cadernos de Debate**, Campinas, v. VII, p. 01-09, 1999.

BIANCHINI, V. **O universo da agricultura familiar e sua contribuição ao desenvolvimento rural**. Brasília: SAF/MDA, 2006.

BRALTS, V.F. . Field performance and evaluation. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. (Ed.) Trickle irrigation for crop production. Amsterdam: Elsevier. p.216-240. (**Development in Agricultural Engineering**, 9), 1986.

BURT, C., CLEMENTS, A., STRELKOFF, S., SOLOMON, K., BLIESNER, R., HARDY, L., HOWELL, T.; EISENHAUER, D. . Irrigation performance measures: efficiency and uniformity. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**. 123(6): p. 423-442, 1997.

CFSEMIG - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais** - 5a aproximação. UFV, Viçosa, MG, 1999.

CHRISTOFIDIS, D. Água na produção de alimentos: O papel da irrigação no alcance do desenvolvimento sustentável. 2005. Disponível em: < http://www.irrigacao.org.br/artigos/Christofidis_Agua%20na%20Producao%20de%20Alimentos.pdf> Acesso em Maio 2010.

CLEMENS, A. J. and SOLOMON, K. H. Estimation of global Irrigation Distribution Uniformity. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**. November/December, 1997.

COSTA, A. F. B; EPPRECHT, E. K.;CARPINETTI, L. C. R. **Controle estatístico de qualidade**. Atlas, São Paulo, 2004.

DEMIR, V.; YURDEM, H.; DEGIRMENCIUGLU, A. Development of Prediction Models for Friction Losses in Drip Irrigation Laterals equipped with Integrated In-line and On-line Emitters using Dimensional Analysis. **Biosystems Engineering**, 2007. Doi: 10.1016/j.biosystemseng.2007.01.002. SW-Soil and Water. V96, p617-p631.

DENICULI, W.; BERNADO, S.; THIEBAUT, J. T. L. Uniformidade de distribuição de água em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa/MG, V.27, N.150. p.155-162. 1980

EMATER CE, Disponível em: <ematerce.pronaf.gov.br/pronaf.htm#Modalidades%20de%20Financiamento>. Acesso em:23 Jun. 2008.

_____. **El estado de los mercados de productos básicos agrícolas 2006** . 2007. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0950s/a0950s.pdf>. Acesso em Jul. 2008.

_____. **El estado mundial de la agricultura y alimentación (SOFA)**. Roma, 2007. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1200s/a1200s10.pdf>. Acesso em Jul. 2008.

FAO. Sub-Regional Office for East and Southern Africa (SAFR). **Socio-economic impact of smallholder irrigation development in zimbabwe** . Case studies of ten irrigation schemes.Harare, 2000.

FAULIN, E. J. & AZEVEDO, P. F. de. Distribuição de hortaliças na agricultura familiar: uma análise de transações. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.33, n.11, p. 24-37, nov. 2003.

GIL, J. A.; KHAN, L.; HERNANDEZ, R. Evaluación del comportamiento hidráulico de varios emisores importados para riego por goteo. *Revista UDO Agrícola*. V1, p64-72.2002.

GUANZIROLI, C. E. . **Reforma Agrária e Globalização da Economia - O caso do Brasil**. 5. ed. Brasília - DF: Ministério De Desenvolvimento Agrário, v. 1. 39 p., 2000.

GUTEMBERG, A. D. G. & ANGELO-MENEZES, M. de N. . Agricultura familiar na Pós-Graduação no Brasil e na Universidade Federal do Pará (UFPA). **Revista Brasileira de Pós - Graduação**, Brasília, v. 4, n. 7, p. 66-86, julho de 2007.

JUSTI, A. L; VILAS BOAS, M. A.; SAMPAIO, S. C. Índice de capacidade do processo na avaliação da irrigação por aspersão. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 30, n. 2,abr. 2010 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162010000200008&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 03 Jul. 2010. doi: 10.1590/S0100-69162010000200008.

HAAG, H. P.; MALAVOLTA, E., 1967 Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**. Boletim Científico do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo v 26, n. 30, p. 381-391, set. 1967.

KELLER, J. & KARMEI, D. Trickle irrigation design parameters. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.17, n.4, p.678-84, 1974.

KULECHO, I. K. & WEATHERHEAD, E. K. Reasons for smallholder farmers discontinuing with low-cost microirrigation: A case study from Kenya. **Irrigation and Drainage Systems**, Springer Netherlands. v 19, p. 179-188, 2005.

LIMA, A. A. N.; LIMA, J. R.1; SILVA, J. L.; ALENCAR, J. R. B.; SOARES-SOBRINHO, J. L.;

LIMA, L. G.; ROLIM-NETO, P. J. . Aplicação do controle estatístico de processo na indústria farmacêutica. **Revista Ciências Farmêuticas Básica e Aplicada**, Araraquara, SP, v 27, n.3, p.177-187, 2006.

LIU, H.; HUANG, G. Laboratory experiment of drip emitter clogging with fresh water and treated sewage effluent. **Agricultural Water Management**. V96, p745-756. 2009.

MILAN, M. & FERNANDES, R. A. T. Qualidade das operações de preparo do solo por controle estatístico de processos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v.59, n.2, p.261-266, abr/jun. 2002.

MOFOKE, A. L. E.; ADEWUMI, J. K.; BABATUNDE, F. E.; RAMALAN, A. A. Yield of tomato grown under continuous-flow drip irrigation in Bauchi state of Nigeria. **Agricultural water management**, v 84, p. 166-172, 2006.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. LTC, Rio de Janeiro, 2004

MOYO, R.; LOVE, D.; MUL, M.; MUPANWA, W.; TWOMLOW, S. Impact and sustainability of low-head drip irrigation kits, in the semi-arid Gwanda and Beitbridge Districts, Msingwane Catchment, Limpopo Basin, Zimbabwe. **Physics and Chemistry of the earth**, v 31, p. 885-892, 2006.

NASCIMENTO, J. M. S. do; LIMA, L. A.; CARARO, D. C.; CASTRO, E. M.; SILVA, M. V. G. Avaliação da uniformidade de aplicação de água em um sistema de gotejamento para pequenas propriedades. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 33, n. spe, 2009 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542009000700005&lng=pt&nrn=iso>. Acesso em: 30 Maio 2010. doi: 10.1590/S1413-70542009000700005.

NETAFIM. **Microdrip Integral**, Dripperlines Technical Data. Disponível em: <www.netafim.com>. Acesso em: 2009.

PERONDI, M. A. A dimensão sócio-econômica da multifuncionalidade. In: **II Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional**, 2004, Santa Cruz do Sul. Anais do II Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional. Santa Cruz do Sul - RS : Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC / Brasil, 2004. v. I.

PIZARRO CABELLO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación**. 3Ed. Ediciones Mundi Prensa. 513 p.,1996.

RACHID, A.; GITAHY, L. Programas de qualidade, trabalho e educação **Em Aberto**, Brasília, ano 15, n.65, p. 63-93, jan./mar. 1995.

RODRIGUEZ-SINOBAS, M. G. L.; JUANA, L.; SANCHEZ, R; LOSDA, A. Emitter discharge variability of subsurface drip irrigation in uniform soils: effect on water-application uniformity. **Irrigation Science**. V26, p451-458. 2008.

SAFI, B.; NEYSHABOURI, M. R.; NAZEMI, S.; MASSIHA, MIRLATIFI, S.M. Water Application Uniformity of a Subsurface Drip Irrigation System at Various Operating Pressures and Tape Lengths. **Turk Journal of Agricultural Forest**. V31, 275-285. 2007.

SALVI, J. V.; MATOS, M. A.; MILAN, M. . Avaliação do desempenho de dispositivo de corte de base de colhedora de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.201-209, jan./abr. 2007.

SCHNAIDER, S. Teoria Social, Agricultura Familiar e Pluriatividade. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**. São Paulo. v 18, n 51, p 99 - 121, 2003.

SILVA, R. P. DA; CORRÊA, C. F.; CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A. . Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.292-304, abr./jun. 2008.

SOLOMON, K. Manufacturing variation of trickle emitters. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph. 22, n.5, p. 1034-1038, 1979.

SOUZA, R. O. R. de M.; Miranda, E. P.; Nascimento Neto, J. R. do; FERREIRA, T.T.S; MESQUITA, F. P. **Irrigação localizada por gravidade em comunidades agrícolas do Ceará**. 2009.

STUART W. STYLES, C. M. (2008, may/jun). Accuracy of Global Microirrigation Distribution Uniformity Estimates. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, pp. 292-297.

STYLES, S. W.; BURT, C. M.; GAUDI, F.; ORVIS, S. Accuracy of Global Microirrigation Distribution Uniformity Estimates. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**. ASCE, 134.3, May/Jun, p. 292-297. 2008.

VIEIRA,S. **Estatística para a qualidade**. Como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços. Campus,Rio de Janeiro, 1999.

APÉNDICE

APÊNDICE A

A1 VAZÕES MÉDIAS, DESVIO PADRÃO, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO E PRESSÕES

Tabelas das vazões obtidas nos ensaios, desvio padrão, Coeficiente de Variação Total (CVt), pressões de entrada, final e média nos tratamentos dos sistemas de Irrigação e de fertirrigação.

Tabela A1 Vazões médias, desvio padrão, coeficiente de variação (CV) e pressões obtidas no Tratamento T1

| Emissor | q1 | q2 | q3 | q4 | q5 | q6 | q7 | q8 | q9 | q10 | q11 | q12 | q13 | q14 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,665 | 0,675 | 0,655 | 0,720 | 0,686 | 0,680 | 0,705 | 0,695 | 0,660 | 0,665 | 0,725 | 0,693 | 0,665 | 0,685 |
| 2 | 0,610 | 0,615 | 0,635 | 0,630 | 0,609 | 0,600 | 0,620 | 0,630 | 0,610 | 0,570 | 0,660 | 0,635 | 0,610 | 0,610 |
| 3 | 0,610 | 0,615 | 0,620 | 0,620 | 0,619 | 0,610 | 0,630 | 0,625 | 0,605 | 0,600 | 0,635 | 0,635 | 0,580 | 0,615 |
| 4 | 0,600 | 0,625 | 0,630 | 0,620 | 0,618 | 0,590 | 0,565 | 0,615 | 0,560 | 0,580 | 0,675 | 0,643 | 0,570 | 0,600 |
| 5 | 0,585 | 0,590 | 0,600 | 0,590 | 0,595 | 0,575 | 0,605 | 0,590 | 0,560 | 0,560 | 0,655 | 0,617 | 0,540 | 0,605 |
| 6 | 0,570 | 0,535 | 0,550 | 0,575 | 0,562 | 0,560 | 0,565 | 0,555 | 0,550 | 0,545 | 0,665 | 0,590 | 0,550 | 0,605 |
| 7 | 0,565 | 0,570 | 0,565 | 0,580 | 0,614 | 0,585 | 0,610 | 0,595 | 0,560 | 0,565 | 0,625 | 0,617 | 0,580 | 0,575 |
| 8 | 0,500 | 0,530 | 0,465 | 0,555 | 0,518 | 0,575 | 0,590 | 0,615 | 0,555 | 0,565 | 0,665 | 0,607 | 0,540 | 0,575 |
| 9 | 0,505 | 0,525 | 0,520 | 0,570 | 0,538 | 0,535 | 0,560 | 0,535 | 0,515 | 0,530 | 0,630 | 0,578 | 0,520 | 0,568 |
| 10 | 0,500 | 0,505 | 0,550 | 0,550 | 0,513 | 0,525 | 0,540 | 0,530 | 0,490 | 0,460 | 0,590 | 0,583 | 0,490 | 0,540 |
| 11 | 0,680 | 0,685 | 0,690 | 0,715 | 0,709 | 0,690 | 0,725 | 0,685 | 0,680 | 0,625 | 0,725 | 0,708 | 0,655 | 0,675 |
| 12 | 0,595 | 0,630 | 0,635 | 0,650 | 0,614 | 0,625 | 0,650 | 0,630 | 0,615 | 0,625 | 0,700 | 0,635 | 0,595 | 0,610 |
| 13 | 0,592 | 0,630 | 0,620 | 0,635 | 0,624 | 0,605 | 0,650 | 0,625 | 0,620 | 0,620 | 0,700 | 0,650 | 0,595 | 0,625 |
| 14 | 0,590 | 0,615 | 0,610 | 0,617 | 0,589 | 0,605 | 0,635 | 0,620 | 0,610 | 0,635 | 0,670 | 0,640 | 0,585 | 0,635 |
| 15 | 0,545 | 0,605 | 0,600 | 0,610 | 0,619 | 0,615 | 0,650 | 0,625 | 0,625 | 0,635 | 0,680 | 0,657 | 0,605 | 0,610 |
| 16 | 0,530 | 0,540 | 0,575 | 0,570 | 0,582 | 0,610 | 0,595 | 0,600 | 0,600 | 0,615 | 0,683 | 0,635 | 0,590 | 0,585 |
| 17 | 0,545 | 0,555 | 0,550 | 0,585 | 0,556 | 0,570 | 0,570 | 0,565 | 0,535 | 0,555 | 0,600 | 0,600 | 0,545 | 0,595 |
| 18 | 0,535 | 0,555 | 0,495 | 0,565 | 0,562 | 0,560 | 0,630 | 0,615 | 0,580 | 0,580 | 0,620 | 0,618 | 0,575 | 0,580 |
| 19 | 0,510 | 0,530 | 0,505 | 0,554 | 0,557 | 0,555 | 0,580 | 0,560 | 0,530 | 0,540 | 0,615 | 0,573 | 0,529 | 0,510 |
| 20 | 0,515 | 0,520 | 0,515 | 0,545 | 0,518 | 0,515 | 0,567 | 0,525 | 0,530 | 0,530 | 0,560 | 0,548 | 0,520 | 0,520 |
| 21 | 0,625 | 0,620 | 0,630 | 0,645 | 0,597 | 0,640 | 0,635 | 0,630 | 0,625 | 0,605 | 0,695 | 0,605 | 0,610 | 0,685 |
| 22 | 0,605 | 0,595 | 0,685 | 0,665 | 0,657 | 0,665 | 0,615 | 0,638 | 0,630 | 0,610 | 0,690 | 0,570 | 0,640 | 0,690 |
| 23 | 0,570 | 0,585 | 0,620 | 0,595 | 0,576 | 0,585 | 0,585 | 0,580 | 0,540 | 0,560 | 0,650 | 0,555 | 0,590 | 0,602 |
| 24 | 0,600 | 0,605 | 0,640 | 0,610 | 0,581 | 0,605 | 0,615 | 0,590 | 0,535 | 0,560 | 0,630 | 0,523 | 0,575 | 0,615 |
| 25 | 0,555 | 0,585 | 0,605 | 0,670 | 0,595 | 0,610 | 0,605 | 0,600 | 0,580 | 0,585 | 0,640 | 0,550 | 0,610 | 0,600 |
| 26 | 0,525 | 0,560 | 0,570 | 0,550 | 0,543 | 0,545 | 0,550 | 0,540 | 0,530 | 0,525 | 0,605 | 0,515 | 0,565 | 0,605 |
| 27 | 0,570 | 0,600 | 0,610 | 0,580 | 0,557 | 0,565 | 0,558 | 0,535 | 0,550 | 0,540 | 0,625 | 0,525 | 0,545 | 0,550 |
| 28 | 0,525 | 0,560 | 0,550 | 0,560 | 0,542 | 0,540 | 0,545 | 0,545 | 0,530 | 0,525 | 0,575 | 0,505 | 0,515 | 0,575 |
| 29 | 0,525 | 0,565 | 0,555 | 0,535 | 0,518 | 0,545 | 0,545 | 0,510 | 0,495 | 0,495 | 0,555 | 0,515 | 0,535 | 0,530 |
| 30 | 0,515 | 0,570 | 0,520 | 0,505 | 0,485 | 0,490 | 0,490 | 0,500 | 0,490 | 0,490 | 0,535 | 0,510 | 0,505 | 0,550 |
| 31 | 0,650 | 0,625 | 0,710 | 0,710 | 0,667 | 0,690 | 0,695 | 0,660 | 0,640 | 0,655 | 0,680 | 0,642 | 0,660 | 0,670 |
| 32 | 0,640 | 0,620 | 0,650 | 0,640 | 0,629 | 0,655 | 0,665 | 0,630 | 0,615 | 0,625 | 0,650 | 0,590 | 0,620 | 0,650 |
| 33 | 0,590 | 0,590 | 0,610 | 0,605 | 0,595 | 0,605 | 0,610 | 0,585 | 0,580 | 0,590 | 0,600 | 0,573 | 0,575 | 0,600 |
| 34 | 0,665 | 0,640 | 0,675 | 0,655 | 0,613 | 0,630 | 0,658 | 0,565 | 0,620 | 0,625 | 0,640 | 0,612 | 0,615 | 0,610 |
| 35 | 0,555 | 0,580 | 0,610 | 0,575 | 0,586 | 0,595 | 0,600 | 0,565 | 0,570 | 0,570 | 0,645 | 0,555 | 0,580 | 0,570 |
| 36 | 0,530 | 0,565 | 0,563 | 0,560 | 0,542 | 0,540 | 0,550 | 0,530 | 0,530 | 0,520 | 0,610 | 0,487 | 0,525 | 0,580 |
| 37 | 0,530 | 0,605 | 0,545 | 0,550 | 0,523 | 0,535 | 0,540 | 0,520 | 0,525 | 0,515 | 0,580 | 0,465 | 0,520 | 0,540 |
| 38 | 0,525 | 0,580 | 0,549 | 0,550 | 0,533 | 0,553 | 0,535 | 0,540 | 0,510 | 0,510 | 0,610 | 0,508 | 0,530 | 0,525 |
| 39 | 0,487 | 0,580 | 0,505 | 0,520 | 0,511 | 0,540 | 0,540 | 0,535 | 0,520 | 0,490 | 0,550 | 0,508 | 0,515 | 0,515 |
| 40 | 0,471 | 0,570 | 0,500 | 0,510 | 0,504 | 0,500 | 0,500 | 0,490 | 0,495 | 0,485 | 0,560 | 0,468 | 0,485 | 0,490 |
| qm (L/h) | 0,565 | 0,586 | 0,587 | 0,596 | 0,579 | 0,585 | 0,597 | 0,583 | 0,568 | 0,567 | 0,635 | 0,579 | 0,569 | 0,592 |
| Desvio Padrão | 0,053 | 0,041 | 0,060 | 0,054 | 0,052 | 0,050 | 0,054 | 0,051 | 0,050 | 0,051 | 0,049 | 0,061 | 0,046 | 0,050 |
| CV (%) | 9,32 | 6,93 | 10,15 | 9,09 | 8,96 | 8,51 | 9,00 | 8,66 | 8,79 | 9,05 | 7,69 | 10,49 | 8,15 | 8,43 |
| Pini (kPa) | 11,6 | 11,5 | 11,6 | 11,5 | 11,6 | 11,6 | 11,6 | 11,6 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,6 | 11,6 | 11,5 |
| Pfim (kPa) | 6,3 | 6,0 | 6,1 | 5,9 | 5,9 | 6,0 | 5,9 | 6,0 | 5,9 | 5,9 | 7,5 | 6,0 | 5,9 | 5,3 |

Continuação da Tabela A1

| Emissor | q15 | q16 | q17 | q18 | q19 | q20 | q21 | q22 | q23 | q24 | q25 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,669 | 0,670 | 0,670 | 0,690 | 0,680 | 0,670 | 0,700 | 0,660 | 0,665 | 0,675 | 0,690 |
| 2 | 0,610 | 0,615 | 0,600 | 0,610 | 0,600 | 0,595 | 0,620 | 0,555 | 0,575 | 0,632 | 0,637 |
| 3 | 0,600 | 0,600 | 0,590 | 0,605 | 0,600 | 0,585 | 0,600 | 0,570 | 0,600 | 0,605 | 0,640 |
| 4 | 0,595 | 0,615 | 0,595 | 0,610 | 0,600 | 0,615 | 0,605 | 0,600 | 0,615 | 0,610 | 0,640 |
| 5 | 0,581 | 0,575 | 0,575 | 0,595 | 0,585 | 0,570 | 0,595 | 0,585 | 0,565 | 0,600 | 0,620 |
| 6 | 0,580 | 0,590 | 0,585 | 0,605 | 0,585 | 0,580 | 0,605 | 0,590 | 0,595 | 0,605 | 0,630 |
| 7 | 0,541 | 0,585 | 0,570 | 0,590 | 0,580 | 0,570 | 0,590 | 0,580 | 0,560 | 0,600 | 0,600 |
| 8 | 0,576 | 0,560 | 0,570 | 0,570 | 0,565 | 0,560 | 0,595 | 0,570 | 0,545 | 0,590 | 0,585 |
| 9 | 0,531 | 0,530 | 0,540 | 0,555 | 0,530 | 0,530 | 0,575 | 0,550 | 0,530 | 0,545 | 0,550 |
| 10 | 0,506 | 0,540 | 0,530 | 0,525 | 0,525 | 0,505 | 0,530 | 0,525 | 0,505 | 0,530 | 0,555 |
| 11 | 0,708 | 0,707 | 0,682 | 0,710 | 0,695 | 0,680 | 0,702 | 0,705 | 0,700 | 0,715 | 0,680 |
| 12 | 0,600 | 0,610 | 0,600 | 0,610 | 0,625 | 0,600 | 0,620 | 0,640 | 0,630 | 0,615 | 0,618 |
| 13 | 0,640 | 0,635 | 0,640 | 0,650 | 0,640 | 0,630 | 0,645 | 0,650 | 0,650 | 0,650 | 0,645 |
| 14 | 0,644 | 0,640 | 0,560 | 0,600 | 0,625 | 0,630 | 0,640 | 0,655 | 0,645 | 0,660 | 0,645 |
| 15 | 0,608 | 0,625 | 0,615 | 0,630 | 0,600 | 0,605 | 0,620 | 0,635 | 0,615 | 0,630 | 0,615 |
| 16 | 0,595 | 0,585 | 0,585 | 0,590 | 0,585 | 0,575 | 0,600 | 0,620 | 0,570 | 0,620 | 0,600 |
| 17 | 0,595 | 0,605 | 0,570 | 0,595 | 0,600 | 0,590 | 0,595 | 0,590 | 0,560 | 0,605 | 0,580 |
| 18 | 0,571 | 0,577 | 0,575 | 0,575 | 0,570 | 0,555 | 0,575 | 0,565 | 0,560 | 0,595 | 0,550 |
| 19 | 0,526 | 0,540 | 0,520 | 0,535 | 0,520 | 0,515 | 0,555 | 0,560 | 0,520 | 0,535 | 0,535 |
| 20 | 0,521 | 0,535 | 0,495 | 0,520 | 0,525 | 0,505 | 0,530 | 0,535 | 0,515 | 0,530 | 0,520 |
| 21 | 0,703 | 0,650 | 0,635 | 0,660 | 0,675 | 0,685 | 0,705 | 0,710 | 0,685 | 0,670 | 0,708 |
| 22 | 0,641 | 0,660 | 0,630 | 0,650 | 0,640 | 0,655 | 0,675 | 0,705 | 0,680 | 0,675 | 0,685 |
| 23 | 0,613 | 0,565 | 0,545 | 0,565 | 0,578 | 0,560 | 0,595 | 0,625 | 0,595 | 0,615 | 0,600 |
| 24 | 0,630 | 0,585 | 0,585 | 0,590 | 0,600 | 0,600 | 0,615 | 0,620 | 0,617 | 0,625 | 0,640 |
| 25 | 0,615 | 0,575 | 0,555 | 0,565 | 0,580 | 0,580 | 0,550 | 0,615 | 0,630 | 0,575 | 0,595 |
| 26 | 0,614 | 0,570 | 0,535 | 0,570 | 0,575 | 0,589 | 0,595 | 0,605 | 0,560 | 0,575 | 0,600 |
| 27 | 0,571 | 0,555 | 0,545 | 0,545 | 0,565 | 0,575 | 0,560 | 0,575 | 0,540 | 0,555 | 0,585 |
| 28 | 0,588 | 0,560 | 0,530 | 0,550 | 0,555 | 0,570 | 0,560 | 0,595 | 0,545 | 0,540 | 0,570 |
| 29 | 0,561 | 0,545 | 0,510 | 0,505 | 0,550 | 0,535 | 0,570 | 0,570 | 0,565 | 0,525 | 0,575 |
| 30 | 0,541 | 0,510 | 0,495 | 0,495 | 0,505 | 0,500 | 0,520 | 0,520 | 0,530 | 0,510 | 0,520 |
| 31 | 0,699 | 0,660 | 0,660 | 0,676 | 0,665 | 0,675 | 0,680 | 0,675 | 0,690 | 0,690 | 0,660 |
| 32 | 0,660 | 0,615 | 0,590 | 0,605 | 0,620 | 0,605 | 0,605 | 0,630 | 0,615 | 0,655 | 0,610 |
| 33 | 0,620 | 0,585 | 0,555 | 0,570 | 0,580 | 0,585 | 0,570 | 0,620 | 0,595 | 0,585 | 0,580 |
| 34 | 0,625 | 0,595 | 0,570 | 0,600 | 0,595 | 0,630 | 0,610 | 0,605 | 0,601 | 0,675 | 0,600 |
| 35 | 0,515 | 0,570 | 0,530 | 0,550 | 0,575 | 0,555 | 0,600 | 0,575 | 0,620 | 0,565 | 0,570 |
| 36 | 0,640 | 0,550 | 0,510 | 0,526 | 0,535 | 0,560 | 0,540 | 0,550 | 0,565 | 0,570 | 0,550 |
| 37 | 0,555 | 0,518 | 0,495 | 0,500 | 0,515 | 0,533 | 0,510 | 0,520 | 0,565 | 0,525 | 0,530 |
| 38 | 0,551 | 0,535 | 0,505 | 0,510 | 0,515 | 0,530 | 0,525 | 0,520 | 0,535 | 0,520 | 0,535 |
| 39 | 0,516 | 0,505 | 0,460 | 0,475 | 0,505 | 0,500 | 0,490 | 0,520 | 0,495 | 0,485 | 0,515 |
| 40 | 0,531 | 0,505 | 0,465 | 0,490 | 0,490 | 0,495 | 0,485 | 0,490 | 0,490 | 0,455 | 0,500 |
| qm (L/h) | 0,595 | 0,584 | 0,564 | 0,579 | 0,581 | 0,580 | 0,592 | 0,595 | 0,586 | 0,593 | 0,597 |
| Desvio Padrão | 0,053 | 0,048 | 0,053 | 0,056 | 0,050 | 0,051 | 0,054 | 0,054 | 0,055 | 0,060 | 0,052 |
| CV (%) | 8,89 | 8,22 | 9,44 | 9,67 | 8,67 | 8,85 | 9,21 | 9,16 | 9,39 | 10,11 | 8,71 |
| Pini (kPa) | 11,4 | 11,4 | 11,4 | 11,4 | 11,4 | 11,5 | 11,5 | 11,4 | 11,4 | 11,5 | 11,5 |
| Pfim (kPa) | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 5,4 | 5,0 | 5,3 | 5,3 | 5,4 | 5,5 | 5,4 |

