

GERALDO HENRIQUE FERREIRA

**AVALIAÇÃO DO MANEJO DE IRRIGAÇÃO NA CULTURA DA BANANEIRA  
NO PERÍMETRO IRRIGADO GORUTUBA NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2012

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

F383a  
2012

Ferreira, Geraldo Henrique, 1982-

Avaliação do manejo de irrigação na cultura da bananeira no  
perímetro irrigado Gorutuba no Estado de Minas Gerais /  
Geraldo Henrique Ferreira. – Viçosa, MG, 2012.  
xi, 70f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Antônio Alves Soares.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 60-62

1. Recursos hídricos. 2. Banana - Irrigação. 3. Gorutuba  
(MG). 4. Água - Qualidade. 5. Minas Gerais. 6. Irrigação.  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 630.2537

GERALDO HENRIQUE FERREIRA


**AVALIAÇÃO DO MANEJO DE IRRIGAÇÃO NA CULTURA DA BANANEIRA  
NO PERÍMETRO IRRIGADO GORUTUBA NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 17 de fevereiro de 2012.

  
Paola Alfonsa Vieira Lo Mônaco

  
Everardo Chartuni Mantovani  
(Coorientador)

  
Antônio Alves Soares  
(Orientador)

Aos meus pais, Sebastião Francisco Ferreira e Maria Licia Ferreira.

Aos meus irmãos, Paulo, Patrícia, Raquel, Ricardo e Rafael.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por me iluminar nas horas de dificuldade.

Aos meus pais e aos meus irmãos, pelo apoio durante toda minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa e, em especial, ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao professor Antônio Alves, pela orientação; e aos professores Everardo Mantovani e Mauro Martinez, pelos conselhos e pelos esclarecimentos.

À Thais, pelo companheirismo, pela compreensão e pela paciência durante toda essa jornada.

Aos meus amigos, Rodrigo e Leandro Vagno, pela amizade e pelos conselhos.

Aos meus colegas de curso, em especial a Wady, Samuel, Adinan, Danilo, Leônidas, Gustavo Haddad e Donizete, pelo auxílio nas disciplinas e pelas madrugadas de estudo.

Aos funcionários do Laboratório de Hidráulica, Chicão e Eduardo, pelo apoio, pelos bons papos e pelo café.

Ao Distrito de Irrigação Gorutuba (DIG) e ao CNPq, pelo financiamento deste trabalho.

À todos os funcionários do DIG, em especial a Ricardo Carreiro, Alécio, Flávio e Paulo Caldas, pelo apoio e pelo interesse.

Ao Arley Figueiredo, funcionário da EMBRAPA, pela amizade e pela ajuda desde a graduação.

À EPAMIG de Nova Porteirinha, pela disponibilidade em ajudar-me quando precisei.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	viii
RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	xi
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. Irrigação .....	3
2.2. Uso eficiente da água .....	4
2.2.1. Avaliação da uniformidade de emissão .....	5
2.2.1.1. Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD).....	5
2.2.1.2. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) .....	6
2.2.2. Razão de aplicação parcelar .....	7
2.2.3. Avaliação da tomada de decisão de irrigação .....	7
2.3. Salinidade na cultura da bananeira.....	9
2.4. Software IntecPerímetro .....	10
2.4.1. Metodologia de cálculo .....	11
2.4.1.1. Evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ).....	11
2.4.2.2. Evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ).....	11
2.4.2.3. Cálculo da irrigação.....	13
2.5. O distrito de irrigação Gorutuba .....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	20
3.1. Local e visão geral .....	20
3.2. Avaliação do sistema de irrigação .....	23
3.2.1. Parâmetros avaliados .....	23
3.3. Parâmetros da cultura.....	26
3.4. Parâmetros do solo.....	27

3.5. Dados meteorológicos e evapotranspiração.....	28
3.6. Precipitação efetiva.....	28
3.7. Balanço de água no solo.....	29
3.8. Indicadores de desempenho/atuação .....	29
3.8.1. Caracterização do manejo da irrigação .....	29
3.9. Determinação da qualidade da água dos drenos.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
4.1. Clima.....	33
4.2. Avaliação do sistema de irrigação .....	35
4.3. Razão de aplicação parcelar.....	40
4.4. Avaliação do manejo.....	44
4.5. Qualidade da água dos drenos .....	54
5. CONCLUSÕES .....	57
6. SUGESTÕES.....	58
REFERÊNCIAS.....	60
APÊNDICE.....	63