Tabela A2 Vazões médias, desvio padrão, coeficiente de variação (CV) e pressões médias obtidas no tratamento T2

| Emissor | q1 | q2 | q3 | q4 | q5 | q6 | q7 | q8 | q9 | q10 | q11 | q12 | q13 | q14 |
|---------------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| 1 | 0,711 | 0,725 | 0,765 | 0,745 | 0,725 | 0,740 | 0,725 | 0,735 | 0,725 | 0,695 | 0,790 | 0,700 | 0,725 | 0,725 |
| 2 | 0,624 | 0,695 | 0,670 | 0,625 | 0,558 | 0,665 | 0,685 | 0,675 | 0,660 | 0,635 | 0,710 | 0,675 | 0,680 | 0,671 |
| 3 | 0,600 | 0,680 | 0,675 | 0,640 | 0,665 | 0,650 | 0,665 | 0,655 | 0,655 | 0,630 | 0,680 | 0,575 | 0,650 | 0,645 |
| 4 | 0,620 | 0,680 | 0,665 | 0,645 | 0,670 | 0,665 | 0,665 | 0,655 | 0,635 | 0,600 | 0,695 | 0,615 | 0,650 | 0,635 |
| 5 | 0,610 | 0,655 | 0,630 | 0,630 | 0,605 | 0,630 | 0,630 | 0,635 | 0,620 | 0,605 | 0,725 | 0,635 | 0,615 | 0,660 |
| 6 | 0,614 | 0,635 | 0,620 | 0,625 | 0,610 | 0,600 | 0,625 | 0,595 | 0,605 | 0,565 | 0,705 | 0,600 | 0,605 | 0,675 |
| 7 | 0,605 | 0,635 | 0,625 | 0,620 | 0,645 | 0,620 | 0,635 | 0,640 | 0,625 | 0,600 | 0,695 | 0,640 | 0,649 | 0,620 |
| 8 | 0,554 | 0,550 | 0,595 | 0,610 | 0,535 | 0,625 | 0,640 | 0,620 | 0,605 | 0,610 | 0,710 | 0,620 | 0,610 | 0,635 |
| 9 | 0,560 | 0,565 | 0,610 | 0,596 | 0,595 | 0,595 | 0,615 | 0,585 | 0,635 | 0,575 | 0,645 | 0,595 | 0,595 | 0,605 |
| 10 | 0,550 | 0,585 | 0,600 | 0,605 | 0,555 | 0,565 | 0,600 | 0,575 | 0,560 | 0,545 | 0,655 | 0,585 | 0,590 | 0,600 |
| 11 | 0,717 | 0,725 | 0,760 | 0,755 | 0,770 | 0,765 | 0,755 | 0,735 | 0,725 | 0,700 | 0,800 | 0,754 | 0,680 | 0,731 |
| 12 | 0,665 | 0,690 | 0,695 | 0,670 | 0,655 | 0,665 | 0,700 | 0,675 | 0,675 | 0,635 | 0,770 | 0,655 | 0,620 | 0,678 |
| 13 | 0,650 | 0,660 | 0,685 | 0,655 | 0,655 | 0,640 | 0,670 | 0,655 | 0,680 | 0,675 | 0,730 | 0,675 | 0,620 | 0,670 |
| 14 | 0,590 | 0,675 | 0,675 | 0,605 | 0,640 | 0,645 | 0,675 | 0,660 | 0,670 | 0,655 | 0,730 | 0,565 | 0,630 | 0,670 |
| 15 | 0,615 | 0,660 | 0,655 | 0,630 | 0,665 | 0,665 | 0,710 | 0,660 | 0,675 | 0,655 | 0,730 | 0,695 | 0,640 | 0,645 |
| 16 | 0,590 | 0,610 | 0,620 | 0,590 | 0,600 | 0,650 | 0,680 | 0,605 | 0,655 | 0,650 | 0,720 | 0,660 | 0,640 | 0,630 |
| 17 | 0,585 | 0,615 | 0,635 | 0,625 | 0,595 | 0,620 | 0,645 | 0,610 | 0,620 | 0,580 | 0,685 | 0,610 | 0,590 | 0,650 |
| 18 | 0,570 | 0,555 | 0,610 | 0,605 | 0,605 | 0,605 | 0,661 | 0,595 | 0,650 | 0,605 | 0,655 | 0,635 | 0,605 | 0,620 |
| 19 | 0,565 | 0,555 | 0,600 | 0,610 | 0,590 | 0,605 | 0,625 | 0,635 | 0,600 | 0,585 | 0,687 | 0,600 | 0,565 | 0,575 |
| 20 | 0,565 | 0,585 | 0,585 | 0,580 | 0,565 | 0,585 | 0,575 | 0,565 | 0,590 | 0,555 | 0,650 | 0,555 | 0,565 | 0,575 |
| 21 | 0,695 | 0,700 | 0,690 | 0,670 | 0,585 | 0,645 | 0,670 | 0,635 | 0,665 | 0,650 | 0,765 | 0,672 | 0,675 | 0,705 |
| 22 | 0,695 | 0,725 | 0,725 | 0,705 | 0,710 | 0,735 | 0,690 | 0,695 | 0,690 | 0,670 | 0,720 | 0,675 | 0,710 | 0,675 |
| 23 | 0,615 | 0,679 | 0,635 | 0,605 | 0,625 | 0,620 | 0,600 | 0,630 | 0,635 | 0,580 | 0,670 | 0,585 | 0,635 | 0,670 |
| 24 | 0,640 | 0,685 | 0,655 | 0,625 | 0,650 | 0,640 | 0,625 | 0,640 | 0,635 | 0,680 | 0,615 | 0,560 | 0,670 | 0,675 |
| 25 | 0,630 | 0,660 | 0,650 | 0,655 | 0,630 | 0,655 | 0,615 | 0,660 | 0,635 | 0,615 | 0,685 | 0,635 | 0,665 | 0,655 |
| 26 | 0,543 | 0,625 | 0,601 | 0,645 | 0,595 | 0,595 | 0,575 | 0,590 | 0,585 | 0,565 | 0,655 | 0,590 | 0,605 | 0,640 |
| 27 | 0,630 | 0,628 | 0,630 | 0,605 | 0,615 | 0,600 | 0,605 | 0,595 | 0,610 | 0,585 | 0,630 | 0,590 | 0,625 | 0,615 |
| 28 | 0,600 | 0,615 | 0,595 | 0,580 | 0,640 | 0,595 | 0,570 | 0,605 | 0,580 | 0,610 | 0,650 | 0,555 | 0,600 | 0,645 |
| 29 | 0,585 | 0,620 | 0,580 | 0,610 | 0,595 | 0,585 | 0,555 | 0,595 | 0,560 | 0,567 | 0,630 | 0,570 | 0,595 | 0,615 |
| 30 | 0,570 | 0,585 | 0,550 | 0,570 | 0,535 | 0,540 | 0,515 | 0,570 | 0,545 | 0,545 | 0,590 | 0,550 | 0,575 | 0,610 |
| 31 | 0,715 | 0,770 | 0,750 | 0,692 | 0,720 | 0,740 | 0,705 | 0,715 | 0,685 | 0,690 | 0,750 | 0,724 | 0,690 | 0,714 |
| 32 | 0,685 | 0,660 | 0,675 | 0,695 | 0,645 | 0,695 | 0,660 | 0,695 | 0,675 | 0,645 | 0,710 | 0,685 | 0,655 | 0,670 |
| 33 | 0,615 | 0,660 | 0,640 | 0,615 | 0,640 | 0,635 | 0,645 | 0,670 | 0,630 | 0,606 | 0,660 | 0,570 | 0,625 | 0,645 |
| 34 | 0,660 | 0,730 | 0,705 | 0,685 | 0,665 | 0,685 | 0,680 | 0,670 | 0,680 | 0,640 | 0,705 | 0,635 | 0,665 | 0,660 |
| 35 | 0,560 | 0,640 | 0,620 | 0,625 | 0,630 | 0,630 | 0,610 | 0,630 | 0,645 | 0,565 | 0,685 | 0,635 | 0,620 | 0,610 |
| 36 | 0,572 | 0,626 | 0,605 | 0,610 | 0,575 | 0,590 | 0,580 | 0,645 | 0,575 | 0,580 | 0,675 | 0,570 | 0,580 | 0,635 |
| 37 | 0,540 | 0,620 | 0,600 | 0,595 | 0,585 | 0,580 | 0,565 | 0,640 | 0,595 | 0,570 | 0,680 | 0,555 | 0,565 | 0,575 |
| 38 | 0,545 | 0,610 | 0,595 | 0,590 | 0,570 | 0,590 | 0,570 | 0,575 | 0,565 | 0,560 | 0,655 | 0,555 | 0,585 | 0,580 |
| 39 | 0,532 | 0,590 | 0,575 | 0,580 | 0,585 | 0,595 | 0,545 | 0,595 | 0,575 | 0,569 | 0,620 | 0,585 | 0,574 | 0,550 |
| 40 | 0,555 | 0,570 | 0,545 | 0,555 | 0,560 | 0,540 | 0,525 | 0,560 | 0,535 | 0,545 | 0,610 | 0,545 | 0,535 | 0,575 |
| qm (L/h) | 0,609 | 0,643 | 0,640 | 0,629 | 0,621 | 0,632 | 0,632 | 0,634 | 0,629 | 0,610 | 0,688 | 0,617 | 0,624 | 0,641 |
| Desvio Padrão | 0,052 | 0,054 | 0,054 | 0,045 | 0,053 | 0,052 | 0,056 | 0,045 | 0,047 | 0,045 | 0,049 | 0,053 | 0,043 | 0,043 |
| CV (%) | 8,62 | 8,43 | 8,37 | 7,11 | 8,46 | 8,24 | 8,90 | 7,12 | 7,55 | 7,44 | 7,10 | 8,66 | 6,91 | 6,68 |
| Pini (kPa) | 13,46 | 13,497 | 13,48 | 13,46 | 13,447 | 13,457 | 13,783 | 13,47 | 13,447 | 13,443 | 13,493 | 13,487 | 13,49 | 13,323 |
| Pfim (kPa) | 7,473 | 7,657 | 7,273 | 7,323 | 7,717 | 7,413 | 7,247 | 7,405 | 7,423 | 7,267 | 9,077 | 7,353 | 7,45 | 6,587 |

Continuação da Tabela A2

| Emissor | q15 | q16 | q17 | q18 | q19 | q20 | q21 | q22 | q23 | q24 | q25 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 1 | 0,740 | 0,740 | 0,735 | 0,720 | 0,735 | 0,749 | 0,740 | 0,735 | 0,720 | 0,740 | 0,745 |
| 2 | 0,635 | 0,670 | 0,655 | 0,635 | 0,665 | 0,680 | 0,665 | 0,660 | 0,655 | 0,675 | 0,650 |
| 3 | 0,650 | 0,655 | 0,665 | 0,645 | 0,640 | 0,690 | 0,660 | 0,640 | 0,655 | 0,645 | 0,580 |
| 4 | 0,637 | 0,650 | 0,675 | 0,665 | 0,645 | 0,700 | 0,680 | 0,660 | 0,655 | 0,685 | 0,680 |
| 5 | 0,645 | 0,645 | 0,635 | 0,605 | 0,635 | 0,670 | 0,635 | 0,630 | 0,625 | 0,655 | 0,645 |
| 6 | 0,655 | 0,660 | 0,660 | 0,645 | 0,655 | 0,660 | 0,665 | 0,655 | 0,655 | 0,660 | 0,640 |
| 7 | 0,620 | 0,625 | 0,660 | 0,620 | 0,650 | 0,630 | 0,640 | 0,640 | 0,645 | 0,630 | 0,649 |
| 8 | 0,600 | 0,610 | 0,630 | 0,595 | 0,630 | 0,650 | 0,625 | 0,625 | 0,625 | 0,635 | 0,630 |
| 9 | 0,600 | 0,610 | 0,610 | 0,590 | 0,600 | 0,590 | 0,600 | 0,600 | 0,595 | 0,600 | 0,605 |
| 10 | 0,600 | 0,595 | 0,605 | 0,565 | 0,585 | 0,590 | 0,600 | 0,590 | 0,560 | 0,560 | 0,590 |
| 11 | 0,735 | 0,695 | 0,760 | 0,740 | 0,760 | 0,768 | 0,755 | 0,740 | 0,720 | 0,750 | 0,745 |
| 12 | 0,675 | 0,635 | 0,654 | 0,635 | 0,660 | 0,690 | 0,695 | 0,665 | 0,660 | 0,705 | 0,675 |
| 13 | 0,675 | 0,710 | 0,700 | 0,660 | 0,675 | 0,710 | 0,680 | 0,710 | 0,680 | 0,690 | 0,665 |
| 14 | 0,685 | 0,700 | 0,695 | 0,625 | 0,682 | 0,700 | 0,690 | 0,710 | 0,676 | 0,700 | 0,690 |
| 15 | 0,660 | 0,690 | 0,675 | 0,670 | 0,640 | 0,690 | 0,670 | 0,675 | 0,665 | 0,680 | 0,670 |
| 16 | 0,640 | 0,665 | 0,655 | 0,630 | 0,625 | 0,675 | 0,650 | 0,660 | 0,650 | 0,645 | 0,645 |
| 17 | 0,650 | 0,660 | 0,635 | 0,625 | 0,665 | 0,680 | 0,620 | 0,625 | 0,640 | 0,655 | 0,640 |
| 18 | 0,630 | 0,655 | 0,625 | 0,610 | 0,645 | 0,650 | 0,620 | 0,640 | 0,630 | 0,635 | 0,568 |
| 19 | 0,605 | 0,560 | 0,600 | 0,565 | 0,585 | 0,605 | 0,600 | 0,595 | 0,585 | 0,580 | 0,585 |
| 20 | 0,575 | 0,550 | 0,590 | 0,560 | 0,580 | 0,575 | 0,585 | 0,600 | 0,585 | 0,570 | 0,580 |
| 21 | 0,727 | 0,725 | 0,720 | 0,715 | 0,710 | 0,768 | 0,740 | 0,745 | 0,735 | 0,720 | 0,730 |
| 22 | 0,750 | 0,710 | 0,710 | 0,705 | 0,695 | 0,730 | 0,721 | 0,710 | 0,710 | 0,705 | 0,720 |
| 23 | 0,655 | 0,630 | 0,630 | 0,635 | 0,625 | 0,665 | 0,640 | 0,635 | 0,640 | 0,670 | 0,655 |
| 24 | 0,680 | 0,650 | 0,650 | 0,650 | 0,655 | 0,690 | 0,670 | 0,665 | 0,675 | 0,675 | 0,665 |
| 25 | 0,660 | 0,650 | 0,655 | 0,640 | 0,635 | 0,695 | 0,635 | 0,620 | 0,670 | 0,655 | 0,660 |
| 26 | 0,625 | 0,640 | 0,625 | 0,630 | 0,640 | 0,710 | 0,645 | 0,630 | 0,665 | 0,645 | 0,640 |
| 27 | 0,630 | 0,610 | 0,620 | 0,605 | 0,615 | 0,660 | 0,600 | 0,570 | 0,615 | 0,610 | 0,650 |
| 28 | 0,625 | 0,605 | 0,600 | 0,610 | 0,620 | 0,650 | 0,601 | 0,615 | 0,640 | 0,610 | 0,625 |
| 29 | 0,640 | 0,570 | 0,585 | 0,580 | 0,595 | 0,635 | 0,605 | 0,575 | 0,605 | 0,600 | 0,590 |
| 30 | 0,594 | 0,535 | 0,570 | 0,570 | 0,570 | 0,595 | 0,585 | 0,580 | 0,580 | 0,575 | 0,585 |
| 31 | 0,715 | 0,715 | 0,720 | 0,725 | 0,715 | 0,755 | 0,740 | 0,705 | 0,683 | 0,710 | 0,710 |
| 32 | 0,660 | 0,670 | 0,665 | 0,665 | 0,665 | 0,700 | 0,705 | 0,650 | 0,670 | 0,665 | 0,660 |
| 33 | 0,640 | 0,620 | 0,645 | 0,635 | 0,640 | 0,660 | 0,630 | 0,620 | 0,635 | 0,625 | 0,627 |
| 34 | 0,660 | 0,655 | 0,665 | 0,660 | 0,665 | 0,675 | 0,660 | 0,660 | 0,661 | 0,665 | 0,670 |
| 35 | 0,625 | 0,675 | 0,620 | 0,615 | 0,610 | 0,635 | 0,600 | 0,590 | 0,615 | 0,595 | 0,605 |
| 36 | 0,615 | 0,615 | 0,590 | 0,600 | 0,600 | 0,660 | 0,575 | 0,590 | 0,610 | 0,600 | 0,585 |
| 37 | 0,570 | 0,565 | 0,565 | 0,570 | 0,575 | 0,613 | 0,565 | 0,625 | 0,580 | 0,565 | 0,560 |
| 38 | 0,585 | 0,585 | 0,580 | 0,575 | 0,575 | 0,585 | 0,585 | 0,560 | 0,590 | 0,565 | 0,550 |
| 39 | 0,610 | 0,510 | 0,555 | 0,540 | 0,550 | 0,555 | 0,540 | 0,555 | 0,540 | 0,530 | 0,530 |
| 40 | 0,550 | 0,500 | 0,545 | 0,550 | 0,540 | 0,565 | 0,535 | 0,530 | 0,540 | 0,515 | 0,560 |
| qm (L/h) | 0,643 | 0,635 | 0,641 | 0,627 | 0,636 | 0,664 | 0,641 | 0,637 | 0,638 | 0,640 | 0,636 |
| Desvio Padrão | 0,046 | 0,058 | 0,05 | 0,049 | 0,048 | 0,054 | 0,055 | 0,052 | 0,047 | 0,056 | 0,054 |
| CV (%) | 7,19 | 9,06 | 7,86 | 7,89 | 7,62 | 8,18 | 8,60 | 8,20 | 7,34 | 8,83 | 8,46 |
| Pini (kPa) | 13,363 | 13,153 | 13,367 | 13,337 | 13,353 | 13,317 | 13,343 | 13,34 | 13,32 | 13,35 | 13,347 |
| Pfim (kPa) | 6,64 | 6,63 | 6,69 | 6,693 | 6,73 | 6,43 | 6,63 | 6,673 | 6,627 | 6,827 | 6,695 |

Tabela A3 Vazões médias, desvio padrão, coeficiente de variação (CV) e pressões obtidas no tratamento T3

| Emissor/ensaio | q1 | q2 | q3 | q4 | q5 | q6 | q7 | q8 | q9 | q10 | q11 | q12 | q13 | q14 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,770 | 0,830 | 0,850 | 0,815 | 0,795 | 0,805 | 0,705 | 0,765 | 0,775 | 0,757 | 0,810 | 0,780 | 0,755 | 0,775 |
| 2 | 0,720 | 0,770 | 0,755 | 0,745 | 0,700 | 0,725 | 0,690 | 0,675 | 0,695 | 0,703 | 0,740 | 0,715 | 0,705 | 0,710 |
| 3 | 0,688 | 0,750 | 0,770 | 0,720 | 0,710 | 0,725 | 0,710 | 0,695 | 0,715 | 0,643 | 0,705 | 0,715 | 0,670 | 0,730 |
| 4 | 0,705 | 0,755 | 0,770 | 0,700 | 0,710 | 0,710 | 0,705 | 0,670 | 0,690 | 0,658 | 0,690 | 0,715 | 0,670 | 0,715 |
| 5 | 0,695 | 0,720 | 0,740 | 0,699 | 0,690 | 0,695 | 0,675 | 0,675 | 0,675 | 0,650 | 0,695 | 0,680 | 0,650 | 0,705 |
| 6 | 0,680 | 0,715 | 0,720 | 0,665 | 0,635 | 0,655 | 0,645 | 0,640 | 0,650 | 0,637 | 0,722 | 0,665 | 0,640 | 0,725 |
| 7 | 0,680 | 0,690 | 0,730 | 0,680 | 0,700 | 0,685 | 0,705 | 0,675 | 0,690 | 0,650 | 0,700 | 0,713 | 0,655 | 0,655 |
| 8 | 0,645 | 0,660 | 0,690 | 0,670 | 0,625 | 0,665 | 0,640 | 0,665 | 0,690 | 0,637 | 0,710 | 0,685 | 0,660 | 0,640 |
| 9 | 0,655 | 0,680 | 0,720 | 0,660 | 0,645 | 0,645 | 0,655 | 0,630 | 0,645 | 0,627 | 0,625 | 0,650 | 0,615 | 0,690 |
| 10 | 0,615 | 0,675 | 0,710 | 0,665 | 0,620 | 0,625 | 0,655 | 0,625 | 0,620 | 0,596 | 0,670 | 0,665 | 0,595 | 0,675 |
| 11 | 0,780 | 0,770 | 0,860 | 0,765 | 0,770 | 0,815 | 0,790 | 0,765 | 0,795 | 0,720 | 0,820 | 0,805 | 0,755 | 0,785 |
| 12 | 0,730 | 0,775 | 0,790 | 0,735 | 0,730 | 0,738 | 0,735 | 0,705 | 0,730 | 0,718 | 0,780 | 0,690 | 0,695 | 0,685 |
| 13 | 0,735 | 0,775 | 0,790 | 0,710 | 0,735 | 0,695 | 0,720 | 0,705 | 0,715 | 0,682 | 0,750 | 0,710 | 0,645 | 0,720 |
| 14 | 0,720 | 0,755 | 0,770 | 0,670 | 0,685 | 0,705 | 0,735 | 0,705 | 0,720 | 0,710 | 0,730 | 0,716 | 0,710 | 0,735 |
| 15 | 0,705 | 0,720 | 0,752 | 0,680 | 0,720 | 0,720 | 0,740 | 0,685 | 0,735 | 0,705 | 0,745 | 0,715 | 0,700 | 0,695 |
| 16 | 0,620 | 0,685 | 0,720 | 0,655 | 0,670 | 0,593 | 0,700 | 0,660 | 0,710 | 0,675 | 0,725 | 0,710 | 0,680 | 0,670 |
| 17 | 0,680 | 0,705 | 0,730 | 0,680 | 0,655 | 0,670 | 0,625 | 0,635 | 0,655 | 0,625 | 0,710 | 0,628 | 0,650 | 0,650 |
| 18 | 0,646 | 0,685 | 0,710 | 0,680 | 0,670 | 0,640 | 0,710 | 0,675 | 0,715 | 0,664 | 0,695 | 0,690 | 0,655 | 0,645 |
| 19 | 0,640 | 0,675 | 0,710 | 0,685 | 0,660 | 0,655 | 0,615 | 0,645 | 0,655 | 0,648 | 0,650 | 0,696 | 0,630 | 0,640 |
| 20 | 0,624 | 0,670 | 0,700 | 0,660 | 0,625 | 0,635 | 0,640 | 0,625 | 0,655 | 0,638 | 0,645 | 0,660 | 0,645 | 0,630 |
| 21 | 0,790 | 0,663 | 0,790 | 0,745 | 0,747 | 0,730 | 0,695 | 0,735 | 0,750 | 0,705 | 0,805 | 0,740 | 0,725 | 0,770 |
| 22 | 0,775 | 0,785 | 0,830 | 0,755 | 0,770 | 0,765 | 0,735 | 0,680 | 0,760 | 0,683 | 0,800 | 0,745 | 0,752 | 0,775 |
| 23 | 0,740 | 0,710 | 0,725 | 0,685 | 0,685 | 0,670 | 0,630 | 0,670 | 0,675 | 0,603 | 0,755 | 0,665 | 0,665 | 0,695 |
| 24 | 0,745 | 0,715 | 0,755 | 0,705 | 0,695 | 0,700 | 0,665 | 0,685 | 0,710 | 0,622 | 0,680 | 0,665 | 0,700 | 0,720 |
| 25 | 0,660 | 0,710 | 0,765 | 0,730 | 0,705 | 0,705 | 0,670 | 0,680 | 0,720 | 0,655 | 0,735 | 0,708 | 0,695 | 0,675 |
| 26 | 0,660 | 0,645 | 0,695 | 0,665 | 0,645 | 0,650 | 0,640 | 0,645 | 0,655 | 0,633 | 0,700 | 0,635 | 0,665 | 0,680 |
| 27 | 0,720 | 0,705 | 0,730 | 0,670 | 0,655 | 0,655 | 0,650 | 0,645 | 0,650 | 0,630 | 0,705 | 0,650 | 0,670 | 0,678 |
| 28 | 0,695 | 0,650 | 0,690 | 0,655 | 0,630 | 0,650 | 0,605 | 0,630 | 0,655 | 0,615 | 0,695 | 0,640 | 0,670 | 0,650 |
| 29 | 0,680 | 0,660 | 0,670 | 0,655 | 0,645 | 0,640 | 0,610 | 0,620 | 0,629 | 0,615 | 0,655 | 0,635 | 0,640 | 0,690 |
| 30 | 0,645 | 0,635 | 0,665 | 0,630 | 0,600 | 0,590 | 0,625 | 0,625 | 0,640 | 0,593 | 0,645 | 0,612 | 0,625 | 0,660 |
| 31 | 0,811 | 0,770 | 0,855 | 0,720 | 0,777 | 0,770 | 0,750 | 0,765 | 0,790 | 0,741 | 0,810 | 0,770 | 0,750 | 0,770 |
| 32 | 0,775 | 0,770 | 0,800 | 0,735 | 0,755 | 0,740 | 0,715 | 0,740 | 0,760 | 0,682 | 0,770 | 0,725 | 0,700 | 0,725 |
| 33 | 0,715 | 0,710 | 0,740 | 0,680 | 0,695 | 0,695 | 0,655 | 0,690 | 0,725 | 0,652 | 0,730 | 0,685 | 0,677 | 0,680 |
| 34 | 0,750 | 0,780 | 0,800 | 0,710 | 0,710 | 0,745 | 0,700 | 0,710 | 0,770 | 0,684 | 0,715 | 0,735 | 0,695 | 0,725 |
| 35 | 0,700 | 0,695 | 0,710 | 0,665 | 0,680 | 0,685 | 0,645 | 0,645 | 0,675 | 0,652 | 0,715 | 0,670 | 0,670 | 0,680 |
| 36 | 0,675 | 0,675 | 0,690 | 0,665 | 0,650 | 0,635 | 0,620 | 0,620 | 0,655 | 0,622 | 0,680 | 0,640 | 0,625 | 0,665 |
| 37 | 0,670 | 0,670 | 0,705 | 0,670 | 0,645 | 0,620 | 0,610 | 0,610 | 0,635 | 0,608 | 0,720 | 0,615 | 0,620 | 0,625 |
| 38 | 0,645 | 0,641 | 0,690 | 0,635 | 0,640 | 0,588 | 0,610 | 0,605 | 0,625 | 0,612 | 0,700 | 0,615 | 0,625 | 0,615 |
| 39 | 0,660 | 0,615 | 0,680 | 0,636 | 0,640 | 0,630 | 0,615 | 0,625 | 0,680 | 0,620 | 0,645 | 0,655 | 0,635 | 0,625 |
| 40 | 0,630 | 0,615 | 0,650 | 0,635 | 0,610 | 0,590 | 0,580 | 0,600 | 0,615 | 0,589 | 0,670 | 0,605 | 0,580 | 0,625 |
| qm (L/h) | 0,697 | 0,707 | 0,741 | 0,690 | 0,683 | 0,681 | 0,671 | 0,669 | 0,693 | 0,654 | 0,716 | 0,685 | 0,669 | 0,690 |
| Desvio Padrão | 0,051 | 0,052 | 0,053 | 0,040 | 0,050 | 0,057 | 0,049 | 0,044 | 0,049 | 0,042 | 0,050 | 0,048 | 0,043 | 0,046 |
| CV (%) | 7,35 | 7,39 | 7,13 | 5,85 | 7,29 | 8,33 | 7,36 | 6,64 | 7,10 | 6,42 | 6,96 | 6,94 | 6,36 | 6,68 |
| Pini (kPa) | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 15,3 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 15,5 | 15,4 | 15,4 | 15,2 |
| Pfim (kPa) | 8,7 | 9,1 | 8,7 | 8,7 | 8,6 | 8,9 | 8,7 | 8,9 | 8,6 | 8,8 | 10,6 | 8,7 | 8,9 | 7,9 |

Continuação da Tabela A3

| Emissor/ensaio | q15 | q16 | q17 | q18 | q19 | q20 | q21 | q22 | q23 | q24 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,775 | 0,770 | 0,770 | 0,760 | 0,780 | 0,813 | 0,774 | 0,780 | 0,785 | 0,800 |
| 2 | 0,700 | 0,705 | 0,685 | 0,675 | 0,705 | 0,760 | 0,700 | 0,700 | 0,700 | 0,725 |
| 3 | 0,735 | 0,710 | 0,700 | 0,665 | 0,700 | 0,715 | 0,690 | 0,690 | 0,705 | 0,740 |
| 4 | 0,650 | 0,710 | 0,660 | 0,670 | 0,655 | 0,720 | 0,705 | 0,690 | 0,690 | 0,730 |
| 5 | 0,645 | 0,680 | 0,695 | 0,687 | 0,695 | 0,695 | 0,670 | 0,670 | 0,690 | 0,710 |
| 6 | 0,700 | 0,695 | 0,690 | 0,665 | 0,705 | 0,745 | 0,685 | 0,690 | 0,705 | 0,720 |
| 7 | 0,695 | 0,665 | 0,680 | 0,655 | 0,690 | 0,700 | 0,690 | 0,655 | 0,695 | 0,715 |
| 8 | 0,655 | 0,675 | 0,650 | 0,650 | 0,675 | 0,695 | 0,660 | 0,670 | 0,680 | 0,675 |
| 9 | 0,581 | 0,663 | 0,650 | 0,625 | 0,655 | 0,665 | 0,650 | 0,650 | 0,675 | 0,675 |
| 10 | 0,650 | 0,640 | 0,635 | 0,625 | 0,645 | 0,665 | 0,635 | 0,620 | 0,675 | 0,660 |
| 11 | 0,790 | 0,780 | 0,790 | 0,775 | 0,810 | 0,803 | 0,795 | 0,800 | 0,785 | 0,795 |
| 12 | 0,695 | 0,705 | 0,705 | 0,736 | 0,720 | 0,710 | 0,710 | 0,685 | 0,700 | 0,715 |
| 13 | 0,710 | 0,745 | 0,700 | 0,720 | 0,745 | 0,745 | 0,770 | 0,740 | 0,740 | 0,740 |
| 14 | 0,737 | 0,745 | 0,720 | 0,705 | 0,710 | 0,740 | 0,790 | 0,735 | 0,735 | 0,725 |
| 15 | 0,710 | 0,735 | 0,680 | 0,650 | 0,715 | 0,715 | 0,725 | 0,700 | 0,720 | 0,700 |
| 16 | 0,680 | 0,700 | 0,660 | 0,675 | 0,695 | 0,690 | 0,705 | 0,695 | 0,685 | 0,680 |
| 17 | 0,665 | 0,680 | 0,670 | 0,655 | 0,690 | 0,700 | 0,690 | 0,725 | 0,685 | 0,690 |
| 18 | 0,680 | 0,675 | 0,670 | 0,650 | 0,670 | 0,685 | 0,700 | 0,710 | 0,665 | 0,650 |
| 19 | 0,623 | 0,640 | 0,630 | 0,615 | 0,635 | 0,625 | 0,675 | 0,675 | 0,625 | 0,635 |
| 20 | 0,610 | 0,630 | 0,640 | 0,615 | 0,635 | 0,640 | 0,650 | 0,625 | 0,630 | 0,625 |
| 21 | 0,765 | 0,750 | 0,765 | 0,755 | 0,775 | 0,831 | 0,813 | 0,775 | 0,770 | 0,786 |
| 22 | 0,780 | 0,755 | 0,760 | 0,765 | 0,725 | 0,810 | 0,780 | 0,742 | 0,765 | 0,710 |
| 23 | 0,685 | 0,665 | 0,656 | 0,734 | 0,690 | 0,700 | 0,680 | 0,715 | 0,709 | 0,685 |
| 24 | 0,695 | 0,695 | 0,720 | 0,685 | 0,700 | 0,725 | 0,725 | 0,735 | 0,715 | 0,685 |
| 25 | 0,690 | 0,675 | 0,680 | 0,675 | 0,675 | 0,690 | 0,700 | 0,685 | 0,698 | 0,680 |
| 26 | 0,670 | 0,670 | 0,690 | 0,665 | 0,675 | 0,715 | 0,685 | 0,680 | 0,695 | 0,670 |
| 27 | 0,665 | 0,650 | 0,660 | 0,645 | 0,640 | 0,705 | 0,660 | 0,660 | 0,685 | 0,665 |
| 28 | 0,675 | 0,670 | 0,660 | 0,640 | 0,650 | 0,705 | 0,675 | 0,695 | 0,665 | 0,645 |
| 29 | 0,661 | 0,652 | 0,660 | 0,660 | 0,640 | 0,700 | 0,645 | 0,695 | 0,675 | 0,635 |
| 30 | 0,660 | 0,625 | 0,610 | 0,610 | 0,615 | 0,665 | 0,630 | 0,650 | 0,650 | 0,605 |
| 31 | 0,740 | 0,727 | 0,765 | 0,770 | 0,790 | 0,794 | 0,765 | 0,760 | 0,760 | 0,785 |
| 32 | 0,715 | 0,715 | 0,715 | 0,710 | 0,705 | 0,710 | 0,705 | 0,710 | 0,710 | 0,700 |
| 33 | 0,675 | 0,685 | 0,685 | 0,645 | 0,671 | 0,685 | 0,665 | 0,665 | 0,675 | 0,685 |
| 34 | 0,710 | 0,700 | 0,720 | 0,670 | 0,710 | 0,715 | 0,695 | 0,700 | 0,690 | 0,690 |
| 35 | 0,660 | 0,674 | 0,675 | 0,655 | 0,655 | 0,650 | 0,645 | 0,660 | 0,655 | 0,650 |
| 36 | 0,640 | 0,650 | 0,675 | 0,635 | 0,640 | 0,655 | 0,625 | 0,640 | 0,690 | 0,625 |
| 37 | 0,600 | 0,675 | 0,615 | 0,600 | 0,610 | 0,610 | 0,605 | 0,610 | 0,600 | 0,615 |
| 38 | 0,625 | 0,615 | 0,620 | 0,620 | 0,620 | 0,630 | 0,615 | 0,630 | 0,610 | 0,605 |
| 39 | 0,585 | 0,595 | 0,610 | 0,560 | 0,595 | 0,600 | 0,605 | 0,590 | 0,595 | 0,600 |
| 40 | 0,600 | 0,605 | 0,605 | 0,575 | 0,590 | 0,595 | 0,600 | 0,585 | 0,595 | 0,600 |
| qm (L/h) | 0,680 | 0,685 | 0,681 | 0,669 | 0,683 | 0,703 | 0,690 | 0,687 | 0,689 | 0,686 |
| Desvio Padrão | 0,052 | 0,044 | 0,046 | 0,052 | 0,051 | 0,057 | 0,055 | 0,049 | 0,048 | 0,053 |
| CV (%) | 7,59 | 6,46 | 6,78 | 7,85 | 7,54 | 8,05 | 7,94 | 7,18 | 6,89 | 7,79 |
| Pini (kPa) | 15,3 | 15,3 | 15,3 | 15,2 | 15,3 | 15,2 | 15,3 | 15,3 | 15,2 | 15,3 |
| Pfim (kPa) | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,1 | 8,1 | 7,9 | 8,0 | 8,2 | 8,1 | 8,1 |

Tabela A4 vazões médias, desvio padrão, coeficiente de variação (CV) e pressões obtidas no tratamento T4.

| Emissor/ensaio | q1 | q2 | q3 | q4 | q5 | q6 | q7 | q8 | q9 | q10 | q11 | q12 | q13 | q14 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,800 | 0,825 | 0,890 | 0,860 | 0,830 | 0,800 | 0,828 | 0,845 | 0,810 | 0,800 | 0,795 | 0,860 | 0,760 | 0,805 |
| 2 | 0,730 | 0,760 | 0,790 | 0,770 | 0,740 | 0,730 | 0,747 | 0,785 | 0,740 | 0,735 | 0,735 | 0,810 | 0,735 | 0,760 |
| 3 | 0,730 | 0,735 | 0,785 | 0,775 | 0,770 | 0,730 | 0,753 | 0,780 | 0,750 | 0,745 | 0,690 | 0,710 | 0,700 | 0,695 |
| 4 | 0,740 | 0,745 | 0,835 | 0,765 | 0,735 | 0,740 | 0,747 | 0,765 | 0,720 | 0,735 | 0,645 | 0,790 | 0,720 | 0,725 |
| 5 | 0,670 | 0,725 | 0,790 | 0,710 | 0,729 | 0,670 | 0,707 | 0,740 | 0,720 | 0,685 | 0,680 | 0,800 | 0,710 | 0,705 |
| 6 | 0,690 | 0,690 | 0,755 | 0,730 | 0,730 | 0,690 | 0,677 | 0,725 | 0,705 | 0,680 | 0,660 | 0,790 | 0,680 | 0,675 |
| 7 | 0,715 | 0,710 | 0,790 | 0,725 | 0,710 | 0,715 | 0,722 | 0,765 | 0,715 | 0,715 | 0,720 | 0,775 | 0,702 | 0,665 |
| 8 | 0,695 | 0,680 | 0,730 | 0,705 | 0,705 | 0,695 | 0,703 | 0,740 | 0,705 | 0,695 | 0,690 | 0,755 | 0,725 | 0,700 |
| 9 | 0,680 | 0,710 | 0,745 | 0,735 | 0,710 | 0,680 | 0,668 | 0,715 | 0,675 | 0,670 | 0,660 | 0,690 | 0,711 | 0,670 |
| 10 | 0,660 | 0,695 | 0,765 | 0,720 | 0,700 | 0,660 | 0,682 | 0,680 | 0,675 | 0,670 | 0,675 | 0,696 | 0,644 | 0,655 |
| 11 | 0,840 | 0,840 | 0,790 | 0,860 | 0,830 | 0,825 | 0,847 | 0,865 | 0,830 | 0,830 | 0,820 | 0,885 | 0,790 | 0,765 |
| 12 | 0,745 | 0,775 | 0,815 | 0,790 | 0,780 | 0,745 | 0,750 | 0,806 | 0,735 | 0,772 | 0,735 | 0,840 | 0,730 | 0,740 |
| 13 | 0,735 | 0,720 | 0,800 | 0,775 | 0,760 | 0,735 | 0,733 | 0,790 | 0,725 | 0,745 | 0,730 | 0,810 | 0,730 | 0,735 |
| 14 | 0,725 | 0,760 | 0,785 | 0,765 | 0,725 | 0,725 | 0,745 | 0,805 | 0,730 | 0,755 | 0,735 | 0,785 | 0,731 | 0,745 |
| 15 | 0,720 | 0,715 | 0,815 | 0,750 | 0,750 | 0,720 | 0,767 | 0,785 | 0,735 | 0,750 | 0,747 | 0,785 | 0,720 | 0,740 |
| 16 | 0,675 | 0,725 | 0,750 | 0,720 | 0,715 | 0,675 | 0,665 | 0,795 | 0,710 | 0,735 | 0,745 | 0,805 | 0,740 | 0,715 |
| 17 | 0,675 | 0,720 | 0,725 | 0,724 | 0,705 | 0,675 | 0,700 | 0,710 | 0,695 | 0,690 | 0,670 | 0,745 | 0,705 | 0,630 |
| 18 | 0,680 | 0,700 | 0,700 | 0,715 | 0,710 | 0,680 | 0,690 | 0,745 | 0,725 | 0,725 | 0,715 | 0,707 | 0,710 | 0,705 |
| 19 | 0,675 | 0,695 | 0,715 | 0,725 | 0,715 | 0,675 | 0,687 | 0,730 | 0,680 | 0,695 | 0,690 | 0,685 | 0,695 | 0,645 |
| 20 | 0,660 | 0,690 | 0,745 | 0,715 | 0,695 | 0,660 | 0,677 | 0,695 | 0,680 | 0,685 | 0,670 | 0,710 | 0,810 | 0,680 |
| 21 | 0,760 | 0,820 | 0,730 | 0,805 | 0,785 | 0,760 | 0,768 | 0,770 | 0,770 | 0,775 | 0,760 | 0,835 | 0,745 | 0,775 |
| 22 | 0,770 | 0,835 | 0,790 | 0,805 | 0,800 | 0,770 | 0,813 | 0,800 | 0,761 | 0,787 | 0,765 | 0,805 | 0,710 | 0,785 |
| 23 | 0,720 | 0,775 | 0,735 | 0,735 | 0,755 | 0,720 | 0,713 | 0,745 | 0,715 | 0,700 | 0,660 | 0,785 | 0,725 | 0,710 |
| 24 | 0,740 | 0,785 | 0,750 | 0,750 | 0,725 | 0,740 | 0,723 | 0,750 | 0,725 | 0,740 | 0,687 | 0,700 | 0,760 | 0,697 |
| 25 | 0,750 | 0,765 | 0,730 | 0,770 | 0,740 | 0,750 | 0,728 | 0,750 | 0,725 | 0,746 | 0,720 | 0,745 | 0,720 | 0,735 |
| 26 | 0,700 | 0,715 | 0,715 | 0,710 | 0,690 | 0,700 | 0,678 | 0,670 | 0,675 | 0,695 | 0,670 | 0,730 | 0,710 | 0,670 |
| 27 | 0,710 | 0,770 | 0,715 | 0,735 | 0,715 | 0,710 | 0,692 | 0,715 | 0,665 | 0,710 | 0,680 | 0,730 | 0,720 | 0,690 |
| 28 | 0,690 | 0,720 | 0,700 | 0,675 | 0,685 | 0,690 | 0,678 | 0,685 | 0,685 | 0,675 | 0,665 | 0,715 | 0,660 | 0,670 |
| 29 | 0,690 | 0,730 | 0,715 | 0,690 | 0,685 | 0,690 | 0,665 | 0,690 | 0,665 | 0,655 | 0,655 | 0,690 | 0,705 | 0,670 |
| 30 | 0,650 | 0,695 | 0,715 | 0,650 | 0,645 | 0,650 | 0,637 | 0,650 | 0,665 | 0,680 | 0,645 | 0,660 | 0,715 | 0,665 |
| 31 | 0,775 | 0,860 | 0,815 | 0,845 | 0,810 | 0,776 | 0,792 | 0,830 | 0,800 | 0,820 | 0,785 | 0,855 | 0,775 | 0,770 |
| 32 | 0,770 | 0,830 | 0,830 | 0,790 | 0,770 | 0,770 | 0,792 | 0,790 | 0,780 | 0,780 | 0,765 | 0,780 | 0,750 | 0,745 |
| 33 | 0,735 | 0,770 | 0,755 | 0,745 | 0,725 | 0,735 | 0,738 | 0,735 | 0,715 | 0,700 | 0,670 | 0,730 | 0,691 | 0,695 |
| 34 | 0,743 | 0,835 | 0,765 | 0,805 | 0,730 | 0,728 | 0,767 | 0,775 | 0,785 | 0,805 | 0,745 | 0,752 | 0,697 | 0,730 |
| 35 | 0,730 | 0,740 | 0,695 | 0,720 | 0,710 | 0,730 | 0,713 | 0,720 | 0,715 | 0,730 | 0,705 | 0,755 | 0,725 | 0,704 |
| 36 | 0,690 | 0,715 | 0,715 | 0,700 | 0,685 | 0,690 | 0,660 | 0,665 | 0,680 | 0,685 | 0,655 | 0,700 | 0,700 | 0,655 |
| 37 | 0,675 | 0,705 | 0,720 | 0,690 | 0,675 | 0,675 | 0,657 | 0,685 | 0,645 | 0,665 | 0,660 | 0,680 | 0,705 | 0,650 |
| 38 | 0,675 | 0,690 | 0,685 | 0,685 | 0,685 | 0,675 | 0,650 | 0,680 | 0,655 | 0,670 | 0,655 | 0,695 | 0,645 | 0,650 |
| 39 | 0,705 | 0,697 | 0,675 | 0,685 | 0,650 | 0,705 | 0,678 | 0,700 | 0,670 | 0,665 | 0,655 | 0,680 | 0,690 | 0,665 |
| 40 | 0,645 | 0,690 | 0,675 | 0,655 | 0,640 | 0,645 | 0,627 | 0,655 | 0,645 | 0,663 | 0,630 | 0,672 | 0,700 | 0,630 |
| qm (L/h) | 0,714 | 0,744 | 0,754 | 0,742 | 0,726 | 0,713 | 0,717 | 0,743 | 0,715 | 0,721 | 0,701 | 0,753 | 0,717 | 0,703 |
| Desvio Padrão | 0,043 | 0,051 | 0,049 | 0,051 | 0,046 | 0,041 | 0,053 | 0,054 | 0,045 | 0,048 | 0,047 | 0,059 | 0,033 | 0,045 |
| CV (%) | 5,98 | 6,84 | 6,47 | 6,88 | 6,31 | 5,81 | 7,37 | 7,21 | 6,33 | 6,59 | 6,73 | 7,79 | 4,66 | 6,37 |
| Pini (kPa) | 17,27 | 17,32 | 17,37 | 17,13 | 17,49 | 17,33 | 17,33 | 17,33 | 17,36 | 17,36 | 17,38 | 17,34 | 17,32 | 17,34 |
| Pfim (kPa) | 10,33 | 10,22 | 10,49 | 10,12 | 10,21 | 9,71 | 10,37 | 10,18 | 10,29 | 9,96 | 9,96 | 12 | 10,1 | 10,37 |