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios de classificação de CUD.....	5
Tabela 2 - Critérios de classificação do CUC.....	6
Tabela 3 - Levantamento das culturas dos lotes de colonos do Perímetro Irrigado Gorutuba em 2010 .....	15
Tabela 4 - Levantamento das culturas dos lotes empresariais do Perímetro Irrigado Gorutuba em 2010 .....	17
Tabela 5 - Lista dos lotes avaliados .....	21
Tabela 6 - Valores de $k_c$ para banana.....	26
Tabela 7 - Distribuição das bacias por tipo de solo.....	27
Tabela 8 - Parâmetros de classificação do risco da água de irrigação, conforme Ayers e Westcost em 1985 .....	31
Tabela 9 - Parâmetros de classificação do risco da água de irrigação, conforme USDA em 1954 .....	32
Tabela 10 - Precipitação registrada pelos pluviômetros instalados na estação da EPAMIG e no lote 136 .....	34
Tabela 11 - Parâmetros avaliados nos sistemas de irrigação para área empresarial .....	36
Tabela 12 - Parâmetros avaliados nos sistemas de irrigação para área de colonos.....	37
Tabela 13 - Razão de Aplicação Parcelar (RAP) em 2009 .....	42
Tabela 14 - Razão de Aplicação Parcelar (RAP) em 2010 .....	43
Tabela 15 - Parâmetros de avaliação de manejo em 2009.....	46
Tabela 16 - Parâmetros de avaliação de manejo em 2010.....	47
Tabela 17 - Parâmetros de avaliação de manejo mensais em 2009 na área empresarial .....	49
Tabela 18 - Parâmetros de avaliação de manejo mensais em 2009 na área de colonos.....	50
Tabela 19 - Parâmetros de avaliação de manejo mensais em 2010 na área empresarial .....	51
Tabela 20 - Parâmetros de avaliação de manejo mensais em 2010 na área de colonos.....	52

Tabela 21 - Resultados dos parâmetros analisados nas amostras coletadas no Canal Principal (CP) e nos drenos .....	54
Tabela 22 - Classificação da água de acordo com o risco de salinização e sodificação do solo, segundo USDA, em 1954 .....	54
Tabela 23 - Classificação da água de acordo com o risco de salinização e sodificação do solo, segundo Ayers e Westcot, em 1985 .....	55
Tabela 1A - Dados de volume (ml) e pressão (atm) dos setores avaliados em cada lote .....	63
Tabela 2A - Volume mensal em m <sup>3</sup> derivado para os lotes para os quais foi calculada a Razão de Aplicação Parcelar (RAP) para o ano de 2009 .....	69
Tabela 3A - Volume mensal em m <sup>3</sup> derivado para os lotes para os quais foi calculada a Razão de Aplicação Parcelar (RAP) para o ano de 2010 .....	70

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de execução.....	10
Figura 2 - Mapa do Perímetro Irrigado Gorutuba com indicação dos lotes avaliados e das estações climatológicas. ....	22
Figura 3 - Croqui de seleção das linhas laterais (LL) e dos emissores (E) avaliados.....	24
Figura 4 - $ET_0$ mensal dos anos de 2009 e 2010.....	33
Figura 5 - Dados de solo dos 10 lotes avaliados com relação ao manejo. ....	53

## RESUMO

FERREIRA, Geraldo Henrique, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2012. **Avaliação do manejo de irrigação na cultura da bananeira no Perímetro Irrigado Gorutuba no Estado de Minas Gerais.** Orientador: Antônio Alves Soares. Coorientadores: Everardo Chartuni Mantovani e Mauro Aparecido Martinez.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o manejo da irrigação na cultura da banana e da qualidade da água drenada no Distrito Irrigado Gorutuba. Foram selecionados 18 lotes para este estudo, seis na área empresarial e 12 na área de colonos, em cada lote, dois setores foram escolhidos para a avaliação. Na primeira etapa do estudo, foram avaliados os seguintes parâmetros: vazão média (Q), variação de vazão no setor ( $\Delta Q$ ), pressão média (P), variação de pressão ( $\Delta P$ ), número de emissores obstruídos (NEO), percentual de mistura de emissores (ME), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Variação Total (CVT), coeficiente de variação hidráulica (CVH), expoente de descarga do emissor no setor (X) e coeficiente de variação estatística (CVE). Na segunda etapa, a demanda de água e irrigação foram simulados para os anos de 2009 e 2010, usando o software IntecPerimetro ®. A Razão de Aplicação Parcelar (RAP), o coeficiente de correlação (r) e coeficiente de concordância de Willmott (d) foram calculados usando os dados simulados. Entre os 32 setores estudados, menos de 50% apresentaram valores de CUD no intervalo considerado excelente, e os melhores resultados foram encontrados nos sistemas mais novos. O CUC apresentou uma maior eficiência, quando comparado com o CUD, entretanto, assim como a CUD, teve com fator de maior influência negativa a obstrução de emissores. A variação da pressão em 21 dos 32 sectores avaliados foi acima do aceitável. Cerca de 50% de setores apresentou mistura de emissores e pelo menos cerca de 60% dos setores apresentava pelo menos um emissor obstruído, resultado da não utilização de um sistema de filtração de água. A maioria dos irrigantes aplica água em excesso. O número médio de meses irrigados com déficit é de aproximadamente 3,5 e 8,5 para a área empresarial e de colonos,