Continuação da tabela A4

| Emissor//ensaio | q15 | q16 | q17 | q18 | q19 | q20 | q21 | q22 | q23 | q24 | q25 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,826 | 0,820 | 0,844 | 0,830 | 0,850 | 0,815 | 0,830 | 0,820 | 0,815 | 0,835 | 0,815 |
| 2 | 0,730 | 0,745 | 0,735 | 0,750 | 0,760 | 0,740 | 0,760 | 0,740 | 0,745 | 0,760 | 0,755 |
| 3 | 0,725 | 0,740 | 0,725 | 0,750 | 0,745 | 0,735 | 0,750 | 0,735 | 0,715 | 0,730 | 0,740 |
| 4 | 0,740 | 0,730 | 0,730 | 0,705 | 0,745 | 0,730 | 0,745 | 0,735 | 0,735 | 0,745 | 0,785 |
| 5 | 0,725 | 0,725 | 0,715 | 0,735 | 0,730 | 0,715 | 0,735 | 0,715 | 0,720 | 0,730 | 0,720 |
| 6 | 0,695 | 0,740 | 0,730 | 0,730 | 0,765 | 0,735 | 0,775 | 0,735 | 0,750 | 0,740 | 0,735 |
| 7 | 0,710 | 0,685 | 0,740 | 0,745 | 0,745 | 0,730 | 0,745 | 0,735 | 0,755 | 0,730 | 0,725 |
| 8 | 0,720 | 0,735 | 0,710 | 0,730 | 0,710 | 0,730 | 0,710 | 0,740 | 0,715 | 0,680 | 0,725 |
| 9 | 0,685 | 0,695 | 0,690 | 0,720 | 0,705 | 0,695 | 0,695 | 0,685 | 0,680 | 0,700 | 0,680 |
| 10 | 0,685 | 0,705 | 0,695 | 0,765 | 0,685 | 0,685 | 0,705 | 0,680 | 0,635 | 0,685 | 0,705 |
| 11 | 0,853 | 0,830 | 0,835 | 0,830 | 0,858 | 0,825 | 0,835 | 0,855 | 0,800 | 0,835 | 0,834 |
| 12 | 0,730 | 0,735 | 0,815 | 0,770 | 0,765 | 0,740 | 0,750 | 0,735 | 0,775 | 0,755 | 0,760 |
| 13 | 0,760 | 0,765 | 0,755 | 0,805 | 0,805 | 0,785 | 0,780 | 0,775 | 0,820 | 0,785 | 0,780 |
| 14 | 0,775 | 0,775 | 0,790 | 0,790 | 0,800 | 0,741 | 0,785 | 0,730 | 0,825 | 0,760 | 0,775 |
| 15 | 0,735 | 0,705 | 0,765 | 0,775 | 0,775 | 0,755 | 0,745 | 0,760 | 0,760 | 0,760 | 0,745 |
| 16 | 0,710 | 0,715 | 0,725 | 0,755 | 0,755 | 0,735 | 0,748 | 0,740 | 0,755 | 0,720 | 0,730 |
| 17 | 0,740 | 0,715 | 0,720 | 0,755 | 0,745 | 0,740 | 0,735 | 0,735 | 0,750 | 0,735 | 0,730 |
| 18 | 0,710 | 0,705 | 0,700 | 0,735 | 0,725 | 0,745 | 0,710 | 0,710 | 0,680 | 0,725 | 0,710 |
| 19 | 0,680 | 0,660 | 0,680 | 0,640 | 0,695 | 0,680 | 0,665 | 0,675 | 0,700 | 0,700 | 0,685 |
| 20 | 0,665 | 0,670 | 0,680 | 0,685 | 0,675 | 0,665 | 0,675 | 0,675 | 0,665 | 0,690 | 0,685 |
| 21 | 0,825 | 0,840 | 0,836 | 0,855 | 0,825 | 0,805 | 0,865 | 0,839 | 0,715 | 0,810 | 0,830 |
| 22 | 0,808 | 0,850 | 0,755 | 0,812 | 0,795 | 0,785 | 0,820 | 0,831 | 0,836 | 0,800 | 0,810 |
| 23 | 0,715 | 0,740 | 0,725 | 0,705 | 0,710 | 0,710 | 0,755 | 0,740 | 0,757 | 0,740 | 0,750 |
| 24 | 0,705 | 0,765 | 0,750 | 0,745 | 0,725 | 0,735 | 0,760 | 0,795 | 0,770 | 0,730 | 0,765 |
| 25 | 0,750 | 0,765 | 0,730 | 0,720 | 0,725 | 0,720 | 0,735 | 0,760 | 0,715 | 0,740 | 0,740 |
| 26 | 0,735 | 0,735 | 0,725 | 0,725 | 0,735 | 0,695 | 0,770 | 0,745 | 0,725 | 0,735 | 0,740 |
| 27 | 0,695 | 0,710 | 0,710 | 0,740 | 0,685 | 0,655 | 0,725 | 0,725 | 0,725 | 0,670 | 0,715 |
| 28 | 0,720 | 0,750 | 0,710 | 0,675 | 0,720 | 0,695 | 0,750 | 0,710 | 0,780 | 0,720 | 0,710 |
| 29 | 0,710 | 0,730 | 0,705 | 0,695 | 0,670 | 0,680 | 0,745 | 0,715 | 0,685 | 0,720 | 0,710 |
| 30 | 0,695 | 0,720 | 0,675 | 0,665 | 0,680 | 0,660 | 0,710 | 0,705 | 0,645 | 0,690 | 0,695 |
| 31 | 0,816 | 0,805 | 0,821 | 0,820 | 0,805 | 0,830 | 0,825 | 0,820 | 0,820 | 0,805 | 0,805 |
| 32 | 0,750 | 0,740 | 0,775 | 0,795 | 0,755 | 0,735 | 0,800 | 0,755 | 0,745 | 0,780 | 0,750 |
| 33 | 0,715 | 0,700 | 0,730 | 0,735 | 0,720 | 0,710 | 0,730 | 0,695 | 0,780 | 0,730 | 0,710 |
| 34 | 0,733 | 0,745 | 0,730 | 0,755 | 0,726 | 0,740 | 0,755 | 0,745 | 0,760 | 0,745 | 0,745 |
| 35 | 0,690 | 0,745 | 0,715 | 0,760 | 0,700 | 0,695 | 0,760 | 0,695 | 0,695 | 0,690 | 0,690 |
| 36 | 0,705 | 0,740 | 0,700 | 0,695 | 0,695 | 0,675 | 0,695 | 0,715 | 0,761 | 0,690 | 0,670 |
| 37 | 0,655 | 0,635 | 0,695 | 0,670 | 0,655 | 0,665 | 0,660 | 0,645 | 0,685 | 0,675 | 0,635 |
| 38 | 0,656 | 0,665 | 0,670 | 0,710 | 0,660 | 0,645 | 0,665 | 0,645 | 0,665 | 0,645 | 0,643 |
| 39 | 0,636 | 0,630 | 0,660 | 0,685 | 0,635 | 0,630 | 0,675 | 0,635 | 0,625 | 0,640 | 0,655 |
| 40 | 0,675 | 0,655 | 0,650 | 0,635 | 0,635 | 0,620 | 0,635 | 0,630 | 0,635 | 0,630 | 0,625 |
| qm (L/h) | 0,725 | 0,732 | 0,731 | 0,740 | 0,732 | 0,720 | 0,743 | 0,731 | 0,732 | 0,730 | 0,730 |
| Desvio Padrão | 0,049 | 0,051 | 0,048 | 0,052 | 0,054 | 0,051 | 0,051 | 0,054 | 0,056 | 0,049 | 0,051 |
| CV (%) | 6,72 | 6,99 | 6,59 | 7,02 | 7,39 | 7,03 | 6,88 | 7,35 | 7,65 | 6,68 | 6,96 |
| Pini (kPa) | 17,16 | 17,17 | 17,2 | 17,21 | 17,22 | 17,22 | 17,16 | 17,18 | 17,19 | 17,19 | 17,19 |
| Pfim (kPa) | 9,24 | 9,42 | 6,59 | 9,41 | 9,44 | 9,44 | 8,28 | 9,32 | 9,6 | 9,57 | 9,59 |

Tabela A5 vazões médias, desvio padrão, coeficiente de variação (CV) e pressões obtidas no tratamento T5

| Emissor/ensaio | q1 | q2 | q3 | q4 | q5 | q6 | q7 | q8 | q9 | q10 | q11 | q12 | q13 | q14 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,675 | 0,655 | 0,700 | 0,675 | 0,691 | 0,675 | 0,715 | 0,690 | 0,715 | 0,695 | 0,695 | 0,695 | 0,680 | 0,705 |
| 2 | 0,615 | 0,635 | 0,635 | 0,630 | 0,629 | 0,661 | 0,635 | 0,615 | 0,670 | 0,630 | 0,615 | 0,615 | 0,660 | 0,645 |
| 3 | 0,615 | 0,591 | 0,645 | 0,620 | 0,611 | 0,635 | 0,630 | 0,610 | 0,655 | 0,605 | 0,610 | 0,615 | 0,575 | 0,675 |
| 4 | 0,625 | 0,610 | 0,640 | 0,600 | 0,630 | 0,635 | 0,630 | 0,615 | 0,655 | 0,610 | 0,605 | 0,615 | 0,615 | 0,680 |
| 5 | 0,590 | 0,585 | 0,625 | 0,615 | 0,600 | 0,620 | 0,630 | 0,640 | 0,665 | 0,610 | 0,610 | 0,605 | 0,595 | 0,615 |
| 6 | 0,535 | 0,580 | 0,635 | 0,635 | 0,600 | 0,615 | 0,615 | 0,605 | 0,645 | 0,610 | 0,605 | 0,625 | 0,590 | 0,605 |
| 7 | 0,570 | 0,540 | 0,620 | 0,605 | 0,590 | 0,610 | 0,580 | 0,585 | 0,660 | 0,575 | 0,580 | 0,590 | 0,550 | 0,590 |
| 8 | 0,530 | 0,555 | 0,610 | 0,560 | 0,595 | 0,610 | 0,610 | 0,600 | 0,610 | 0,600 | 0,615 | 0,605 | 0,590 | 0,605 |
| 9 | 0,525 | 0,545 | 0,580 | 0,569 | 0,580 | 0,565 | 0,550 | 0,570 | 0,600 | 0,565 | 0,565 | 0,570 | 0,550 | 0,565 |
| 10 | 0,505 | 0,550 | 0,575 | 0,574 | 0,550 | 0,580 | 0,570 | 0,535 | 0,525 | 0,545 | 0,560 | 0,550 | 0,515 | 0,545 |
| 11 | 0,685 | 0,725 | 0,715 | 0,695 | 0,695 | 0,710 | 0,710 | 0,705 | 0,720 | 0,700 | 0,685 | 0,680 | 0,680 | 0,690 |
| 12 | 0,630 | 0,640 | 0,655 | 0,655 | 0,665 | 0,690 | 0,665 | 0,665 | 0,665 | 0,645 | 0,650 | 0,659 | 0,670 | 0,650 |
| 13 | 0,630 | 0,595 | 0,675 | 0,650 | 0,625 | 0,655 | 0,670 | 0,650 | 0,685 | 0,660 | 0,655 | 0,655 | 0,680 | 0,680 |
| 14 | 0,615 | 0,666 | 0,645 | 0,625 | 0,625 | 0,650 | 0,625 | 0,630 | 0,645 | 0,640 | 0,595 | 0,640 | 0,645 | 0,645 |
| 15 | 0,605 | 0,600 | 0,650 | 0,630 | 0,630 | 0,645 | 0,630 | 0,645 | 0,650 | 0,625 | 0,615 | 0,635 | 0,670 | 0,640 |
| 16 | 0,540 | 0,595 | 0,640 | 0,635 | 0,620 | 0,630 | 0,615 | 0,615 | 0,635 | 0,610 | 0,620 | 0,640 | 0,585 | 0,590 |
| 17 | 0,555 | 0,570 | 0,620 | 0,625 | 0,610 | 0,610 | 0,590 | 0,625 | 0,630 | 0,600 | 0,615 | 0,605 | 0,565 | 0,590 |
| 18 | 0,555 | 0,550 | 0,610 | 0,615 | 0,595 | 0,610 | 0,580 | 0,623 | 0,600 | 0,590 | 0,610 | 0,590 | 0,595 | 0,560 |
| 19 | 0,530 | 0,575 | 0,585 | 0,585 | 0,585 | 0,600 | 0,580 | 0,580 | 0,615 | 0,580 | 0,586 | 0,585 | 0,590 | 0,585 |
| 20 | 0,520 | 0,540 | 0,595 | 0,550 | 0,545 | 0,555 | 0,540 | 0,550 | 0,555 | 0,560 | 0,560 | 0,570 | 0,550 | 0,575 |
| 21 | 0,620 | 0,720 | 0,700 | 0,735 | 0,710 | 0,680 | 0,715 | 0,720 | 0,700 | 0,695 | 0,710 | 0,715 | 0,700 | 0,695 |
| 22 | 0,595 | 0,625 | 0,675 | 0,630 | 0,682 | 0,605 | 0,720 | 0,695 | 0,680 | 0,685 | 0,695 | 0,705 | 0,670 | 0,665 |
| 23 | 0,585 | 0,605 | 0,635 | 0,675 | 0,655 | 0,665 | 0,685 | 0,665 | 0,654 | 0,665 | 0,650 | 0,685 | 0,630 | 0,650 |
| 24 | 0,605 | 0,605 | 0,645 | 0,610 | 0,584 | 0,620 | 0,615 | 0,616 | 0,590 | 0,570 | 0,585 | 0,630 | 0,605 | 0,580 |
| 25 | 0,585 | 0,620 | 0,630 | 0,615 | 0,615 | 0,620 | 0,635 | 0,623 | 0,630 | 0,625 | 0,630 | 0,660 | 0,640 | 0,600 |
| 26 | 0,560 | 0,560 | 0,605 | 0,605 | 0,585 | 0,625 | 0,585 | 0,590 | 0,595 | 0,605 | 0,600 | 0,620 | 0,585 | 0,565 |
| 27 | 0,600 | 0,580 | 0,595 | 0,575 | 0,585 | 0,595 | 0,545 | 0,600 | 0,590 | 0,620 | 0,605 | 0,615 | 0,590 | 0,570 |
| 28 | 0,560 | 0,570 | 0,600 | 0,580 | 0,575 | 0,595 | 0,595 | 0,590 | 0,580 | 0,585 | 0,620 | 0,580 | 0,565 | 0,607 |
| 29 | 0,565 | 0,570 | 0,570 | 0,580 | 0,560 | 0,555 | 0,560 | 0,585 | 0,575 | 0,570 | 0,585 | 0,600 | 0,545 | 0,565 |
| 30 | 0,570 | 0,575 | 0,570 | 0,585 | 0,535 | 0,520 | 0,575 | 0,545 | 0,530 | 0,570 | 0,560 | 0,585 | 0,560 | 0,515 |
| 31 | 0,625 | 0,662 | 0,695 | 0,700 | 0,695 | 0,705 | 0,710 | 0,715 | 0,665 | 0,680 | 0,670 | 0,690 | 0,710 | 0,685 |
| 32 | 0,620 | 0,590 | 0,660 | 0,650 | 0,635 | 0,665 | 0,690 | 0,665 | 0,650 | 0,650 | 0,670 | 0,668 | 0,670 | 0,625 |
| 33 | 0,590 | 0,650 | 0,642 | 0,640 | 0,635 | 0,640 | 0,670 | 0,640 | 0,620 | 0,625 | 0,645 | 0,625 | 0,645 | 0,625 |
| 34 | 0,640 | 0,625 | 0,625 | 0,630 | 0,645 | 0,665 | 0,615 | 0,625 | 0,640 | 0,645 | 0,655 | 0,645 | 0,650 | 0,635 |
| 35 | 0,580 | 0,585 | 0,625 | 0,625 | 0,635 | 0,645 | 0,645 | 0,630 | 0,620 | 0,655 | 0,650 | 0,640 | 0,650 | 0,630 |
| 36 | 0,565 | 0,570 | 0,595 | 0,605 | 0,600 | 0,620 | 0,635 | 0,610 | 0,580 | 0,620 | 0,620 | 0,620 | 0,605 | 0,590 |
| 37 | 0,605 | 0,570 | 0,615 | 0,670 | 0,585 | 0,585 | 0,634 | 0,610 | 0,590 | 0,620 | 0,625 | 0,605 | 0,550 | 0,585 |
| 38 | 0,580 | 0,570 | 0,605 | 0,585 | 0,585 | 0,610 | 0,645 | 0,665 | 0,565 | 0,615 | 0,605 | 0,605 | 0,620 | 0,635 |
| 39 | 0,580 | 0,550 | 0,576 | 0,590 | 0,597 | 0,585 | 0,600 | 0,580 | 0,535 | 0,600 | 0,615 | 0,595 | 0,595 | 0,585 |
| 40 | 0,570 | 0,542 | 0,580 | 0,586 | 0,555 | 0,570 | 0,585 | 0,629 | 0,550 | 0,620 | 0,615 | 0,585 | 0,565 | 0,580 |
| qm (L/h) | 0,586 | 0,596 | 0,627 | 0,620 | 0,613 | 0,623 | 0,626 | 0,624 | 0,623 | 0,619 | 0,622 | 0,625 | 0,613 | 0,616 |
| Desvio Padrão | 0,041 | 0,045 | 0,038 | 0,040 | 0,043 | 0,042 | 0,050 | 0,044 | 0,050 | 0,039 | 0,038 | 0,040 | 0,050 | 0,046 |
| CV (%) | 6,93 | 7,63 | 6,01 | 6,50 | 7,01 | 6,75 | 7,93 | 7,08 | 7,97 | 6,36 | 6,08 | 6,35 | 8,17 | 7,49 |
| Pini (kPa) | 11,53 | 11,52 | 11,5 | 11,45 | 11,51 | 11,5 | 11,49 | 11,48 | 11,52 | 11,59 | 11,57 | 11,55 | 11,57 | 11,52 |
| Pfim (kPa) | 5,93 | 7,50 | 7,39 | 7,42 | 7,37 | 7,51 | 7,65 | 7,46 | 7,47 | 7,70 | 7,70 | 7,65 | 7,65 | 7,54 |

Continuação da Tabela A5

| Emissor/ensaio | q15 | q16 | q17 | q18 | q19 | q20 | q21 | q22 | q23 | q24 | q25 | q26 | q27 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,695 | 0,700 | 0,730 | 0,685 | 0,725 | 0,670 | 0,727 | 0,710 | 0,705 | 0,663 | 0,695 | 0,701 | 0,705 |
| 2 | 0,615 | 0,635 | 0,630 | 0,630 | 0,625 | 0,625 | 0,645 | 0,610 | 0,600 | 0,596 | 0,655 | 0,642 | 0,625 |
| 3 | 0,665 | 0,665 | 0,650 | 0,645 | 0,650 | 0,662 | 0,690 | 0,665 | 0,670 | 0,621 | 0,600 | 0,665 | 0,630 |
| 4 | 0,655 | 0,605 | 0,660 | 0,625 | 0,655 | 0,670 | 0,655 | 0,650 | 0,655 | 0,602 | 0,615 | 0,671 | 0,661 |
| 5 | 0,595 | 0,560 | 0,588 | 0,585 | 0,575 | 0,610 | 0,615 | 0,620 | 0,630 | 0,595 | 0,610 | 0,653 | 0,625 |
| 6 | 0,595 | 0,575 | 0,585 | 0,605 | 0,620 | 0,605 | 0,615 | 0,575 | 0,570 | 0,539 | 0,600 | 0,537 | 0,535 |
| 7 | 0,597 | 0,604 | 0,605 | 0,565 | 0,568 | 0,590 | 0,595 | 0,575 | 0,591 | 0,544 | 0,570 | 0,580 | 0,595 |
| 8 | 0,600 | 0,590 | 0,595 | 0,590 | 0,600 | 0,615 | 0,605 | 0,595 | 0,595 | 0,537 | 0,575 | 0,584 | 0,550 |
| 9 | 0,540 | 0,540 | 0,550 | 0,540 | 0,570 | 0,570 | 0,570 | 0,550 | 0,540 | 0,523 | 0,560 | 0,535 | 0,550 |
| 10 | 0,518 | 0,505 | 0,539 | 0,520 | 0,540 | 0,520 | 0,555 | 0,530 | 0,550 | 0,534 | 0,550 | 0,529 | 0,571 |
| 11 | 0,680 | 0,675 | 0,695 | 0,685 | 0,740 | 0,660 | 0,711 | 0,690 | 0,700 | 0,650 | 0,685 | 0,715 | 0,710 |
| 12 | 0,625 | 0,660 | 0,665 | 0,685 | 0,675 | 0,665 | 0,675 | 0,665 | 0,670 | 0,616 | 0,665 | 0,667 | 0,645 |
| 13 | 0,645 | 0,595 | 0,595 | 0,650 | 0,660 | 0,660 | 0,678 | 0,640 | 0,650 | 0,617 | 0,635 | 0,621 | 0,636 |
| 14 | 0,595 | 0,595 | 0,615 | 0,655 | 0,640 | 0,630 | 0,625 | 0,627 | 0,635 | 0,570 | 0,645 | 0,658 | 0,607 |
| 15 | 0,628 | 0,605 | 0,569 | 0,555 | 0,650 | 0,635 | 0,625 | 0,625 | 0,622 | 0,588 | 0,620 | 0,593 | 0,585 |
| 16 | 0,630 | 0,600 | 0,609 | 0,630 | 0,635 | 0,605 | 0,594 | 0,655 | 0,602 | 0,590 | 0,585 | 0,607 | 0,575 |
| 17 | 0,623 | 0,591 | 0,584 | 0,615 | 0,560 | 0,595 | 0,615 | 0,585 | 0,602 | 0,518 | 0,540 | 0,557 | 0,550 |
| 18 | 0,585 | 0,595 | 0,600 | 0,595 | 0,580 | 0,560 | 0,595 | 0,565 | 0,585 | 0,534 | 0,535 | 0,547 | 0,550 |
| 19 | 0,590 | 0,595 | 0,590 | 0,640 | 0,610 | 0,585 | 0,607 | 0,555 | 0,585 | 0,543 | 0,565 | 0,553 | 0,575 |
| 20 | 0,575 | 0,540 | 0,570 | 0,565 | 0,555 | 0,550 | 0,565 | 0,555 | 0,540 | 0,534 | 0,545 | 0,567 | 0,530 |
| 21 | 0,723 | 0,710 | 0,685 | 0,720 | 0,690 | 0,690 | 0,697 | 0,710 | 0,700 | 0,688 | 0,685 | 0,689 | 0,654 |
| 22 | 0,708 | 0,710 | 0,665 | 0,700 | 0,650 | 0,675 | 0,685 | 0,715 | 0,710 | 0,693 | 0,700 | 0,694 | 0,650 |
| 23 | 0,664 | 0,620 | 0,630 | 0,650 | 0,605 | 0,630 | 0,650 | 0,690 | 0,655 | 0,652 | 0,665 | 0,670 | 0,625 |
| 24 | 0,650 | 0,640 | 0,645 | 0,680 | 0,655 | 0,655 | 0,655 | 0,670 | 0,665 | 0,659 | 0,645 | 0,635 | 0,640 |
| 25 | 0,650 | 0,635 | 0,595 | 0,630 | 0,606 | 0,625 | 0,635 | 0,665 | 0,635 | 0,627 | 0,595 | 0,592 | 0,610 |
| 26 | 0,588 | 0,585 | 0,580 | 0,610 | 0,620 | 0,585 | 0,590 | 0,605 | 0,605 | 0,595 | 0,610 | 0,573 | 0,565 |
| 27 | 0,595 | 0,543 | 0,590 | 0,580 | 0,585 | 0,590 | 0,590 | 0,615 | 0,595 | 0,610 | 0,595 | 0,592 | 0,585 |
| 28 | 0,610 | 0,575 | 0,570 | 0,610 | 0,575 | 0,575 | 0,615 | 0,615 | 0,610 | 0,606 | 0,610 | 0,579 | 0,560 |
| 29 | 0,580 | 0,575 | 0,580 | 0,580 | 0,590 | 0,560 | 0,571 | 0,575 | 0,585 | 0,589 | 0,595 | 0,590 | 0,530 |
| 30 | 0,545 | 0,565 | 0,580 | 0,540 | 0,540 | 0,544 | 0,565 | 0,600 | 0,560 | 0,579 | 0,600 | 0,550 | 0,530 |
| 31 | 0,720 | 0,700 | 0,730 | 0,700 | 0,735 | 0,640 | 0,735 | 0,745 | 0,747 | 0,741 | 0,715 | 0,722 | 0,710 |
| 32 | 0,671 | 0,655 | 0,645 | 0,675 | 0,650 | 0,700 | 0,665 | 0,685 | 0,680 | 0,678 | 0,685 | 0,671 | 0,610 |
| 33 | 0,660 | 0,620 | 0,635 | 0,620 | 0,605 | 0,630 | 0,685 | 0,650 | 0,645 | 0,637 | 0,665 | 0,615 | 0,635 |
| 34 | 0,610 | 0,628 | 0,640 | 0,650 | 0,635 | 0,625 | 0,650 | 0,670 | 0,650 | 0,658 | 0,650 | 0,611 | 0,635 |
| 35 | 0,645 | 0,570 | 0,638 | 0,600 | 0,615 | 0,665 | 0,630 | 0,650 | 0,635 | 0,632 | 0,640 | 0,614 | 0,615 |
| 36 | 0,603 | 0,595 | 0,580 | 0,606 | 0,675 | 0,580 | 0,605 | 0,660 | 0,650 | 0,672 | 0,660 | 0,608 | 0,630 |
| 37 | 0,580 | 0,576 | 0,593 | 0,579 | 0,590 | 0,590 | 0,575 | 0,605 | 0,600 | 0,616 | 0,620 | 0,584 | 0,570 |
| 38 | 0,610 | 0,590 | 0,615 | 0,620 | 0,580 | 0,595 | 0,660 | 0,643 | 0,645 | 0,658 | 0,625 | 0,621 | 0,610 |
| 39 | 0,605 | 0,590 | 0,605 | 0,620 | 0,600 | 0,590 | 0,600 | 0,605 | 0,610 | 0,621 | 0,605 | 0,631 | 0,560 |
| 40 | 0,590 | 0,555 | 0,580 | 0,575 | 0,550 | 0,550 | 0,600 | 0,600 | 0,580 | 0,579 | 0,610 | 0,568 | 0,530 |
| qm (L/h) | 0,621 | 0,607 | 0,615 | 0,620 | 0,620 | 0,614 | 0,631 | 0,630 | 0,626 | 0,608 | 0,621 | 0,615 | 0,602 |
| Desvio Padrão | 0,047 | 0,049 | 0,045 | 0,048 | 0,051 | 0,044 | 0,047 | 0,051 | 0,049 | 0,054 | 0,047 | 0,053 | 0,050 |
| CV (%) | 7,56 | 8,05 | 7,28 | 7,79 | 8,20 | 7,19 | 7,42 | 8,12 | 7,81 | 8,81 | 7,55 | 8,59 | 8,32 |
| Pini (kPa) | 11,54 | 11,62 | 11,54 | 11,51 | 11,48 | 11,39 | 11,41 | 11,54 | 11,54 | 11,54 | 11,53 | 11,41 | 11,37 |
| Pfim (kPa) | 7,60 | 7,74 | 7,60 | 7,59 | 7,59 | 7,59 | 7,60 | 7,60 | 7,63 | 7,64 | 7,52 | 7,41 | 7,43 |

Tabela A6 vazões médias, desvio padrão, coeficiente de variação (CV) e pressões obtidas no tratamento T6

| Emissor/ensaio | q1 | q2 | q3 | q4 | q5 | q6 | q7 | q8 | q9 | q10 | q11 | q12 | q13 | q14 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,720 | 0,750 | 0,750 | 0,775 | 0,760 | 0,755 | 0,755 | 0,775 | 0,745 | 0,750 | 0,755 | 0,760 | 0,805 | 0,750 |
| 2 | 0,660 | 0,687 | 0,685 | 0,645 | 0,670 | 0,690 | 0,681 | 0,695 | 0,680 | 0,675 | 0,680 | 0,670 | 0,740 | 0,683 |
| 3 | 0,645 | 0,690 | 0,679 | 0,667 | 0,675 | 0,695 | 0,665 | 0,685 | 0,670 | 0,660 | 0,680 | 0,700 | 0,745 | 0,640 |
| 4 | 0,635 | 0,705 | 0,680 | 0,675 | 0,680 | 0,685 | 0,680 | 0,655 | 0,670 | 0,675 | 0,680 | 0,694 | 0,752 | 0,710 |
| 5 | 0,615 | 0,675 | 0,660 | 0,665 | 0,670 | 0,686 | 0,690 | 0,690 | 0,665 | 0,655 | 0,665 | 0,685 | 0,685 | 0,630 |
| 6 | 0,610 | 0,690 | 0,680 | 0,665 | 0,645 | 0,660 | 0,655 | 0,675 | 0,665 | 0,685 | 0,700 | 0,659 | 0,690 | 0,635 |
| 7 | 0,605 | 0,640 | 0,655 | 0,655 | 0,640 | 0,645 | 0,645 | 0,675 | 0,650 | 0,670 | 0,670 | 0,595 | 0,670 | 0,610 |
| 8 | 0,555 | 0,655 | 0,625 | 0,670 | 0,645 | 0,645 | 0,665 | 0,680 | 0,655 | 0,675 | 0,695 | 0,659 | 0,665 | 0,635 |
| 9 | 0,570 | 0,595 | 0,600 | 0,615 | 0,625 | 0,625 | 0,625 | 0,600 | 0,630 | 0,625 | 0,625 | 0,610 | 0,620 | 0,605 |
| 10 | 0,560 | 0,655 | 0,615 | 0,610 | 0,615 | 0,605 | 0,580 | 0,587 | 0,610 | 0,610 | 0,610 | 0,595 | 0,650 | 0,580 |
| 11 | 0,745 | 0,760 | 0,760 | 0,775 | 0,750 | 0,765 | 0,755 | 0,790 | 0,735 | 0,735 | 0,755 | 0,755 | 0,790 | 0,740 |
| 12 | 0,655 | 0,735 | 0,735 | 0,735 | 0,735 | 0,735 | 0,720 | 0,745 | 0,715 | 0,720 | 0,705 | 0,700 | 0,715 | 0,661 |
| 13 | 0,670 | 0,720 | 0,715 | 0,715 | 0,645 | 0,720 | 0,705 | 0,735 | 0,715 | 0,705 | 0,740 | 0,690 | 0,745 | 0,685 |
| 14 | 0,645 | 0,720 | 0,695 | 0,697 | 0,680 | 0,685 | 0,704 | 0,700 | 0,680 | 0,690 | 0,680 | 0,670 | 0,715 | 0,660 |
| 15 | 0,620 | 0,700 | 0,670 | 0,660 | 0,670 | 0,695 | 0,690 | 0,715 | 0,660 | 0,667 | 0,690 | 0,699 | 0,730 | 0,675 |
| 16 | 0,595 | 0,680 | 0,680 | 0,690 | 0,630 | 0,685 | 0,665 | 0,695 | 0,675 | 0,685 | 0,665 | 0,590 | 0,655 | 0,624 |
| 17 | 0,615 | 0,670 | 0,655 | 0,675 | 0,630 | 0,645 | 0,660 | 0,615 | 0,675 | 0,635 | 0,655 | 0,585 | 0,700 | 0,625 |
| 18 | 0,565 | 0,660 | 0,645 | 0,660 | 0,645 | 0,630 | 0,635 | 0,640 | 0,650 | 0,655 | 0,655 | 0,645 | 0,645 | 0,625 |
| 19 | 0,580 | 0,630 | 0,640 | 0,650 | 0,625 | 0,636 | 0,620 | 0,640 | 0,625 | 0,640 | 0,650 | 0,640 | 0,680 | 0,620 |
| 20 | 0,575 | 0,642 | 0,625 | 0,620 | 0,610 | 0,635 | 0,590 | 0,590 | 0,610 | 0,600 | 0,615 | 0,595 | 0,705 | 0,595 |
| 21 | 0,680 | 0,730 | 0,765 | 0,775 | 0,760 | 0,745 | 0,760 | 0,765 | 0,770 | 0,775 | 0,755 | 0,750 | 0,750 | 0,750 |
| 22 | 0,670 | 0,620 | 0,655 | 0,615 | 0,655 | 0,710 | 0,755 | 0,750 | 0,735 | 0,770 | 0,756 | 0,740 | 0,710 | 0,685 |
| 23 | 0,615 | 0,685 | 0,740 | 0,715 | 0,685 | 0,670 | 0,700 | 0,735 | 0,715 | 0,740 | 0,705 | 0,695 | 0,695 | 0,665 |
| 24 | 0,648 | 0,650 | 0,655 | 0,625 | 0,635 | 0,595 | 0,620 | 0,615 | 0,645 | 0,715 | 0,675 | 0,643 | 0,665 | 0,695 |
| 25 | 0,625 | 0,675 | 0,685 | 0,660 | 0,660 | 0,675 | 0,670 | 0,700 | 0,690 | 0,705 | 0,695 | 0,650 | 0,665 | 0,685 |
| 26 | 0,575 | 0,610 | 0,625 | 0,660 | 0,650 | 0,640 | 0,645 | 0,635 | 0,665 | 0,660 | 0,665 | 0,575 | 0,630 | 0,650 |
| 27 | 0,600 | 0,640 | 0,635 | 0,645 | 0,635 | 0,630 | 0,645 | 0,650 | 0,680 | 0,714 | 0,645 | 0,647 | 0,640 | 0,641 |
| 28 | 0,590 | 0,625 | 0,634 | 0,630 | 0,625 | 0,625 | 0,620 | 0,640 | 0,655 | 0,645 | 0,650 | 0,620 | 0,610 | 0,670 |
| 29 | 0,590 | 0,580 | 0,600 | 0,630 | 0,640 | 0,605 | 0,595 | 0,615 | 0,640 | 0,655 | 0,620 | 0,605 | 0,615 | 0,660 |
| 30 | 0,565 | 0,615 | 0,635 | 0,600 | 0,625 | 0,600 | 0,575 | 0,580 | 0,635 | 0,650 | 0,630 | 0,615 | 0,600 | 0,620 |
| 31 | 0,700 | 0,735 | 0,745 | 0,750 | 0,745 | 0,715 | 0,755 | 0,755 | 0,745 | 0,720 | 0,750 | 0,750 | 0,760 | 0,755 |
| 32 | 0,685 | 0,705 | 0,716 | 0,701 | 0,725 | 0,730 | 0,715 | 0,715 | 0,695 | 0,690 | 0,710 | 0,725 | 0,705 | 0,672 |
| 33 | 0,655 | 0,685 | 0,703 | 0,680 | 0,680 | 0,710 | 0,695 | 0,710 | 0,665 | 0,700 | 0,660 | 0,710 | 0,675 | 0,665 |
| 34 | 0,720 | 0,685 | 0,694 | 0,695 | 0,685 | 0,710 | 0,718 | 0,724 | 0,710 | 0,725 | 0,715 | 0,690 | 0,675 | 0,705 |
| 35 | 0,595 | 0,660 | 0,675 | 0,685 | 0,680 | 0,695 | 0,690 | 0,690 | 0,705 | 0,690 | 0,700 | 0,680 | 0,660 | 0,685 |
| 36 | 0,595 | 0,640 | 0,600 | 0,660 | 0,655 | 0,660 | 0,630 | 0,645 | 0,695 | 0,665 | 0,660 | 0,655 | 0,645 | 0,640 |
| 37 | 0,600 | 0,620 | 0,630 | 0,644 | 0,640 | 0,645 | 0,690 | 0,605 | 0,690 | 0,650 | 0,635 | 0,595 | 0,643 | 0,645 |
| 38 | 0,595 | 0,606 | 0,625 | 0,635 | 0,640 | 0,625 | 0,659 | 0,640 | 0,665 | 0,630 | 0,635 | 0,630 | 0,660 | 0,665 |
| 39 | 0,585 | 0,570 | 0,595 | 0,635 | 0,635 | 0,655 | 0,620 | 0,580 | 0,670 | 0,640 | 0,640 | 0,600 | 0,651 | 0,640 |
| 40 | 0,500 | 0,625 | 0,665 | 0,635 | 0,635 | 0,665 | 0,650 | 0,587 | 0,690 | 0,630 | 0,610 | 0,615 | 0,645 | 0,650 |
| qm (L/h) | 0,621 | 0,665 | 0,668 | 0,670 | 0,663 | 0,671 | 0,670 | 0,673 | 0,679 | 0,680 | 0,677 | 0,660 | 0,685 | 0,661 |
| Desvio Padrão | 0,052 | 0,047 | 0,047 | 0,045 | 0,041 | 0,044 | 0,050 | 0,059 | 0,037 | 0,042 | 0,042 | 0,053 | 0,049 | 0,042 |
| CV (%) | 8,33 | 7,04 | 6,98 | 6,76 | 6,13 | 6,61 | 7,42 | 8,75 | 5,46 | 6,19 | 6,27 | 8,05 | 7,22 | 6,33 |
| Pini (kPa) | 13,49 | 13,47 | 11,35 | 13,45 | 13,43 | 13,43 | 13,42 | 13,46 | 13,54 | 13,47 | 13,46 | 13,49 | 13,44 | 13,47 |
| Pfim (kPa) | 7,30 | 8,93 | 8,94 | 8,77 | 9,01 | 8,93 | 8,85 | 8,84 | 9,19 | 9,08 | 9,10 | 9,09 | 8,94 | 9,04 |

Continuação da tabela A6

| Emissor/ensaio | q15 | q16 | q17 | q18 | q19 | q20 | q21 | q22 | q23 | q24 | q25 | q26 | q27 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,770 | 0,755 | 0,745 | 0,785 | 0,845 | 0,760 | 0,740 | 0,760 | 0,750 | 0,755 | 0,750 | 0,785 | 0,785 |
| 2 | 0,660 | 0,685 | 0,665 | 0,675 | 0,690 | 0,720 | 0,675 | 0,650 | 0,665 | 0,660 | 0,665 | 0,670 | 0,730 |
| 3 | 0,710 | 0,695 | 0,685 | 0,717 | 0,720 | 0,710 | 0,710 | 0,700 | 0,705 | 0,690 | 0,675 | 0,700 | 0,610 |
| 4 | 0,710 | 0,695 | 0,700 | 0,710 | 0,715 | 0,690 | 0,715 | 0,695 | 0,700 | 0,685 | 0,655 | 0,710 | 0,755 |
| 5 | 0,670 | 0,645 | 0,660 | 0,650 | 0,660 | 0,675 | 0,660 | 0,670 | 0,665 | 0,652 | 0,610 | 0,650 | 0,755 |
| 6 | 0,670 | 0,650 | 0,635 | 0,630 | 0,640 | 0,680 | 0,655 | 0,605 | 0,610 | 0,610 | 0,605 | 0,590 | 0,640 |
| 7 | 0,640 | 0,575 | 0,595 | 0,625 | 0,630 | 0,675 | 0,630 | 0,630 | 0,620 | 0,625 | 0,625 | 0,625 | 0,655 |
| 8 | 0,660 | 0,645 | 0,635 | 0,655 | 0,655 | 0,670 | 0,660 | 0,650 | 0,620 | 0,620 | 0,590 | 0,645 | 0,690 |
| 9 | 0,615 | 0,620 | 0,605 | 0,615 | 0,625 | 0,625 | 0,600 | 0,615 | 0,632 | 0,590 | 0,605 | 0,605 | 0,655 |
| 10 | 0,600 | 0,550 | 0,540 | 0,595 | 0,595 | 0,605 | 0,580 | 0,580 | 0,585 | 0,610 | 0,605 | 0,605 | 0,640 |
| 11 | 0,740 | 0,730 | 0,735 | 0,755 | 0,775 | 0,790 | 0,745 | 0,755 | 0,735 | 0,730 | 0,745 | 0,740 | 0,780 |
| 12 | 0,715 | 0,725 | 0,725 | 0,735 | 0,720 | 0,745 | 0,680 | 0,715 | 0,725 | 0,745 | 0,670 | 0,700 | 0,765 |
| 13 | 0,710 | 0,700 | 0,705 | 0,720 | 0,715 | 0,725 | 0,710 | 0,720 | 0,705 | 0,665 | 0,690 | 0,695 | 0,720 |
| 14 | 0,675 | 0,660 | 0,670 | 0,683 | 0,690 | 0,710 | 0,700 | 0,705 | 0,670 | 0,643 | 0,635 | 0,680 | 0,735 |
| 15 | 0,685 | 0,675 | 0,660 | 0,680 | 0,705 | 0,700 | 0,695 | 0,700 | 0,660 | 0,653 | 0,635 | 0,675 | 0,710 |
| 16 | 0,620 | 0,640 | 0,685 | 0,645 | 0,646 | 0,660 | 0,670 | 0,670 | 0,648 | 0,622 | 0,595 | 0,645 | 0,670 |
| 17 | 0,650 | 0,645 | 0,670 | 0,645 | 0,640 | 0,640 | 0,670 | 0,645 | 0,615 | 0,605 | 0,605 | 0,600 | 0,660 |
| 18 | 0,610 | 0,620 | 0,630 | 0,650 | 0,620 | 0,625 | 0,635 | 0,670 | 0,610 | 0,590 | 0,590 | 0,615 | 0,655 |
| 19 | 0,640 | 0,625 | 0,645 | 0,655 | 0,674 | 0,665 | 0,665 | 0,690 | 0,623 | 0,605 | 0,625 | 0,620 | 0,640 |
| 20 | 0,600 | 0,570 | 0,610 | 0,590 | 0,630 | 0,605 | 0,600 | 0,635 | 0,590 | 0,620 | 0,616 | 0,580 | 0,660 |
| 21 | 0,750 | 0,750 | 0,713 | 0,751 | 0,785 | 0,740 | 0,664 | 0,775 | 0,740 | 0,770 | 0,775 | 0,770 | 0,750 |
| 22 | 0,720 | 0,750 | 0,753 | 0,760 | 0,730 | 0,695 | 0,745 | 0,765 | 0,765 | 0,765 | 0,785 | 0,770 | 0,770 |
| 23 | 0,685 | 0,730 | 0,700 | 0,690 | 0,665 | 0,700 | 0,685 | 0,710 | 0,710 | 0,710 | 0,740 | 0,720 | 0,685 |
| 24 | 0,695 | 0,705 | 0,705 | 0,675 | 0,715 | 0,695 | 0,715 | 0,680 | 0,710 | 0,720 | 0,700 | 0,715 | 0,720 |
| 25 | 0,650 | 0,637 | 0,685 | 0,665 | 0,675 | 0,675 | 0,680 | 0,705 | 0,715 | 0,695 | 0,650 | 0,685 | 0,675 |
| 26 | 0,625 | 0,645 | 0,640 | 0,627 | 0,645 | 0,620 | 0,640 | 0,625 | 0,645 | 0,669 | 0,650 | 0,650 | 0,630 |
| 27 | 0,640 | 0,645 | 0,630 | 0,635 | 0,635 | 0,620 | 0,645 | 0,620 | 0,645 | 0,665 | 0,660 | 0,665 | 0,650 |
| 28 | 0,610 | 0,640 | 0,615 | 0,625 | 0,625 | 0,625 | 0,625 | 0,680 | 0,655 | 0,640 | 0,655 | 0,655 | 0,640 |
| 29 | 0,615 | 0,600 | 0,610 | 0,625 | 0,595 | 0,585 | 0,620 | 0,600 | 0,655 | 0,645 | 0,630 | 0,655 | 0,635 |
| 30 | 0,600 | 0,610 | 0,595 | 0,610 | 0,595 | 0,605 | 0,610 | 0,680 | 0,630 | 0,640 | 0,650 | 0,615 | 0,615 |
| 31 | 0,780 | 0,750 | 0,745 | 0,762 | 0,770 | 0,780 | 0,785 | 0,765 | 0,810 | 0,790 | 0,796 | 0,810 | 0,815 |
| 32 | 0,695 | 0,705 | 0,710 | 0,705 | 0,645 | 0,770 | 0,725 | 0,710 | 0,735 | 0,740 | 0,770 | 0,745 | 0,760 |
| 33 | 0,665 | 0,675 | 0,670 | 0,680 | 0,660 | 0,700 | 0,685 | 0,650 | 0,685 | 0,695 | 0,729 | 0,685 | 0,690 |
| 34 | 0,675 | 0,685 | 0,690 | 0,705 | 0,680 | 0,700 | 0,705 | 0,675 | 0,710 | 0,720 | 0,685 | 0,700 | 0,720 |
| 35 | 0,660 | 0,635 | 0,680 | 0,670 | 0,675 | 0,710 | 0,690 | 0,680 | 0,715 | 0,707 | 0,635 | 0,690 | 0,695 |
| 36 | 0,625 | 0,635 | 0,675 | 0,675 | 0,595 | 0,645 | 0,655 | 0,685 | 0,760 | 0,720 | 0,710 | 0,700 | 0,715 |
| 37 | 0,630 | 0,580 | 0,630 | 0,650 | 0,630 | 0,610 | 0,635 | 0,655 | 0,665 | 0,664 | 0,660 | 0,660 | 0,655 |
| 38 | 0,640 | 0,660 | 0,605 | 0,660 | 0,660 | 0,640 | 0,685 | 0,670 | 0,680 | 0,705 | 0,695 | 0,660 | 0,690 |
| 39 | 0,640 | 0,645 | 0,660 | 0,658 | 0,655 | 0,655 | 0,655 | 0,640 | 0,675 | 0,675 | 0,675 | 0,680 | 0,670 |
| 40 | 0,615 | 0,620 | 0,610 | 0,645 | 0,625 | 0,615 | 0,620 | 0,625 | 0,670 | 0,615 | 0,635 | 0,600 | 0,625 |
| qm (L/h) | 0,664 | 0,660 | 0,663 | 0,672 | 0,671 | 0,677 | 0,672 | 0,676 | 0,678 | 0,673 | 0,667 | 0,674 | 0,693 |
| Desvio Padrão | 0,047 | 0,052 | 0,049 | 0,048 | 0,056 | 0,053 | 0,045 | 0,048 | 0,052 | 0,054 | 0,057 | 0,056 | 0,053 |
| CV (%) | 7,15 | 7,94 | 7,32 | 7,16 | 8,37 | 7,83 | 6,69 | 7,06 | 7,70 | 7,99 | 8,59 | 8,23 | 7,70 |
| Pini (kPa) | 13,35 | 13,52 | 13,43 | 13,5 | 13,38 | 13,36 | 13,29 | 13,47 | 13,48 | 13,46 | 13,43 | 13,45 | 13,29 |
| Pfim (kPa) | 9,06 | 9,10 | 9,10 | 9,02 | 9,01 | 9,08 | 9,04 | 9,01 | 9,04 | 9,09 | 8,97 | 8,95 | 8,79 |

Tabela A7 vazões médias, desvio padrão, coeficiente de variação (CV) e pressões obtidas no tratamento T7

| Emissor/ensaio | q1 | q2 | q3 | q4 | q5 | q6 | q7 | q8 | q9 | q10 | q11 | q12 | q13 | q14 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,849 | 0,782 | 0,845 | 0,820 | 0,795 | 0,780 | 0,805 | 0,805 | 0,800 | 0,794 | 0,812 | 0,780 | 0,860 | 0,765 |
| 2 | 0,755 | 0,775 | 0,785 | 0,815 | 0,745 | 0,745 | 0,740 | 0,750 | 0,750 | 0,737 | 0,719 | 0,725 | 0,800 | 0,725 |
| 3 | 0,770 | 0,738 | 0,790 | 0,745 | 0,735 | 0,729 | 0,705 | 0,740 | 0,725 | 0,760 | 0,758 | 0,760 | 0,810 | 0,737 |
| 4 | 0,770 | 0,747 | 0,810 | 0,755 | 0,700 | 0,766 | 0,705 | 0,745 | 0,760 | 0,703 | 0,759 | 0,730 | 0,785 | 0,740 |
| 5 | 0,755 | 0,727 | 0,775 | 0,740 | 0,710 | 0,700 | 0,720 | 0,715 | 0,715 | 0,731 | 0,744 | 0,685 | 0,765 | 0,680 |
| 6 | 0,771 | 0,750 | 0,785 | 0,745 | 0,715 | 0,715 | 0,710 | 0,740 | 0,735 | 0,748 | 0,744 | 0,685 | 0,735 | 0,685 |
| 7 | 0,690 | 0,693 | 0,755 | 0,717 | 0,710 | 0,690 | 0,655 | 0,700 | 0,725 | 0,731 | 0,744 | 0,625 | 0,685 | 0,660 |
| 8 | 0,719 | 0,705 | 0,785 | 0,680 | 0,715 | 0,705 | 0,690 | 0,720 | 0,760 | 0,788 | 0,730 | 0,695 | 0,720 | 0,670 |
| 9 | 0,680 | 0,685 | 0,685 | 0,685 | 0,660 | 0,665 | 0,650 | 0,710 | 0,700 | 0,686 | 0,680 | 0,628 | 0,695 | 0,635 |
| 10 | 0,673 | 0,680 | 0,730 | 0,705 | 0,591 | 0,660 | 0,655 | 0,660 | 0,700 | 0,675 | 0,680 | 0,658 | 0,672 | 0,640 |
| 11 | 0,800 | 0,805 | 0,860 | 0,840 | 0,825 | 0,773 | 0,795 | 0,825 | 0,805 | 0,812 | 0,827 | 0,835 | 0,856 | 0,770 |
| 12 | 0,750 | 0,782 | 0,820 | 0,805 | 0,745 | 0,760 | 0,755 | 0,808 | 0,770 | 0,731 | 0,788 | 0,780 | 0,785 | 0,770 |
| 13 | 0,760 | 0,753 | 0,802 | 0,790 | 0,765 | 0,789 | 0,755 | 0,810 | 0,725 | 0,686 | 0,774 | 0,825 | 0,785 | 0,735 |
| 14 | 0,780 | 0,755 | 0,780 | 0,765 | 0,705 | 0,755 | 0,715 | 0,718 | 0,720 | 0,731 | 0,759 | 0,725 | 0,742 | 0,690 |
| 15 | 0,755 | 0,755 | 0,805 | 0,785 | 0,700 | 0,745 | 0,710 | 0,754 | 0,725 | 0,731 | 0,761 | 0,760 | 0,747 | 0,711 |
| 16 | 0,750 | 0,750 | 0,772 | 0,755 | 0,710 | 0,735 | 0,700 | 0,785 | 0,750 | 0,703 | 0,734 | 0,735 | 0,710 | 0,670 |
| 17 | 0,710 | 0,730 | 0,780 | 0,725 | 0,730 | 0,705 | 0,675 | 0,730 | 0,710 | 0,692 | 0,749 | 0,670 | 0,696 | 0,648 |
| 18 | 0,725 | 0,747 | 0,775 | 0,705 | 0,728 | 0,690 | 0,665 | 0,687 | 0,700 | 0,703 | 0,730 | 0,700 | 0,715 | 0,650 |
| 19 | 0,730 | 0,702 | 0,735 | 0,720 | 0,690 | 0,690 | 0,670 | 0,700 | 0,695 | 0,693 | 0,695 | 0,690 | 0,705 | 0,665 |
| 20 | 0,710 | 0,700 | 0,720 | 0,703 | 0,630 | 0,665 | 0,635 | 0,670 | 0,730 | 0,651 | 0,695 | 0,645 | 0,685 | 0,640 |
| 21 | 0,828 | 0,788 | 0,865 | 0,805 | 0,795 | 0,795 | 0,810 | 0,850 | 0,820 | 0,795 | 0,832 | 0,780 | 0,805 | 0,800 |
| 22 | 0,755 | 0,728 | 0,780 | 0,765 | 0,720 | 0,830 | 0,790 | 0,780 | 0,810 | 0,817 | 0,808 | 0,770 | 0,764 | 0,797 |
| 23 | 0,740 | 0,728 | 0,784 | 0,770 | 0,725 | 0,770 | 0,760 | 0,760 | 0,775 | 0,789 | 0,759 | 0,715 | 0,730 | 0,740 |
| 24 | 0,705 | 0,698 | 0,780 | 0,725 | 0,660 | 0,665 | 0,650 | 0,690 | 0,710 | 0,674 | 0,726 | 0,685 | 0,695 | 0,723 |
| 25 | 0,715 | 0,728 | 0,762 | 0,745 | 0,700 | 0,720 | 0,700 | 0,725 | 0,745 | 0,731 | 0,754 | 0,735 | 0,705 | 0,715 |
| 26 | 0,645 | 0,712 | 0,715 | 0,715 | 0,685 | 0,690 | 0,695 | 0,752 | 0,725 | 0,697 | 0,709 | 0,680 | 0,677 | 0,663 |
| 27 | 0,635 | 0,677 | 0,739 | 0,710 | 0,665 | 0,705 | 0,690 | 0,730 | 0,715 | 0,720 | 0,729 | 0,680 | 0,695 | 0,685 |
| 28 | 0,674 | 0,682 | 0,700 | 0,700 | 0,640 | 0,675 | 0,660 | 0,716 | 0,675 | 0,711 | 0,715 | 0,660 | 0,665 | 0,635 |
| 29 | 0,685 | 0,653 | 0,710 | 0,695 | 0,650 | 0,675 | 0,665 | 0,675 | 0,690 | 0,680 | 0,681 | 0,675 | 0,660 | 0,685 |
| 30 | 0,675 | 0,623 | 0,695 | 0,675 | 0,616 | 0,665 | 0,645 | 0,685 | 0,694 | 0,703 | 0,671 | 0,632 | 0,650 | 0,655 |
| 31 | 0,770 | 0,799 | 0,860 | 0,800 | 0,790 | 0,790 | 0,805 | 0,810 | 0,810 | 0,771 | 0,822 | 0,790 | 0,835 | 0,795 |
| 32 | 0,760 | 0,748 | 0,820 | 0,746 | 0,754 | 0,760 | 0,770 | 0,760 | 0,750 | 0,766 | 0,803 | 0,765 | 0,740 | 0,751 |
| 33 | 0,765 | 0,741 | 0,795 | 0,755 | 0,725 | 0,778 | 0,735 | 0,755 | 0,735 | 0,737 | 0,764 | 0,760 | 0,710 | 0,705 |
| 34 | 0,765 | 0,708 | 0,785 | 0,765 | 0,730 | 0,760 | 0,750 | 0,763 | 0,760 | 0,771 | 0,818 | 0,700 | 0,720 | 0,735 |
| 35 | 0,715 | 0,692 | 0,745 | 0,750 | 0,735 | 0,740 | 0,730 | 0,760 | 0,775 | 0,743 | 0,773 | 0,740 | 0,695 | 0,710 |
| 36 | 0,695 | 0,707 | 0,715 | 0,720 | 0,695 | 0,725 | 0,705 | 0,745 | 0,725 | 0,714 | 0,746 | 0,725 | 0,695 | 0,680 |
| 37 | 0,700 | 0,675 | 0,740 | 0,690 | 0,695 | 0,705 | 0,690 | 0,740 | 0,735 | 0,714 | 0,759 | 0,685 | 0,715 | 0,700 |
| 38 | 0,670 | 0,708 | 0,705 | 0,715 | 0,665 | 0,700 | 0,685 | 0,715 | 0,715 | 0,714 | 0,715 | 0,755 | 0,710 | 0,730 |
| 39 | 0,665 | 0,673 | 0,705 | 0,690 | 0,615 | 0,705 | 0,660 | 0,722 | 0,725 | 0,703 | 0,695 | 0,680 | 0,647 | 0,690 |
| 40 | 0,640 | 0,667 | 0,740 | 0,695 | 0,617 | 0,720 | 0,668 | 0,695 | 0,730 | 0,731 | 0,695 | 0,655 | 0,680 | 0,680 |
| qm (L/h) | 0,728 | 0,722 | 0,768 | 0,741 | 0,705 | 0,726 | 0,709 | 0,740 | 0,738 | 0,729 | 0,746 | 0,715 | 0,729 | 0,704 |
| Desvio Padrão | 0,050 | 0,042 | 0,047 | 0,043 | 0,053 | 0,043 | 0,049 | 0,045 | 0,036 | 0,040 | 0,044 | 0,053 | 0,055 | 0,047 |
| CV (%) | 6,85 | 5,77 | 6,15 | 5,78 | 7,53 | 5,99 | 6,94 | 6,02 | 4,87 | 5,52 | 5,88 | 7,42 | 7,56 | 6,63 |
| Pini (kPa) | 15,37 | 15,39 | 13,75 | 15,45 | 15,4 | 15,35 | 15,3 | 15,37 | 15,45 | 15,42 | 15,38 | 15,43 | 15,35 | 15,39 |
| Pfim (kPa) | 10,48 | 11,51 | 10,22 | 10,36 | 10,51 | 10,39 | 10,29 | 10,18 | 10,59 | 10,63 | 10,47 | 10,5 | 10,34 | 10,51 |