respectivamente. A qualidade da água drenada não apresentou qualquer restrição para irrigar banana.

## ABSTRACT

FERREIRA, Geraldo Henrique, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2012. **Evaluation of the handling of irrigation of the culture of the banana tree in the irrigated perimeter Gorutuba in the state of Minas Gerais.** Adviser: Antônio Alves Soares. Co-advisers: Everardo Chartuni Mantovani and Mauro Aparecido Martinez.

This work aimed to evaluate the irrigation management in banana crop and the quality of water drained in the Irrigated District of Gorutuba. were select 18 lots for this study, six in the business area and 12 in the colonization area; in each lot, two sectors were chosen for evaluation. In the first stage of the study, the following parameters were evaluated: average discharge (Q), discharge variation in the Sector ( $\Delta Q$ ), average pressure (P), pressure variation ( $\Delta P$ ), number of clogged emitters (NEO), percentage of mixing emitters (ME), Distribution Uniformity Coefficient (CUD), Christiansen Uniformity Coefficient (CUC), Total Variation Coefficient (CVT), hydraulic variation coefficient (CVH), discharge exponent of the emitter in the sector (X) and Statistical Variation Coefficient (CVE). In the second step, the water demand and irrigation were simulated for the years 2009 and 2010, using the software IntecPerimetro®. The subunit application ratio (RAP), the correlation coefficient (r) and agreement coefficient of Willmott (d) were calculated using simulated data. Among the 32 sectors studied, less than 50% had values of CUD in the range considered excellent, and the best results were found in the newest systems. The CUC, showed higher efficiency when compared to the CUD, but also, as well as the CUD, had the emitters clogging as the major influence on its results. The pressure variation in 21 out of the 32 sectors evaluated was above the acceptable. About 50% of sectors showed a mixture of emitters and at least about 60% of the emitters evaluated were partially or wholly clogged, as a result of not using a water filtration system. Most of the irrigators applied water in excess. The average number of months irrigated with deficit is approximately 3.5 and 8.5 for the business and the settlers' areas, respectively. The quality of water drained showed no restrictions to irrigate banana.

## 1. INTRODUÇÃO

A água é indispensável à vida não só pelas necessidades fisiológicas, mas também pelo seu uso na produção de alimentos e direta ou indiretamente na produção de vários produtos e serviços. Apesar de ter um ciclo que permite sua renovação, a intensa atividade humana sobre o meio tem feito com que a disponibilidade de água de boa qualidade para consumo seja cada vez menor, o que está tornando o seu uso eficiente fator imprescindível para a sustentabilidade de gerações futuras. Um indicativo disso é que atualmente aproximadamente 2,4 bilhões de pessoas já vivem em áreas com baixa disponibilidade hídrica (OKI; KANAE, 2006).

Segundo Molden (2007), a agricultura é responsável por 70% da água consumida no mundo, 20% é consumida pela indústria e o consumo humano direto ou indireto é responsável pelos outros 10%. Já Jackson et al. (2001) relatam que a agricultura consome 65%; a indústria, 22%; e as demais formas de consumo representam 13% do montante de água consumida no mundo. Apesar de algumas divergências quanto aos números envolvendo o consumo de água, ambos os autores concordam quanto à magnitude do consumo referente à agricultura e atribuem esse alto consumo à prática crescente da irrigação.

Molden (2007) ressalta que para atender uma dieta diária de uma pessoa são necessários, em média, que 3.000 litros de água sejam consumidos pelo processo evapotranspiratório. Esse autor alerta que o aumento crescente da população, inevitavelmente, aumentará o consumo de água para a produção de alimentos. Gleik (1998 citado por JACKSON et al., 2001) fez um levantamento entre o crescimento populacional, o incremento da área irrigada no mundo e o consumo de água entre 1900 e 2000 e constatou que a população passou de 1,5 bilhão de pessoas para pouco mais de 6 bilhões, a área irrigada passou de pouco mais de 50 milhões de hectares para quase 300 milhões e o consumo de água passou de 500 km<sup>3</sup>/ano para mais de 3.500 km<sup>3</sup>/ano. Com isso, pode-se concluir que há altíssima correlação entre crescimento populacional, expansão da agricultura irrigada e consumo de água. Molden (2007) apresentou números similares e fez previsão que para alimentar a população estimada para 2050, o consumo de água pela agricultura

terá incremento entre 70% e 90%. Salientando ainda necessidade urgente de implantação de manejos adequados a fim de se fazer uso mais eficiente da água.