Continuação da tabela A7

| Emissor/ensaio | q15 | q16 | q17 | q18 | q19 | q20 | q21 | q22 | q23 | q24 | q25 | q26 | q27 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,790 | 0,800 | 0,815 | 0,820 | 0,805 | 0,810 | 0,795 | 0,805 | 0,790 | 0,800 | 0,815 | 0,800 | 0,825 |
| 2 | 0,715 | 0,735 | 0,750 | 0,755 | 0,755 | 0,735 | 0,720 | 0,726 | 0,701 | 0,720 | 0,725 | 0,725 | 0,750 |
| 3 | 0,765 | 0,760 | 0,765 | 0,775 | 0,760 | 0,755 | 0,750 | 0,755 | 0,745 | 0,725 | 0,735 | 0,710 | 0,750 |
| 4 | 0,755 | 0,755 | 0,760 | 0,755 | 0,735 | 0,760 | 0,750 | 0,780 | 0,745 | 0,745 | 0,745 | 0,745 | 0,775 |
| 5 | 0,695 | 0,775 | 0,700 | 0,715 | 0,710 | 0,700 | 0,690 | 0,740 | 0,645 | 0,715 | 0,700 | 0,715 | 0,750 |
| 6 | 0,670 | 0,715 | 0,720 | 0,750 | 0,705 | 0,705 | 0,665 | 0,715 | 0,645 | 0,645 | 0,645 | 0,645 | 0,660 |
| 7 | 0,645 | 0,725 | 0,717 | 0,705 | 0,734 | 0,685 | 0,675 | 0,680 | 0,660 | 0,665 | 0,685 | 0,675 | 0,685 |
| 8 | 0,710 | 0,690 | 0,715 | 0,730 | 0,725 | 0,710 | 0,685 | 0,710 | 0,650 | 0,670 | 0,695 | 0,690 | 0,720 |
| 9 | 0,675 | 0,695 | 0,675 | 0,695 | 0,690 | 0,655 | 0,662 | 0,670 | 0,625 | 0,625 | 0,665 | 0,645 | 0,670 |
| 10 | 0,650 | 0,630 | 0,691 | 0,670 | 0,655 | 0,615 | 0,650 | 0,645 | 0,630 | 0,620 | 0,665 | 0,650 | 0,679 |
| 11 | 0,775 | 0,775 | 0,805 | 0,820 | 0,805 | 0,800 | 0,830 | 0,705 | 0,785 | 0,725 | 0,790 | 0,790 | 0,830 |
| 12 | 0,755 | 0,765 | 0,765 | 0,810 | 0,805 | 0,750 | 0,755 | 0,775 | 0,735 | 0,760 | 0,755 | 0,735 | 0,785 |
| 13 | 0,785 | 0,740 | 0,755 | 0,790 | 0,795 | 0,750 | 0,755 | 0,735 | 0,745 | 0,740 | 0,740 | 0,735 | 0,760 |
| 14 | 0,730 | 0,690 | 0,695 | 0,735 | 0,780 | 0,715 | 0,700 | 0,739 | 0,705 | 0,730 | 0,680 | 0,710 | 0,745 |
| 15 | 0,740 | 0,755 | 0,691 | 0,763 | 0,755 | 0,695 | 0,725 | 0,795 | 0,645 | 0,670 | 0,700 | 0,715 | 0,715 |
| 16 | 0,670 | 0,725 | 0,660 | 0,746 | 0,705 | 0,720 | 0,670 | 0,760 | 0,655 | 0,660 | 0,690 | 0,670 | 0,710 |
| 17 | 0,670 | 0,710 | 0,690 | 0,720 | 0,715 | 0,675 | 0,665 | 0,742 | 0,669 | 0,653 | 0,670 | 0,650 | 0,654 |
| 18 | 0,690 | 0,690 | 0,680 | 0,695 | 0,680 | 0,665 | 0,650 | 0,725 | 0,650 | 0,655 | 0,655 | 0,642 | 0,650 |
| 19 | 0,695 | 0,695 | 0,680 | 0,725 | 0,692 | 0,690 | 0,660 | 0,745 | 0,655 | 0,625 | 0,685 | 0,655 | 0,665 |
| 20 | 0,680 | 0,665 | 0,685 | 0,700 | 0,685 | 0,636 | 0,660 | 0,714 | 0,650 | 0,655 | 0,650 | 0,675 | 0,685 |
| 21 | 0,765 | 0,815 | 0,780 | 0,746 | 0,735 | 0,801 | 0,785 | 0,775 | 0,780 | 0,820 | 0,815 | 0,810 | 0,815 |
| 22 | 0,775 | 0,805 | 0,787 | 0,785 | 0,780 | 0,774 | 0,790 | 0,755 | 0,780 | 0,835 | 0,815 | 0,820 | 0,840 |
| 23 | 0,735 | 0,750 | 0,760 | 0,755 | 0,725 | 0,695 | 0,730 | 0,740 | 0,750 | 0,770 | 0,775 | 0,775 | 0,775 |
| 24 | 0,705 | 0,705 | 0,740 | 0,755 | 0,740 | 0,755 | 0,745 | 0,720 | 0,755 | 0,770 | 0,760 | 0,775 | 0,785 |
| 25 | 0,730 | 0,760 | 0,705 | 0,755 | 0,670 | 0,725 | 0,715 | 0,735 | 0,678 | 0,759 | 0,740 | 0,745 | 0,770 |
| 26 | 0,665 | 0,685 | 0,690 | 0,695 | 0,645 | 0,640 | 0,675 | 0,665 | 0,682 | 0,666 | 0,710 | 0,705 | 0,735 |
| 27 | 0,675 | 0,695 | 0,711 | 0,710 | 0,690 | 0,655 | 0,695 | 0,705 | 0,670 | 0,685 | 0,710 | 0,720 | 0,684 |
| 28 | 0,670 | 0,675 | 0,690 | 0,695 | 0,645 | 0,640 | 0,680 | 0,715 | 0,670 | 0,710 | 0,680 | 0,730 | 0,700 |
| 29 | 0,665 | 0,675 | 0,685 | 0,695 | 0,680 | 0,615 | 0,650 | 0,665 | 0,630 | 0,650 | 0,675 | 0,685 | 0,685 |
| 30 | 0,620 | 0,650 | 0,701 | 0,655 | 0,690 | 0,636 | 0,655 | 0,720 | 0,655 | 0,616 | 0,660 | 0,690 | 0,670 |
| 31 | 0,790 | 0,805 | 0,810 | 0,806 | 0,810 | 0,825 | 0,820 | 0,815 | 0,820 | 0,860 | 0,849 | 0,855 | 0,870 |
| 32 | 0,755 | 0,750 | 0,775 | 0,795 | 0,780 | 0,755 | 0,767 | 0,735 | 0,770 | 0,805 | 0,795 | 0,785 | 0,800 |
| 33 | 0,715 | 0,725 | 0,730 | 0,745 | 0,735 | 0,700 | 0,705 | 0,725 | 0,710 | 0,730 | 0,730 | 0,765 | 0,775 |
| 34 | 0,730 | 0,750 | 0,740 | 0,770 | 0,720 | 0,755 | 0,740 | 0,745 | 0,755 | 0,765 | 0,765 | 0,795 | 0,760 |
| 35 | 0,720 | 0,710 | 0,720 | 0,750 | 0,715 | 0,715 | 0,715 | 0,745 | 0,711 | 0,745 | 0,745 | 0,755 | 0,755 |
| 36 | 0,670 | 0,685 | 0,710 | 0,674 | 0,654 | 0,680 | 0,715 | 0,750 | 0,690 | 0,750 | 0,745 | 0,765 | 0,790 |
| 37 | 0,695 | 0,700 | 0,670 | 0,705 | 0,720 | 0,665 | 0,695 | 0,715 | 0,680 | 0,720 | 0,715 | 0,720 | 0,710 |
| 38 | 0,725 | 0,690 | 0,725 | 0,720 | 0,738 | 0,695 | 0,705 | 0,730 | 0,695 | 0,745 | 0,735 | 0,700 | 0,720 |
| 39 | 0,720 | 0,720 | 0,700 | 0,710 | 0,665 | 0,685 | 0,610 | 0,720 | 0,665 | 0,696 | 0,705 | 0,710 | 0,685 |
| 40 | 0,655 | 0,680 | 0,714 | 0,674 | 0,645 | 0,645 | 0,680 | 0,675 | 0,650 | 0,620 | 0,630 | 0,695 | 0,670 |
| qm (L/h) | 0,711 | 0,723 | 0,724 | 0,737 | 0,722 | 0,707 | 0,710 | 0,730 | 0,698 | 0,713 | 0,721 | 0,724 | 0,736 |
| Desvio Padrão | 0,045 | 0,044 | 0,041 | 0,043 | 0,048 | 0,055 | 0,051 | 0,038 | 0,053 | 0,063 | 0,053 | 0,054 | 0,058 |
| CV (%) | 6,27 | 6,15 | 5,66 | 5,82 | 6,70 | 7,71 | 7,20 | 5,14 | 7,64 | 8,90 | 7,39 | 7,41 | 7,82 |
| Pini (kPa) | 15,4 | 15,43 | 15,4 | 15,35 | 15,33 | 15,3 | 15,3 | 15,4 | 15,42 | 15,37 | 15,36 | 15,42 | 15,24 |
| Pfim (kPa) | 10,48 | 10,67 | 10,6 | 10,52 | 10,44 | 10,53 | 11,21 | 10,5 | 10,67 | 10,58 | 10,38 | 10,53 | 10,2 |

Tabela A8 vazões médias, desvio padrão, coeficiente de variação (CV) e pressões obtidas no tratamento T8

| Emissor/ensaio | q1 | q2 | q3 | q4 | q5 | q6 | q7 | q8 | q9 | q10 | q11 | q12 | q13 | q14 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,853 | 0,830 | 0,790 | 0,835 | 0,838 | 0,838 | 0,860 | 0,815 | 0,870 | 0,825 | 0,830 | 0,825 | 0,870 | 0,845 |
| 2 | 0,780 | 0,758 | 0,738 | 0,795 | 0,795 | 0,780 | 0,770 | 0,800 | 0,830 | 0,755 | 0,765 | 0,810 | 0,830 | 0,780 |
| 3 | 0,795 | 0,785 | 0,730 | 0,775 | 0,760 | 0,755 | 0,740 | 0,760 | 0,750 | 0,760 | 0,760 | 0,830 | 0,805 | 0,780 |
| 4 | 0,795 | 0,780 | 0,735 | 0,775 | 0,775 | 0,755 | 0,760 | 0,810 | 0,775 | 0,770 | 0,757 | 0,780 | 0,860 | 0,765 |
| 5 | 0,775 | 0,750 | 0,705 | 0,755 | 0,750 | 0,725 | 0,770 | 0,760 | 0,780 | 0,760 | 0,770 | 0,724 | 0,786 | 0,700 |
| 6 | 0,770 | 0,760 | 0,730 | 0,775 | 0,755 | 0,730 | 0,755 | 0,815 | 0,855 | 0,735 | 0,761 | 0,740 | 0,810 | 0,720 |
| 7 | 0,715 | 0,725 | 0,700 | 0,759 | 0,710 | 0,705 | 0,715 | 0,725 | 0,740 | 0,715 | 0,760 | 0,680 | 0,745 | 0,705 |
| 8 | 0,760 | 0,740 | 0,725 | 0,750 | 0,725 | 0,675 | 0,770 | 0,775 | 0,780 | 0,770 | 0,780 | 0,740 | 0,760 | 0,710 |
| 9 | 0,730 | 0,695 | 0,670 | 0,695 | 0,679 | 0,665 | 0,685 | 0,710 | 0,740 | 0,715 | 0,720 | 0,731 | 0,759 | 0,685 |
| 10 | 0,715 | 0,710 | 0,675 | 0,720 | 0,655 | 0,695 | 0,695 | 0,700 | 0,725 | 0,720 | 0,690 | 0,655 | 0,730 | 0,655 |
| 11 | 0,861 | 0,860 | 0,810 | 0,840 | 0,820 | 0,840 | 0,845 | 0,856 | 0,870 | 0,840 | 0,845 | 0,835 | 0,865 | 0,825 |
| 12 | 0,820 | 0,730 | 0,765 | 0,810 | 0,835 | 0,765 | 0,805 | 0,820 | 0,820 | 0,790 | 0,815 | 0,835 | 0,850 | 0,805 |
| 13 | 0,780 | 0,780 | 0,770 | 0,830 | 0,805 | 0,770 | 0,761 | 0,795 | 0,835 | 0,850 | 0,830 | 0,820 | 0,825 | 0,770 |
| 14 | 0,785 | 0,775 | 0,735 | 0,785 | 0,780 | 0,755 | 0,765 | 0,782 | 0,775 | 0,780 | 0,750 | 0,785 | 0,815 | 0,745 |
| 15 | 0,780 | 0,765 | 0,735 | 0,805 | 0,765 | 0,770 | 0,765 | 0,795 | 0,865 | 0,760 | 0,790 | 0,840 | 0,830 | 0,735 |
| 16 | 0,770 | 0,780 | 0,736 | 0,780 | 0,775 | 0,760 | 0,760 | 0,770 | 0,815 | 0,725 | 0,770 | 0,745 | 0,795 | 0,725 |
| 17 | 0,740 | 0,740 | 0,715 | 0,760 | 0,745 | 0,735 | 0,730 | 0,755 | 0,700 | 0,735 | 0,760 | 0,735 | 0,785 | 0,705 |
| 18 | 0,760 | 0,745 | 0,710 | 0,760 | 0,720 | 0,705 | 0,710 | 0,780 | 0,725 | 0,730 | 0,765 | 0,733 | 0,765 | 0,695 |
| 19 | 0,760 | 0,735 | 0,675 | 0,735 | 0,650 | 0,705 | 0,745 | 0,690 | 0,720 | 0,719 | 0,757 | 0,750 | 0,760 | 0,715 |
| 20 | 0,740 | 0,725 | 0,680 | 0,720 | 0,616 | 0,690 | 0,751 | 0,715 | 0,730 | 0,695 | 0,720 | 0,720 | 0,745 | 0,690 |
| 21 | 0,851 | 0,840 | 0,820 | 0,815 | 0,857 | 0,790 | 0,865 | 0,855 | 0,885 | 0,830 | 0,845 | 0,815 | 0,840 | 0,830 |
| 22 | 0,790 | 0,725 | 0,761 | 0,795 | 0,735 | 0,839 | 0,832 | 0,850 | 0,835 | 0,790 | 0,815 | 0,795 | 0,836 | 0,830 |
| 23 | 0,745 | 0,760 | 0,765 | 0,790 | 0,815 | 0,785 | 0,800 | 0,785 | 0,800 | 0,777 | 0,765 | 0,785 | 0,800 | 0,785 |
| 24 | 0,725 | 0,738 | 0,740 | 0,750 | 0,745 | 0,745 | 0,745 | 0,750 | 0,715 | 0,680 | 0,730 | 0,785 | 0,760 | 0,745 |
| 25 | 0,745 | 0,770 | 0,740 | 0,765 | 0,745 | 0,730 | 0,775 | 0,805 | 0,835 | 0,765 | 0,780 | 0,780 | 0,785 | 0,755 |
| 26 | 0,720 | 0,730 | 0,690 | 0,740 | 0,720 | 0,690 | 0,745 | 0,760 | 0,780 | 0,695 | 0,745 | 0,710 | 0,740 | 0,685 |
| 27 | 0,708 | 0,690 | 0,700 | 0,740 | 0,680 | 0,733 | 0,740 | 0,790 | 0,752 | 0,720 | 0,750 | 0,680 | 0,730 | 0,720 |
| 28 | 0,680 | 0,705 | 0,689 | 0,735 | 0,660 | 0,721 | 0,715 | 0,790 | 0,720 | 0,715 | 0,750 | 0,720 | 0,736 | 0,660 |
| 29 | 0,667 | 0,695 | 0,660 | 0,710 | 0,660 | 0,735 | 0,640 | 0,755 | 0,725 | 0,675 | 0,720 | 0,694 | 0,762 | 0,690 |
| 30 | 0,730 | 0,730 | 0,665 | 0,695 | 0,677 | 0,693 | 0,680 | 0,725 | 0,735 | 0,680 | 0,715 | 0,715 | 0,705 | 0,705 |
| 31 | 0,870 | 0,851 | 0,827 | 0,840 | 0,825 | 0,795 | 0,855 | 0,850 | 0,880 | 0,810 | 0,860 | 0,865 | 0,840 | 0,840 |
| 32 | 0,780 | 0,770 | 0,792 | 0,790 | 0,820 | 0,831 | 0,820 | 0,815 | 0,830 | 0,765 | 0,805 | 0,810 | 0,805 | 0,779 |
| 33 | 0,810 | 0,770 | 0,755 | 0,775 | 0,785 | 0,745 | 0,765 | 0,795 | 0,760 | 0,745 | 0,780 | 0,785 | 0,815 | 0,780 |
| 34 | 0,810 | 0,775 | 0,762 | 0,780 | 0,755 | 0,805 | 0,740 | 0,810 | 0,765 | 0,780 | 0,745 | 0,810 | 0,785 | 0,770 |
| 35 | 0,755 | 0,755 | 0,750 | 0,770 | 0,805 | 0,700 | 0,785 | 0,805 | 0,825 | 0,760 | 0,770 | 0,785 | 0,775 | 0,700 |
| 36 | 0,755 | 0,750 | 0,749 | 0,740 | 0,765 | 0,690 | 0,730 | 0,765 | 0,770 | 0,735 | 0,765 | 0,745 | 0,730 | 0,700 |
| 37 | 0,725 | 0,695 | 0,735 | 0,740 | 0,754 | 0,655 | 0,765 | 0,834 | 0,715 | 0,755 | 0,730 | 0,716 | 0,695 | 0,715 |
| 38 | 0,730 | 0,735 | 0,715 | 0,755 | 0,700 | 0,700 | 0,750 | 0,802 | 0,699 | 0,730 | 0,713 | 0,751 | 0,755 | 0,725 |
| 39 | 0,745 | 0,735 | 0,680 | 0,715 | 0,719 | 0,693 | 0,675 | 0,755 | 0,725 | 0,740 | 0,740 | 0,770 | 0,702 | 0,720 |
| 40 | 0,720 | 0,730 | 0,730 | 0,748 | 0,685 | 0,720 | 0,715 | 0,710 | 0,790 | 0,810 | 0,740 | 0,725 | 0,730 | 0,735 |
| qm (L/h) | 0,764 | 0,753 | 0,731 | 0,766 | 0,747 | 0,740 | 0,758 | 0,782 | 0,781 | 0,752 | 0,766 | 0,764 | 0,784 | 0,741 |
| Desvio Padrão | 0,047 | 0,041 | 0,042 | 0,038 | 0,060 | 0,049 | 0,051 | 0,044 | 0,056 | 0,043 | 0,039 | 0,051 | 0,048 | 0,050 |
| CV (%) | 6,11 | 5,39 | 5,77 | 4,92 | 7,97 | 6,61 | 6,76 | 5,64 | 7,16 | 5,68 | 5,09 | 6,67 | 6,11 | 6,79 |
| Pini (kPa) | 17,26 | 17,3 | 16,85 | 17,33 | 16,56 | 69,34 | 17,3 | 17,2 | 17,42 | 17,34 | 17,35 | 17,36 | 17,28 | 17,33 |
| Pfim (kPa) | 12,10 | 11,96 | 11,82 | 12,06 | 11,85 | 11,93 | 11,70 | 11,62 | 11,79 | 12,21 | 22,86 | 11,88 | 11,74 | 11,95 |