No Brasil, ao longo da história, a prática da irrigação foi se concretizando e continua em expansão. Algumas políticas públicas foram implantadas no decorrer do tempo para incentivo e fomento à irrigação. A partir de 1960, deu-se início à implantação dos perímetros irrigados, inicialmente destinados à agricultura familiar e posteriormente à empresarial (COELHO NETO, 2009). Essa política de implantação de perímetros públicos de irrigação, principalmente nas regiões do norte de Minas e Nordeste do País, proporcionou aumento significativo de empregos e renda. Cavalcanti e Costa (1998) constataram a geração de três empregos diretos e indiretos por hectare irrigado no Perímetro Irrigado Gorutuba. Na mesma linha, o Relatório Anual do Perímetro Irrigado do Jaíba mostra a geração de dois empregos diretos e indiretos por hectare irrigado. É inegável a contribuição socioeconômica dos perímetros para as regiões em seu entorno; entretanto, é necessário atentar para outros fatores pertinentes a esses projetos, principalmente ao uso eficiente da água, que está ligada diretamente com a produtividade e com a possibilidade e expansão da área irrigada, assim como aos aspectos ambientais. Um dos maiores problemas encontrados nesses projetos é o manejo da irrigação, pois a maioria dos irrigantes não conta com nenhuma metodologia.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Irrigação

A água é indiscutivelmente um dos recursos naturais mais valiosos para o homem. Além de fisiologicamente indispensável à vida, desempenha papel importante no processo industrial e na produção de energia e alimentos, sendo esse último, por meio da irrigação, que é responsável por cerca de 70% da água consumida no mundo (MOLDEN, 2007; JACKSON et al., 2001). A irrigação surgiu como forma de sobrevivência e fixação das civilizações às margens dos rios que cortavam as regiões áridas da Ásia e África. Hoje, milhares de anos depois, a irrigação, apesar de mais moderna, ainda tem basicamente o mesmo objetivo que é de sustentar a produção de alimentos suficientes para uma população cada vez maior. Entretanto com mais eficiência, pois se tem cada vez menos pessoas no campo produzindo e menos água de qualidade disponível para consumo.

Atualmente, a área irrigada no mundo é estimada em 277 milhões de ha, o que corresponde a 17% das terras agricultadas, no entanto, essa é responsável por quase 40% dos alimentos produzidos e apresenta produção média 2,5 vezes maior que a agricultura de sequeiro. No Brasil, cada hectare irrigado produz o correspondente a três hectares sob sequeiro; o valor econômico da produção sob irrigação é sete vezes maior que em sequeiro. Contudo, a área irrigada ainda deve sofrer incremento significativo em razão do crescimento populacional e da demanda crescente por alimentos. Alguns autores estimam que, para alimentar a população mundial, dentro de poucas décadas a área irrigada deverá sofrer incremento de 70% a 90% na área atual (MOLDEN, 2007; GLEIK, 1998 citado por JACKSON et al., 2001). No Brasil, segundo o último censo agropecuário, realizado em 2006, a área irrigada é de 4.453.925 ha, constatando que houve aumento de 42% na área irrigada entre 1996 e 2006 (PAULINO et al., 2011).

## 2.2. Uso eficiente da água

A eficiência de uso da água é a relação entre o volume demandado pela cultura e o volume derivado para atender a essa demanda.

Christofidis (2008) relata que a eficiência de uso da água no Brasil é de aproximadamente 65%, sendo o manejo inadequado da irrigação, o desgaste e falta de manutenção da estrutura hidráulica os fatores que mais contribuem para a redução da eficiência. O uso ineficiente da água eleva o custo de produção, podendo reduzir a produtividade por déficit hídrico ou de aeração e em alguns casos, provocar conflitos entre os irrigantes e limitar a expansão da área irrigada.

A avaliação do desempenho da irrigação e drenagem pode ser definida como sistemática observação, documentação e interpretação de atividades relacionadas à agricultura irrigada, tendo como objetivo aperfeiçoá-la (BOS et al., 2005).