Continuação da tabela A8

| Emissor/ensaio | q15 | q16 | q17 | q18 | q19 | q20 | q21 | q22 | q23 | q24 | q25 | q26 | q27 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,848 | 0,821 | 0,825 | 0,825 | 0,835 | 0,809 | 0,835 | 0,845 | 0,845 | 0,875 | 0,855 | 0,845 | 0,855 |
| 2 | 0,795 | 0,783 | 0,775 | 0,760 | 0,755 | 0,787 | 0,790 | 0,741 | 0,757 | 0,745 | 0,810 | 0,750 | 0,780 |
| 3 | 0,815 | 0,820 | 0,800 | 0,785 | 0,805 | 0,765 | 0,815 | 0,795 | 0,785 | 0,785 | 0,750 | 0,779 | 0,785 |
| 4 | 0,810 | 0,814 | 0,790 | 0,795 | 0,795 | 0,780 | 0,800 | 0,805 | 0,800 | 0,800 | 0,780 | 0,785 | 0,780 |
| 5 | 0,733 | 0,740 | 0,735 | 0,730 | 0,720 | 0,750 | 0,740 | 0,760 | 0,760 | 0,725 | 0,775 | 0,755 | 0,765 |
| 6 | 0,735 | 0,770 | 0,740 | 0,725 | 0,770 | 0,715 | 0,745 | 0,675 | 0,700 | 0,655 | 0,745 | 0,700 | 0,690 |
| 7 | 0,710 | 0,767 | 0,723 | 0,715 | 0,725 | 0,715 | 0,715 | 0,735 | 0,731 | 0,695 | 0,685 | 0,715 | 0,705 |
| 8 | 0,745 | 0,765 | 0,735 | 0,740 | 0,695 | 0,740 | 0,735 | 0,755 | 0,715 | 0,695 | 0,725 | 0,725 | 0,700 |
| 9 | 0,725 | 0,725 | 0,690 | 0,710 | 0,710 | 0,675 | 0,680 | 0,727 | 0,705 | 0,678 | 0,705 | 0,700 | 0,700 |
| 10 | 0,680 | 0,725 | 0,645 | 0,670 | 0,655 | 0,712 | 0,650 | 0,705 | 0,670 | 0,675 | 0,685 | 0,690 | 0,710 |
| 11 | 0,850 | 0,860 | 0,725 | 0,810 | 0,825 | 0,729 | 0,845 | 0,852 | 0,825 | 0,860 | 0,850 | 0,865 | 0,845 |
| 12 | 0,831 | 0,815 | 0,800 | 0,790 | 0,790 | 0,785 | 0,810 | 0,823 | 0,795 | 0,785 | 0,835 | 0,790 | 0,790 |
| 13 | 0,810 | 0,835 | 0,795 | 0,800 | 0,780 | 0,760 | 0,800 | 0,800 | 0,765 | 0,760 | 0,825 | 0,790 | 0,775 |
| 14 | 0,785 | 0,807 | 0,769 | 0,745 | 0,745 | 0,770 | 0,755 | 0,760 | 0,750 | 0,751 | 0,785 | 0,760 | 0,740 |
| 15 | 0,785 | 0,775 | 0,750 | 0,709 | 0,755 | 0,765 | 0,765 | 0,780 | 0,730 | 0,625 | 0,755 | 0,755 | 0,770 |
| 16 | 0,732 | 0,750 | 0,745 | 0,720 | 0,728 | 0,735 | 0,695 | 0,778 | 0,726 | 0,695 | 0,750 | 0,725 | 0,730 |
| 17 | 0,745 | 0,769 | 0,743 | 0,715 | 0,725 | 0,735 | 0,715 | 0,780 | 0,705 | 0,675 | 0,710 | 0,725 | 0,700 |
| 18 | 0,763 | 0,750 | 0,705 | 0,711 | 0,715 | 0,720 | 0,695 | 0,730 | 0,705 | 0,670 | 0,705 | 0,685 | 0,685 |
| 19 | 0,760 | 0,755 | 0,725 | 0,765 | 0,735 | 0,735 | 0,685 | 0,750 | 0,715 | 0,695 | 0,715 | 0,710 | 0,710 |
| 20 | 0,710 | 0,710 | 0,675 | 0,718 | 0,690 | 0,691 | 0,675 | 0,735 | 0,710 | 0,688 | 0,680 | 0,670 | 0,695 |
| 21 | 0,850 | 0,890 | 0,835 | 0,820 | 0,805 | 0,796 | 0,825 | 0,883 | 0,840 | 0,885 | 0,840 | 0,835 | 0,855 |
| 22 | 0,840 | 0,860 | 0,825 | 0,830 | 0,810 | 0,792 | 0,815 | 0,851 | 0,855 | 0,840 | 0,825 | 0,855 | 0,855 |
| 23 | 0,770 | 0,780 | 0,760 | 0,800 | 0,795 | 0,730 | 0,770 | 0,774 | 0,795 | 0,800 | 0,800 | 0,815 | 0,810 |
| 24 | 0,765 | 0,785 | 0,795 | 0,775 | 0,782 | 0,738 | 0,790 | 0,782 | 0,815 | 0,785 | 0,800 | 0,805 | 0,795 |
| 25 | 0,750 | 0,790 | 0,780 | 0,755 | 0,760 | 0,725 | 0,765 | 0,775 | 0,805 | 0,765 | 0,810 | 0,780 | 0,790 |
| 26 | 0,714 | 0,750 | 0,725 | 0,745 | 0,734 | 0,669 | 0,715 | 0,741 | 0,725 | 0,756 | 0,785 | 0,730 | 0,695 |
| 27 | 0,718 | 0,768 | 0,735 | 0,750 | 0,735 | 0,730 | 0,735 | 0,750 | 0,765 | 0,740 | 0,758 | 0,772 | 0,745 |
| 28 | 0,710 | 0,700 | 0,715 | 0,740 | 0,695 | 0,670 | 0,705 | 0,725 | 0,720 | 0,730 | 0,750 | 0,745 | 0,755 |
| 29 | 0,710 | 0,740 | 0,720 | 0,725 | 0,650 | 0,695 | 0,645 | 0,715 | 0,740 | 0,740 | 0,728 | 0,720 | 0,730 |
| 30 | 0,700 | 0,715 | 0,710 | 0,735 | 0,665 | 0,675 | 0,690 | 0,755 | 0,735 | 0,715 | 0,710 | 0,700 | 0,745 |
| 31 | 0,863 | 0,813 | 0,825 | 0,845 | 0,825 | 0,810 | 0,855 | 0,899 | 0,875 | 0,890 | 0,875 | 0,890 | 0,905 |
| 32 | 0,805 | 0,812 | 0,775 | 0,770 | 0,805 | 0,805 | 0,782 | 0,837 | 0,825 | 0,825 | 0,820 | 0,850 | 0,829 |
| 33 | 0,770 | 0,785 | 0,745 | 0,763 | 0,785 | 0,730 | 0,735 | 0,785 | 0,790 | 0,767 | 0,820 | 0,785 | 0,785 |
| 34 | 0,785 | 0,795 | 0,760 | 0,775 | 0,810 | 0,750 | 0,740 | 0,770 | 0,805 | 0,790 | 0,785 | 0,805 | 0,790 |
| 35 | 0,770 | 0,775 | 0,755 | 0,747 | 0,770 | 0,745 | 0,745 | 0,785 | 0,805 | 0,790 | 0,795 | 0,785 | 0,775 |
| 36 | 0,745 | 0,735 | 0,720 | 0,733 | 0,735 | 0,715 | 0,735 | 0,790 | 0,800 | 0,810 | 0,780 | 0,785 | 0,800 |
| 37 | 0,735 | 0,770 | 0,715 | 0,710 | 0,725 | 0,723 | 0,720 | 0,750 | 0,755 | 0,737 | 0,790 | 0,795 | 0,715 |
| 38 | 0,765 | 0,770 | 0,760 | 0,715 | 0,710 | 0,750 | 0,745 | 0,775 | 0,785 | 0,780 | 0,755 | 0,759 | 0,800 |
| 39 | 0,750 | 0,760 | 0,745 | 0,755 | 0,690 | 0,720 | 0,700 | 0,785 | 0,770 | 0,770 | 0,785 | 0,775 | 0,770 |
| 40 | 0,740 | 0,740 | 0,705 | 0,720 | 0,680 | 0,715 | 0,675 | 0,770 | 0,745 | 0,745 | 0,725 | 0,745 | 0,730 |
| qm (L/h) | 0,766 | 0,777 | 0,750 | 0,754 | 0,748 | 0,739 | 0,746 | 0,776 | 0,766 | 0,755 | 0,772 | 0,766 | 0,765 |
| Desvio Padrão | 0,047 | 0,042 | 0,043 | 0,040 | 0,050 | 0,038 | 0,054 | 0,047 | 0,049 | 0,064 | 0,051 | 0,053 | 0,054 |
| CV (%) | 6,19 | 5,44 | 5,70 | 5,33 | 6,68 | 5,14 | 7,30 | 6,06 | 6,42 | 8,54 | 6,61 | 6,95 | 7,10 |
| Pini (kPa) | 17,24 | 17,39 | 17,09 | 17,31 | 17,12 | 17,21 | 17,15 | 17,33 | 17,33 | 17,32 | 17,32 | 17,33 | 17,19 |
| Pfim (kPa) | 11,82 | 12,08 | 11,89 | 45,41 | 11,73 | 12,13 | 11,99 | 11,86 | 12,04 | 12,13 | 11,82 | 11,98 | 11,68 |

A2 Estatística descritiva das vazões dos tratamentos

A análise estatística é em função do arranjo amostral:

n = 1000: corresponde ao número de vazões coletadas ao longo do tempo, de cada tratamento. Resulta da soma das vazões dos 40 emissores (e) nas 25 coletas.

n = 250: as vazões dos 10 emissores de cada linha lateral nas 25 coletas;
cada linha lateral (L) identificada pela sua ordem, L1, L2, L3 e L4.

n = 100: as vazões dos 4 emissores (e) de cada linha lateral nas 25 coletas,
os 4 emissores (e) identificados pela sua posição conforme a metodologia de Keller & Karmelli (1974),

e1: as vazões dos 4 primeiros emissores de cada linha lateral,

e2: as vazões dos 4 emissores localizados a 1/3 do comprimento de cada linha lateral,

e3: as vazões dos 4 emissores localizados a 2/3 do comprimento de cada linha lateral,

e4: as vazões dos 4 emissores localizados fim de cada linha lateral,

No tratamento T3 realizaram-se 24 medições de vazão.

As medidas estatísticas empregadas na análise das vazões constam nas tabelas A9 a A16, e são:

- q : representa a média aritmética das vazões
- Erro da media
- Desvio Padrão
- Variância
- Coeficiente de variação (CV)
- Valor mínimo encontrado(min)
- Primer quartil (Q1)
- Mediana
- Tercer quartil (Q3)
- Valor máximo (Máx)
- Simetria
- Curtose
- P valor

Tabela A9 Estatística descritiva das vazões do tratamento T1

| n | q (L/h) | Erro média | Desvio Padrão | Variança | CV | Mín. | Q1 | Mediana | Q3 | Máx. | Simetria | Curtose | P valor |
|-------|---------|------------|---------------|----------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|----------|---------|---------|
| 1000 | 0,585 | 0,00170 | 0,05378 | 0,00289 | 9,19 | 0,455 | 0,545 | 0,585 | 0,620 | 0,725 | 0,21 | -0,43 | < 0,005 |
| 250L1 | 0,590 | 0,00302 | 0,04768 | 0,00227 | 8,09 | 0,460 | 0,560 | 0,590 | 0,615 | 0,725 | 0,23 | 0,15 | 0,011 |
| 250L2 | 0,600 | 0,00331 | 0,05227 | 0,00273 | 8,70 | 0,495 | 0,560 | 0,600 | 0,635 | 0,725 | 0,18 | -0,46 | 0,011 |
| 250L3 | 0,581 | 0,00324 | 0,05118 | 0,00262 | 8,81 | 0,485 | 0,545 | 0,575 | 0,614 | 0,710 | 0,44 | -0,30 | < 0,005 |
| 250L4 | 0,571 | 0,00374 | 0,05915 | 0,00350 | 10,36 | 0,455 | 0,520 | 0,568 | 0,614 | 0,710 | 0,29 | -0,81 | < 0,005 |
| 100e1 | 0,675 | 0,00290 | 0,02904 | 0,00084 | 4,31 | 0,597 | 0,660 | 0,680 | 0,695 | 0,725 | -0,58 | -0,05 | 0,020 |
| 100e2 | 0,613 | 0,00288 | 0,02882 | 0,00083 | 4,70 | 0,523 | 0,600 | 0,615 | 0,630 | 0,675 | -0,27 | 0,62 | 0,223 |
| 100e3 | 0,563 | 0,00308 | 0,03085 | 0,00095 | 5,48 | 0,465 | 0,542 | 0,565 | 0,585 | 0,625 | -0,33 | 0,03 | 0,636 |
| 100e4 | 0,515 | 0,00259 | 0,02587 | 0,00067 | 5,02 | 0,455 | 0,495 | 0,515 | 0,530 | 0,590 | 0,39 | 0,36 | 0,076 |

Tabela A10 Estatística descritiva das vazões do tratamento T2

| n | q (L/h) | Erro média | Desvio Padrão | Variança | CV | Mín. | Q ₁ | Mediana | Q ₃ | Máx. | Simetria | Curtose | P valor |
|-------|---------|------------|---------------|----------|------|-------|----------------|---------|----------------|-------|----------|---------|---------|
| 1000 | 0,636 | 0,00166 | 0,05247 | 0,00275 | 8,25 | 0,500 | 0,595 | 0,635 | 0,670 | 0,800 | 0,26 | -0,31 | < 0,005 |
| 250L1 | 0,640 | 0,00292 | 0,04623 | 0,00214 | 7,22 | 0,535 | 0,605 | 0,635 | 0,665 | 0,790 | 0,49 | 0,23 | < 0,005 |
| 250L2 | 0,648 | 0,00331 | 0,05232 | 0,00274 | 8,07 | 0,550 | 0,605 | 0,650 | 0,680 | 0,800 | 0,29 | -0,33 | 0,011 |
| 250L3 | 0,635 | 0,00313 | 0,04947 | 0,00245 | 7,79 | 0,515 | 0,599 | 0,630 | 0,666 | 0,768 | 0,31 | -0,33 | 0,012 |
| 250L4 | 0,619 | 0,00361 | 0,05712 | 0,00326 | 9,23 | 0,500 | 0,571 | 0,615 | 0,662 | 0,770 | 0,32 | -0,73 | < 0,005 |
| 100e1 | 0,723 | 0,00333 | 0,03326 | 0,00111 | 4,60 | 0,585 | 0,706 | 0,725 | 0,744 | 0,800 | -0,97 | 2,50 | 0,006 |
| 100e2 | 0,661 | 0,00292 | 0,02919 | 0,00085 | 4,41 | 0,560 | 0,646 | 0,665 | 0,680 | 0,730 | -0,78 | 1,91 | 0,142 |
| 100e3 | 0,616 | 0,00314 | 0,03139 | 0,00099 | 5,10 | 0,540 | 0,595 | 0,620 | 0,639 | 0,695 | -0,08 | -0,24 | 0,091 |
| 100e4 | 0,569 | 0,00257 | 0,02572 | 0,00066 | 4,52 | 0,500 | 0,550 | 0,570 | 0,585 | 0,655 | 0,27 | 1,17 | 0,198 |

Tabela A11 Estatística descritiva das vazões do tratamento T3

| n | q (L/h) | Erro média | Desvio Padrão | Variança | CV | Mín. | Q1 | Mediana | Q3 | Máx. | Simetria | Curtose | P valor |
|-------|---------|------------|---------------|----------|------|-------|-------|---------|-------|-------|----------|---------|---------|
| 960* | 0,687 | 0,00167 | 0,05176 | 0,00268 | 7,53 | 0,560 | 0,650 | 0,685 | 0,715 | 0,860 | 0,41 | -0,11 | < 0,005 |
| 240L1 | 0,692 | 0,00294 | 0,04555 | 0,00208 | 6,59 | 0,581 | 0,660 | 0,690 | 0,712 | 0,850 | 0,69 | 0,70 | < 0,005 |
| 240L2 | 0,699 | 0,00319 | 0,04939 | 0,00244 | 7,06 | 0,593 | 0,660 | 0,700 | 0,730 | 0,860 | 0,39 | -0,18 | 0,042 |
| 240L3 | 0,688 | 0,00318 | 0,04925 | 0,00243 | 7,16 | 0,590 | 0,650 | 0,680 | 0,715 | 0,831 | 0,60 | -0,08 | < 0,005 |
| 240L4 | 0,671 | 0,00375 | 0,05806 | 0,00337 | 8,66 | 0,560 | 0,620 | 0,667 | 0,710 | 0,855 | 0,52 | -0,41 | < 0,005 |
| 96e1 | 0,775 | 0,00334 | 0,03274 | 0,00107 | 4,23 | 0,663 | 0,760 | 0,775 | 0,795 | 0,860 | -0,30 | 1,39 | 0,033 |
| 96e2 | 0,711 | 0,00313 | 0,03071 | 0,00094 | 4,32 | 0,622 | 0,691 | 0,710 | 0,725 | 0,800 | 0,26 | 0,84 | 0,049 |
| 96e3 | 0,665 | 0,00351 | 0,03443 | 0,00119 | 5,18 | 0,600 | 0,645 | 0,665 | 0,690 | 0,730 | -0,12 | -0,79 | 0,104 |
| 96e4 | 0,630 | 0,00280 | 0,02739 | 0,00075 | 4,35 | 0,575 | 0,610 | 0,627 | 0,650 | 0,710 | 0,29 | -0,13 | 0,379 |

Tabela A12 Estatística descritiva das vazões do tratamento T4

| n | q (L/h) | Erro média | Desvio Padrão | Variança | CV | Mín. | Q1 | Mediana | Q3 | Máx. | Simetria | Curtose | P valor |
|-------|---------|------------|---------------|----------|------|-------|-------|---------|-------|-------|----------|---------|---------|
| 1000 | 0,728 | 0,00160 | 0,05073 | 0,00257 | 6,96 | 0,620 | 0,690 | 0,725 | 0,755 | 0,890 | 0,45 | -0,13 | < 0,005 |
| 250L1 | 0,732 | 0,00284 | 0,04496 | 0,00202 | 6,15 | 0,635 | 0,700 | 0,730 | 0,750 | 0,890 | 0,80 | 0,70 | < 0,005 |
| 250L2 | 0,741 | 0,00316 | 0,04996 | 0,00250 | 6,75 | 0,630 | 0,705 | 0,735 | 0,775 | 0,885 | 0,47 | -0,23 | < 0,005 |
| 250L3 | 0,729 | 0,00299 | 0,04727 | 0,00223 | 6,48 | 0,637 | 0,695 | 0,725 | 0,755 | 0,865 | 0,55 | -0,02 | < 0,005 |
| 250L4 | 0,712 | 0,00355 | 0,05612 | 0,00315 | 7,88 | 0,620 | 0,665 | 0,700 | 0,750 | 0,860 | 0,51 | -0,56 | < 0,005 |
| 100e1 | 0,816 | 0,00324 | 0,03244 | 0,00105 | 3,98 | 0,715 | 0,800 | 0,820 | 0,835 | 0,890 | -0,56 | 0,44 | 0,041 |
| 100e2 | 0,750 | 0,00306 | 0,03060 | 0,00094 | 4,08 | 0,645 | 0,730 | 0,745 | 0,765 | 0,835 | 0,26 | 1,42 | < 0,005 |
| 100e3 | 0,705 | 0,00335 | 0,03348 | 0,00112 | 4,75 | 0,630 | 0,676 | 0,710 | 0,729 | 0,790 | -0,15 | -0,38 | 0,062 |
| 100e4 | 0,675 | 0,00318 | 0,03185 | 0,00101 | 4,72 | 0,620 | 0,650 | 0,675 | 0,694 | 0,810 | 1,13 | 2,94 | 0,014 |

Tabela A13 Estatística descritiva das vazões do tratamento T5

| n | q (L/h) | Erro média | Desvio Padrão | Variança | CV | Mín. | Q1 | Mediana | Q3 | Máx. | Simetria | Curtose | P valor |
|-------|---------|------------|---------------|----------|------|-------|-------|---------|-------|-------|----------|---------|---------|
| 1080 | 0,617 | 0,00142 | 0,047 | 0,00218 | 7,57 | 0,505 | 0,585 | 0,615 | 0,650 | 0,747 | 0,28 | -0,38 | < 0,005 |
| 270L1 | 0,608 | 0,00292 | 0,048 | 0,00230 | 7,89 | 0,505 | 0,575 | 0,605 | 0,635 | 0,730 | 0,25 | -0,34 | 0,014 |
| 270L2 | 0,617 | 0,00281 | 0,046 | 0,00214 | 7,49 | 0,518 | 0,585 | 0,615 | 0,650 | 0,740 | 0,14 | -0,58 | 0,092 |
| 270L3 | 0,618 | 0,00298 | 0,049 | 0,00240 | 7,92 | 0,515 | 0,580 | 0,606 | 0,654 | 0,735 | 0,45 | -0,67 | < 0,005 |
| 270L4 | 0,626 | 0,00255 | 0,042 | 0,00175 | 6,68 | 0,530 | 0,595 | 0,623 | 0,650 | 0,747 | 0,46 | 0,13 | 0,007 |
| 108e1 | 0,698 | 0,00224 | 0,023 | 0,00054 | 3,34 | 0,620 | 0,685 | 0,700 | 0,714 | 0,747 | -0,63 | 1,18 | 0,039 |
| 108e2 | 0,633 | 0,00229 | 0,024 | 0,00056 | 3,76 | 0,570 | 0,615 | 0,635 | 0,650 | 0,680 | -0,44 | -0,17 | 0,043 |
| 108e3 | 0,591 | 0,00235 | 0,024 | 0,00059 | 4,13 | 0,518 | 0,579 | 0,590 | 0,605 | 0,670 | -0,02 | 1,12 | 0,037 |
| 108e4 | 0,558 | 0,00238 | 0,025 | 0,00061 | 4,43 | 0,505 | 0,540 | 0,555 | 0,575 | 0,629 | 0,29 | 0,09 | 0,373 |

Tabela A14 Estatística descritiva das vazões do tratamento T6

| n | q (L/h) | Erro média | Desvio Padrão | Variança | CV | Mín. | Q1 | Mediana | Q3 | Máx. | Simetria | Curtose | P valor |
|-------|---------|------------|---------------|----------|------|-------|-------|---------|-------|-------|----------|---------|---------|
| 1080 | 0,670 | 0,00153 | 0,050 | 0,00251 | 7,48 | 0,500 | 0,635 | 0,665 | 0,700 | 0,845 | 0,33 | -0,21 | < 0,005 |
| 270L1 | 0,663 | 0,00309 | 0,051 | 0,00257 | 7,65 | 0,540 | 0,625 | 0,660 | 0,690 | 0,845 | 0,47 | 0,31 | < 0,005 |
| 270L2 | 0,672 | 0,00299 | 0,049 | 0,00241 | 7,30 | 0,565 | 0,635 | 0,670 | 0,710 | 0,790 | 0,16 | -0,66 | 0,016 |
| 270L3 | 0,668 | 0,00317 | 0,052 | 0,00271 | 7,79 | 0,565 | 0,627 | 0,655 | 0,705 | 0,785 | 0,49 | -0,67 | < 0,005 |
| 270L4 | 0,677 | 0,00297 | 0,049 | 0,00237 | 7,20 | 0,500 | 0,640 | 0,675 | 0,705 | 0,825 | 0,27 | 0,54 | 0,029 |
| 108e1 | 0,757 | 0,00241 | 0,025 | 0,00063 | 3,31 | 0,664 | 0,745 | 0,755 | 0,770 | 0,845 | -0,10 | 2,90 | < 0,005 |
| 108e2 | 0,688 | 0,00271 | 0,028 | 0,00079 | 4,10 | 0,595 | 0,675 | 0,692 | 0,710 | 0,755 | -0,69 | 0,83 | < 0,005 |
| 108e3 | 0,640 | 0,00241 | 0,025 | 0,00063 | 3,91 | 0,575 | 0,626 | 0,642 | 0,655 | 0,714 | -0,08 | 0,45 | 0,073 |
| 108e4 | 0,613 | 0,00287 | 0,030 | 0,00089 | 4,87 | 0,500 | 0,595 | 0,610 | 0,630 | 0,705 | -0,09 | 2,07 | 0,017 |

Tabela A15 Estatística descritiva das vazões do tratamento T7

| n | q (L/h) | Erro média | Desvio Padrão | Variança | CV | Mín. | Q1 | Mediana | Q3 | Máx. | Simetria | Curtose | P valor |
|-------|---------|------------|---------------|----------|------|-------|-------|---------|-------|-------|----------|---------|---------|
| 1080 | 0,724 | 0,00152 | 0,050 | 0,00251 | 6,91 | 0,591 | 0,690 | 0,720 | 0,758 | 0,870 | 0,24 | -0,37 | < 0,005 |
| 270L1 | 0,721 | 0,00303 | 0,050 | 0,00248 | 6,90 | 0,591 | 0,685 | 0,720 | 0,755 | 0,860 | 0,12 | -0,35 | 0,403 |
| 270L2 | 0,727 | 0,00305 | 0,050 | 0,00251 | 6,90 | 0,625 | 0,690 | 0,725 | 0,760 | 0,860 | 0,25 | -0,60 | 0,013 |
| 270L3 | 0,719 | 0,00322 | 0,053 | 0,00280 | 7,35 | 0,615 | 0,678 | 0,710 | 0,760 | 0,865 | 0,38 | -0,58 | < 0,005 |
| 270L4 | 0,730 | 0,00284 | 0,047 | 0,00218 | 6,40 | 0,610 | 0,700 | 0,725 | 0,760 | 0,870 | 0,30 | 0,25 | 0,023 |
| 108e1 | 0,806 | 0,00272 | 0,028 | 0,00080 | 3,51 | 0,705 | 0,790 | 0,805 | 0,820 | 0,870 | -0,33 | 1,47 | 0,009 |
| 108e2 | 0,739 | 0,00309 | 0,032 | 0,00103 | 4,35 | 0,650 | 0,716 | 0,745 | 0,760 | 0,818 | -0,36 | -0,02 | 0,028 |
| 108e3 | 0,698 | 0,00274 | 0,029 | 0,00081 | 4,08 | 0,625 | 0,675 | 0,696 | 0,717 | 0,780 | 0,04 | -0,06 | 0,895 |
| 108e4 | 0,668 | 0,00291 | 0,030 | 0,00092 | 4,53 | 0,591 | 0,650 | 0,669 | 0,690 | 0,740 | 0,12 | -0,29 | 0,623 |

Tabela A16 Estatística descritiva das vazões do tratamento T8

| n | q (L/h) | Erro média | Desvio Padrão | Variança | CV | Mín. | Q1 | Mediana | Q3 | Máx. | Simetria | Curtose | P valor |
|-------|---------|------------|---------------|----------|------|-------|-------|---------|-------|-------|----------|---------|---------|
| 1080 | 0,759 | 0,00151 | 0,050 | 0,00247 | 6,54 | 0,616 | 0,725 | 0,755 | 0,790 | 0,905 | 0,22 | -0,31 | < 0,005 |
| 270L1 | 0,753 | 0,00302 | 0,050 | 0,00246 | 6,59 | 0,645 | 0,715 | 0,755 | 0,785 | 0,875 | 0,21 | -0,45 | 0,010 |
| 270L2 | 0,761 | 0,00303 | 0,050 | 0,00248 | 6,54 | 0,616 | 0,725 | 0,760 | 0,791 | 0,870 | 0,13 | -0,39 | 0,009 |
| 270L3 | 0,757 | 0,00321 | 0,053 | 0,00278 | 6,96 | 0,640 | 0,720 | 0,750 | 0,793 | 0,890 | 0,28 | -0,48 | 0,024RJ |
| 270L4 | 0,768 | 0,00277 | 0,046 | 0,00207 | 5,92 | 0,655 | 0,735 | 0,765 | 0,795 | 0,905 | 0,42 | 0,14 | 0,022 |
| 108e1 | 0,841 | 0,00273 | 0,028 | 0,00081 | 3,37 | 0,725 | 0,825 | 0,843 | 0,859 | 0,905 | -1,01 | 3,68 | 0,010 |
| 108e2 | 0,774 | 0,00254 | 0,026 | 0,00070 | 3,41 | 0,680 | 0,755 | 0,777 | 0,790 | 0,860 | -0,23 | 1,04 | 0,066 |
| 108e3 | 0,731 | 0,00271 | 0,028 | 0,00079 | 3,86 | 0,655 | 0,715 | 0,730 | 0,749 | 0,834 | 0,44 | 1,16 | 0,152 |
| 108e4 | 0,708 | 0,00295 | 0,031 | 0,00094 | 4,33 | 0,616 | 0,686 | 0,710 | 0,730 | 0,810 | 0,08 | 0,86 | 0,152 |

APÊNDICE A3

Gráficos das análises de resíduos para a uniformidade de distribuição da água na irrigação e na fertirrigação por gotejamento.

Figura A2 Determinação do valor da probabilidade do teste de hipótese (P valor) das vazões dos primeiros emissores de todos os ensaios em cada tratamento

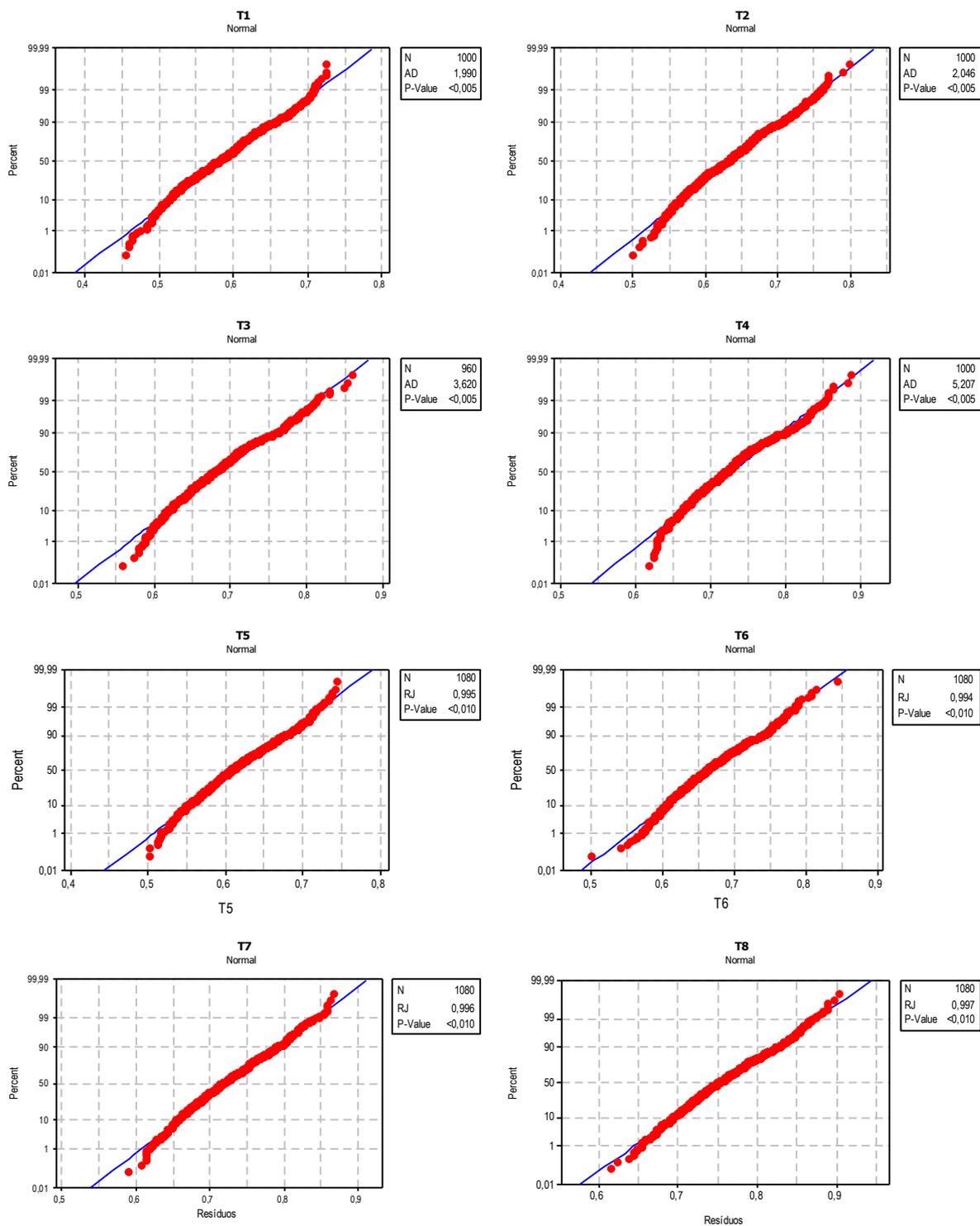


Figura A1 Determinação do Valor da probabilidade do teste de hipótese (P valor) de todas as vazões obtidas em cada tratamento (n = 1000)

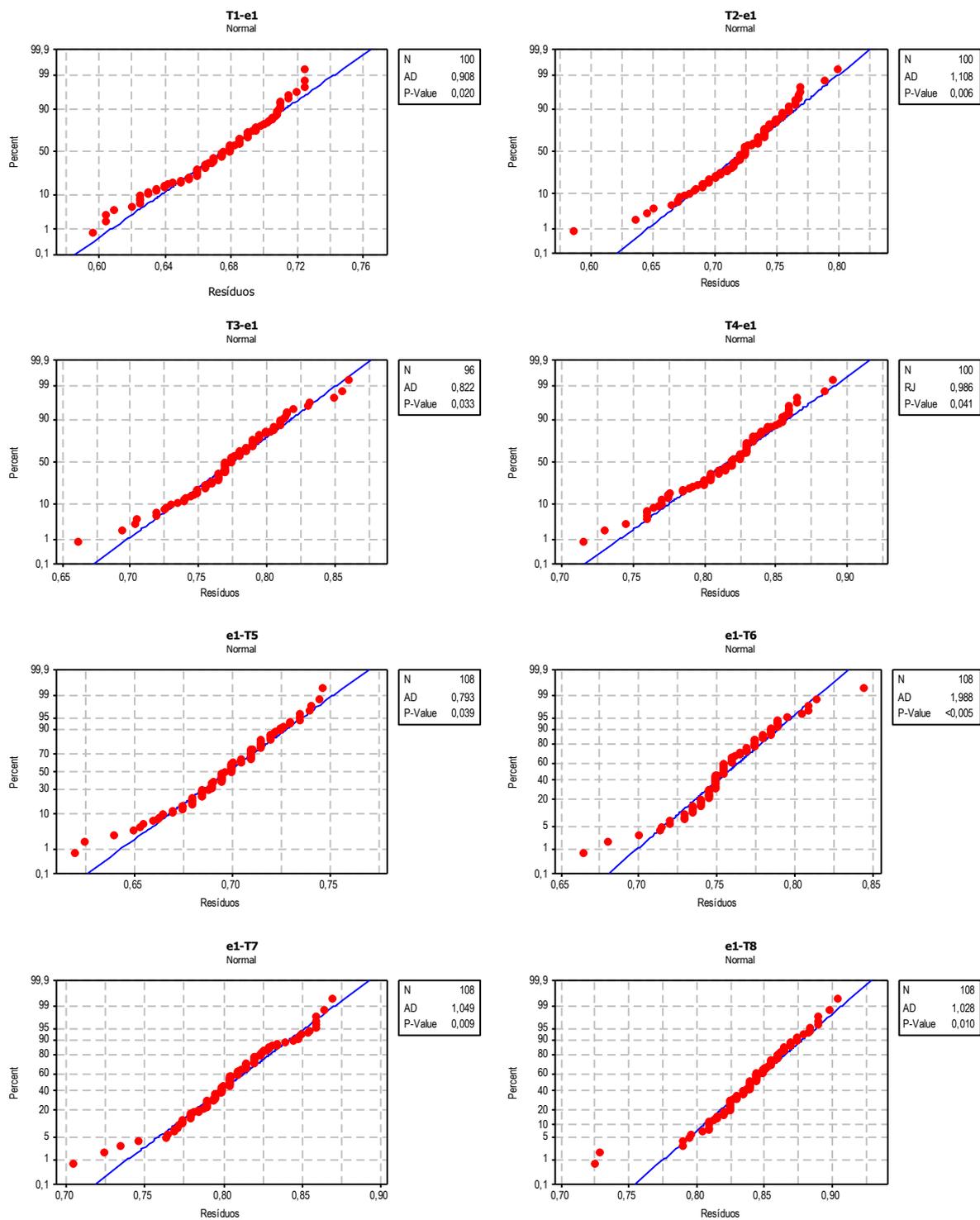


Figura A2 Determinação do valor da probabilidade do teste de hipótese (P valor) das vazões dos primeiros emissores de todos os ensaios em cada tratamento (n = 100)

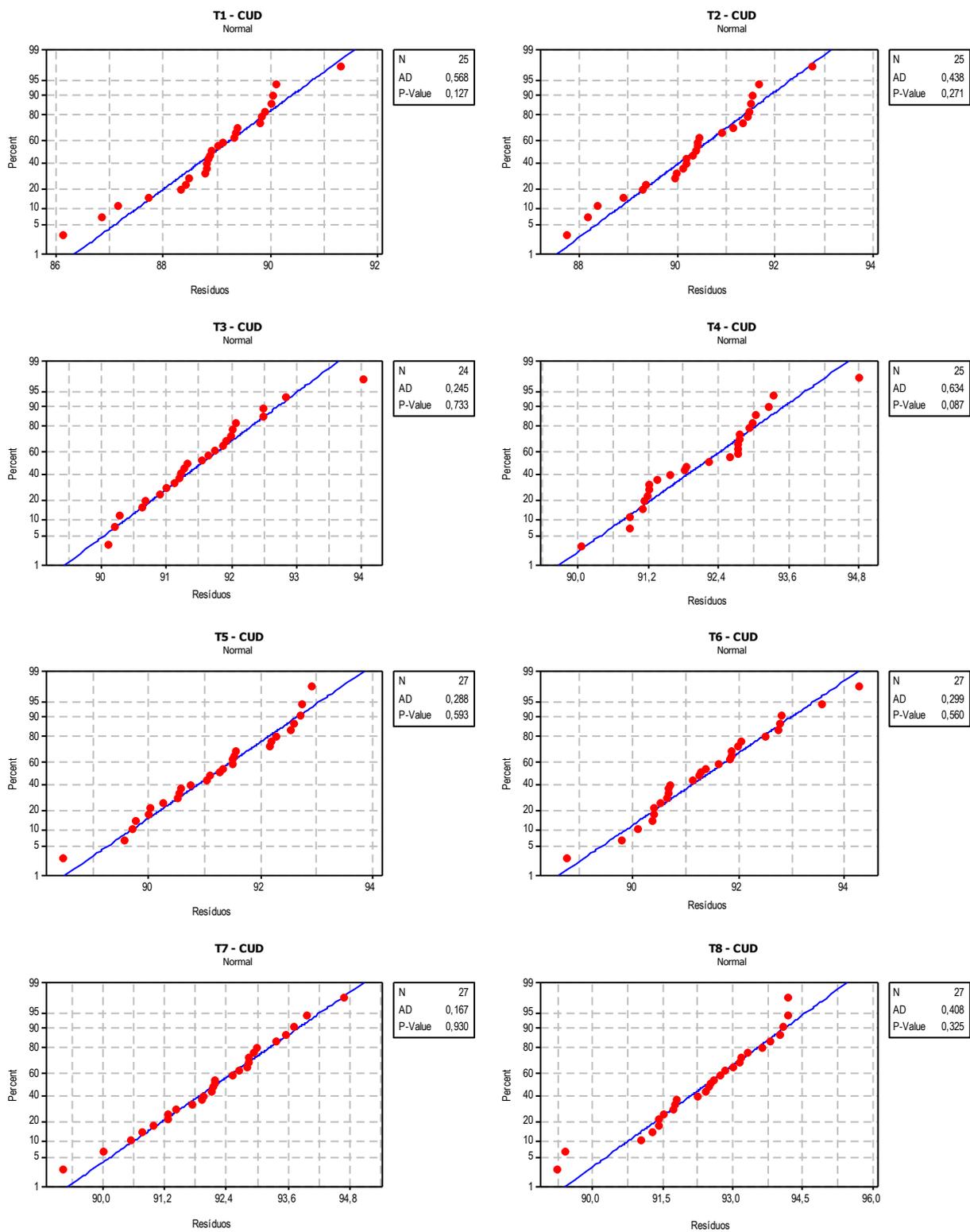


Figura A3 Gráficos de resíduos e valor da probabilidade dos dados de CUD dos ensaios para cada tratamento (n = especificado no gráfico)

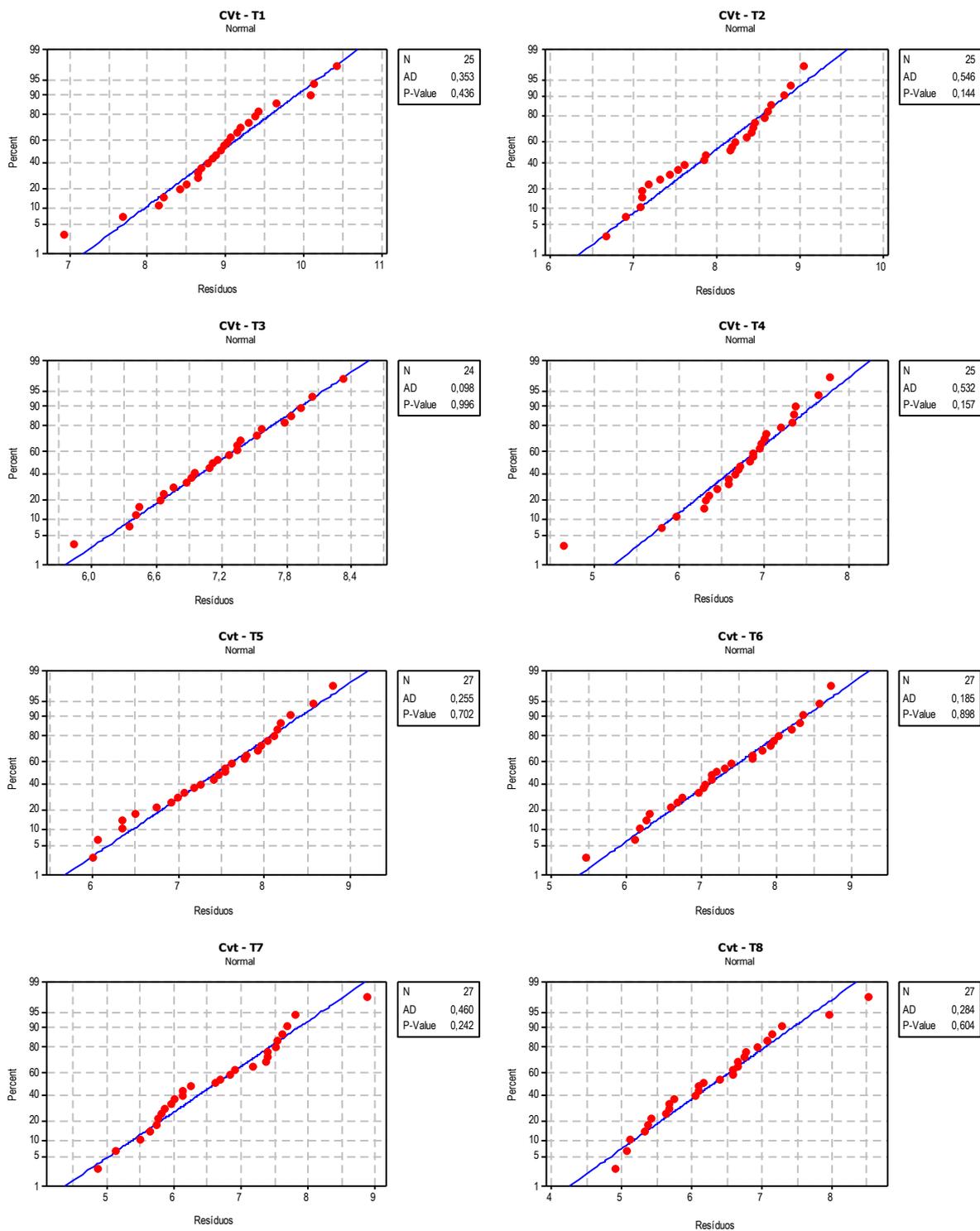


Figura A4 Gráficos de análise de resíduos e de probabilidade dos dados de CVt dos ensaios para cada tratamento (n = especificado)

Apêndice A4 Uniformidade de Distribuição

Tabela A9 CUD (%) em cada ensaio e respectivo tratamento para irrigação

| Ensaio | T1 | T2 | T3 | T4 |
|--------|------|------|------|------|
| 1 | 89,4 | 90,4 | 91,3 | 93,3 |
| 2 | 91,3 | 89,4 | 91,3 | 93,1 |
| 3 | 87,2 | 91,0 | 92,1 | 92,8 |
| 4 | 90,1 | 92,8 | 94,1 | 92,3 |
| 5 | 89,1 | 90,5 | 91,8 | 92,7 |
| 6 | 89,9 | 91,2 | 90,2 | 93,4 |
| 7 | 89,4 | 88,2 | 91,2 | 91,8 |
| 8 | 89,4 | 91,5 | 92,5 | 90,9 |
| 9 | 89,9 | 90,1 | 91,9 | 92,8 |
| 10 | 88,4 | 91,5 | 92,9 | 92,8 |
| 11 | 89,8 | 91,5 | 91,7 | 93,0 |
| 12 | 86,1 | 90,4 | 91,6 | 90,9 |
| 13 | 90,1 | 91,7 | 92,5 | 94,8 |
| 14 | 89,0 | 91,4 | 91,9 | 92,6 |
| 15 | 88,8 | 91,6 | 90,6 | 92,8 |
| 16 | 90,1 | 87,7 | 92,0 | 91,6 |
| 17 | 88,3 | 90,2 | 92,0 | 92,9 |
| 18 | 87,7 | 90,4 | 90,9 | 91,2 |
| 19 | 88,9 | 90,4 | 91,1 | 91,1 |
| 20 | 88,8 | 88,9 | 90,1 | 91,4 |
| 21 | 88,5 | 90,0 | 90,7 | 91,2 |
| 22 | 88,9 | 90,0 | 91,0 | 91,1 |
| 23 | 88,8 | 90,2 | 91,2 | 90,1 |
| 24 | 86,9 | 88,4 | 90,3 | 91,9 |
| 25 | 88,9 | 89,3 | * | 91,2 |

* Parcela perdida

Tabela A10 Coeficientes de variação (CVt, %) das vazões resultante da aplicação de 4 cargas hidráulicas num sistema de irrigação por gotejamento

| Ensaio | T1 | T2 | T3 | T4 |
|--------|-------|------|------|------|
| 1 | 9,32 | 8,62 | 7,35 | 5,98 |
| 2 | 6,93 | 8,43 | 7,39 | 6,84 |
| 3 | 10,15 | 8,37 | 7,13 | 6,47 |
| 4 | 9,09 | 7,11 | 5,85 | 6,88 |
| 5 | 8,96 | 8,46 | 7,29 | 6,31 |
| 6 | 8,51 | 8,24 | 8,33 | 5,81 |
| 7 | 9,00 | 8,90 | 7,36 | 7,37 |
| 8 | 8,66 | 7,12 | 6,64 | 7,21 |
| 9 | 8,79 | 7,55 | 7,10 | 6,33 |
| 10 | 9,05 | 7,44 | 6,42 | 6,59 |
| 11 | 7,69 | 7,10 | 6,96 | 6,73 |
| 12 | 10,45 | 8,66 | 6,94 | 7,79 |
| 13 | 8,15 | 6,91 | 6,36 | 4,66 |
| 14 | 8,43 | 6,68 | 6,68 | 6,37 |
| 15 | 8,89 | 7,19 | 7,59 | 6,72 |
| 16 | 8,22 | 9,06 | 6,46 | 6,99 |
| 17 | 9,44 | 7,86 | 6,78 | 6,59 |
| 18 | 9,67 | 7,89 | 7,85 | 7,02 |
| 19 | 8,67 | 7,62 | 7,54 | 7,39 |
| 20 | 8,85 | 8,18 | 8,05 | 7,03 |
| 21 | 9,21 | 8,60 | 7,94 | 6,88 |
| 22 | 9,16 | 8,20 | 7,18 | 7,35 |
| 23 | 9,39 | 7,34 | 6,89 | 7,65 |
| 24 | 10,11 | 8,83 | 7,79 | 6,68 |
| 25 | 8,71 | 8,46 | - | 6,96 |

Tabela 11 CUD (%) em cada ensaio e respectivo tratamento para a fertirrigação

| Ensaio | T5 | T6 | T7 | T8 |
|--------|------|------|------|------|
| 1 | 91,3 | 90,7 | 91,3 | 93,0 |
| 2 | 92,3 | 91,2 | 92,8 | 94,2 |
| 3 | 92,8 | 91,9 | 92,1 | 92,8 |
| 4 | 92,6 | 92,8 | 93,4 | 94,0 |
| 5 | 92,2 | 94,3 | 90,0 | 89,2 |
| 6 | 91,5 | 92,1 | 92,9 | 92,5 |
| 7 | 90,5 | 90,7 | 92,2 | 91,8 |
| 8 | 91,5 | 88,8 | 92,9 | 92,5 |
| 9 | 89,6 | 93,6 | 94,7 | 91,7 |
| 10 | 92,2 | 92,8 | 93,8 | 93,2 |
| 11 | 92,9 | 92,5 | 92,7 | 94,2 |
| 12 | 92,7 | 90,1 | 91,3 | 91,8 |
| 13 | 90,0 | 91,9 | 92,2 | 92,4 |
| 14 | 91,3 | 92,8 | 92,2 | 92,6 |
| 15 | 91,6 | 92,0 | 92,5 | 92,9 |
| 16 | 91,1 | 90,4 | 93,0 | 93,7 |
| 17 | 92,6 | 90,7 | 94,0 | 93,4 |
| 18 | 90,3 | 91,9 | 93,0 | 94,1 |
| 19 | 90,6 | 91,4 | 91,8 | 91,4 |
| 20 | 91,1 | 90,4 | 90,6 | 93,8 |
| 21 | 91,5 | 91,6 | 92,0 | 91,0 |
| 22 | 89,8 | 91,3 | 93,6 | 93,2 |
| 23 | 90,8 | 90,5 | 92,0 | 92,3 |
| 24 | 88,5 | 90,4 | 89,3 | 89,4 |
| 25 | 90,6 | 90,7 | 91,5 | 91,3 |
| 26 | 89,7 | 89,8 | 91,0 | 91,6 |
| 27 | 90,0 | 91,3 | 90,8 | 91,4 |

Tabela A12 Coeficientes de variação (CVt, %) das vazões resultante da aplicação de 4 cargas hidráulicas num sistema de fertirrigação por gotejamento

| Ensaio | T5 | T6 | T7 | T8 |
|--------|------|------|------|------|
| 1 | 6,93 | 8,33 | 6,85 | 6,11 |
| 2 | 7,63 | 7,04 | 5,77 | 5,39 |
| 3 | 6,01 | 6,98 | 6,15 | 5,77 |
| 4 | 6,50 | 6,76 | 5,78 | 4,92 |
| 5 | 7,01 | 6,13 | 7,53 | 7,97 |
| 6 | 6,75 | 6,61 | 5,99 | 6,61 |
| 7 | 7,93 | 7,42 | 6,94 | 6,76 |
| 8 | 7,08 | 8,75 | 6,02 | 5,64 |
| 9 | 7,97 | 5,46 | 4,87 | 7,16 |
| 10 | 6,36 | 6,19 | 5,52 | 5,68 |
| 11 | 6,08 | 6,27 | 5,88 | 5,09 |
| 12 | 6,35 | 8,05 | 7,42 | 6,67 |
| 13 | 8,17 | 7,22 | 7,56 | 6,11 |
| 14 | 7,49 | 6,33 | 6,63 | 6,79 |
| 15 | 7,56 | 7,15 | 6,27 | 6,19 |
| 16 | 8,05 | 7,94 | 6,15 | 5,44 |
| 17 | 7,28 | 7,32 | 5,66 | 5,70 |
| 18 | 7,79 | 7,16 | 5,82 | 5,33 |
| 19 | 8,20 | 8,37 | 6,70 | 6,68 |
| 20 | 7,19 | 7,83 | 7,71 | 5,14 |
| 21 | 7,42 | 6,69 | 7,20 | 7,30 |
| 22 | 8,12 | 7,06 | 5,14 | 6,06 |
| 23 | 7,81 | 7,70 | 7,64 | 6,42 |
| 24 | 8,81 | 7,99 | 8,90 | 8,54 |
| 25 | 7,55 | 8,59 | 7,39 | 6,61 |