Ao longo de anos vários pesquisadores têm estudado e proposto indicadores e coeficientes para a avaliação de diversos aspectos concernentes à agricultura irrigada. Bos (1997) e Bos et al. (2005) fizeram uma coletânea dos diversos indicadores de avaliação de irrigação e drenagem. Esses autores salientam que após anos de pesquisas e experimentação pode-se considerar que esses indicadores estão suficientemente consistentes para serem empregados na avaliação de sistemas irrigados.

Bos (1997) relatou que existem mais de 40 indicadores de desempenho, porém salienta que não é necessário o uso de todos esses para a avaliação de um sistema. A escolha do conjunto de indicadores a ser usado depende do interesse da avaliação, da disponibilidade de dados ou da facilidade com que esses possam ser coletados a campo. Bos et al. (2005) selecionaram 20 indicadores que consideram de maior importância e abrangência para descreverem..

Com o intuito de diagnosticar os sistemas de irrigação e o manejo, diversos pesquisadores no longo das últimas décadas dedicaram-se a formular parâmetros e metodologias para avaliação dos mais diversos sistemas de irrigação.

## 2.2.1. Avaliação da uniformidade de emissão

### 2.2.1.1. Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)

O Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) foi apresentado inicialmente por Keller e Karmeli, em 1974, o qual foi proposto com o intuito de avaliar o sistema de irrigação localizado no campo, uma vez que esse não promove a aplicação de água em área total. Dessa forma, a vazão individual de cada emissor é de extrema importância, já que a planta em muitos casos fica dependente do fornecimento de água de apenas um.

O CUD é matematicamente a razão entre a média dos emissores avaliados ( $q_m$ ) e a média das 25% menores vazões observadas ( $q_{25\%}$ ) entre os emissores avaliados (Equação 1).

$$CUD = \frac{q_{25\%}}{q_m} \quad (1)$$

Bralts (1986) sugeriu a adoção de faixas valores de CUD como parâmetros para avaliação de irrigações que até hoje são adotados (Tabela 1).

Tabela 1 - Critérios de classificação de CUD

CUD (%)	Classificação
≥ 90	Excelente
80-90	Bom
70-80	Regular
≤ 70	Ruim

Fonte: Bralts (1986).

### 2.2.1.2. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)

Este coeficiente foi proposto por Christiansen em 1942 como ferramenta para avaliação da homogeneidade de distribuição de água pelos emissores de um sistema de irrigação.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (Equação 2) adota o desvio médio das vazões dos emissores avaliados como forma de mensurar a uniformidade do sistema, assim a influência de um emissor isolado se torna menor quando comparado ao CUD.

$$CUC = 100 \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{\bar{X} n} \right] \quad (2)$$

em que CUC é o coeficiente de uniformidade de Christiansen (%); n, o número de emissores avaliados;  $X_i$ , a vazão medida no emissor i ( $L h^{-1}$ ); e  $\bar{X}$ , a vazão média dos emissores avaliados ( $L h^{-1}$ ).

Bernardo et al. (2006) apresentam uma tabela com a classificação do CUC segundo a percentagem de uniformidade (Tabela 2).

Tabela 2 - Critérios de classificação do CUC

CUC (%)	Classificação
$\geq 90$	Excelente
80-90	Bom
70-80	Regular
60-70	Ruim
$\leq 60$	Inaceitável

### 2.2.2. Razão de aplicação parcelar

Segundo Bos et al. (2005), a Razão de Aplicação Parcelar (RAP) faz parte do grupo de indicadores de balanço hídrico, que relacionam a demanda de água pela cultura com o volume de água que entra na área considerada, refletindo a qualidade do manejo. Essa variável pode ser usada para detectar falhas no manejo em períodos longos e curtos, sendo mais indicada para períodos curtos.

A RAP (Equação 3) é usada como indicador de balanço em nível de lotes dentro de perímetros irrigados; os valores maiores que um significam que há déficit e os menores que um representam excesso de aplicação de água.

$$RAP = \frac{(ET_{pc} - P_e) * A_p}{V_{cp}} \quad (3)$$

em que  $RAP$  é a razão de aplicação parcelar (adimensional);  $A_p$ , a área da parcela ( $m^2$ );  $V_{cp}$ , o volume de água derivado para parcela ( $m^3$ );  $P_e$ , a precipitação efetiva ( $m^3$ ); e  $ET_{pc}$ , a evapotranspiração potencial da cultura ( $m^3$ ), ou seja, em condição de ideal de suprimento de água.

### 2.2.3. Avaliação da tomada de decisão de irrigação

Duas estimativas importantes no manejo de irrigação são a precisão e a exatidão com que o irrigante executa a aplicação de água à cultura. Estatisticamente, a precisão equivale à dispersão dos dados entorno da média, ou seja, é o erro aleatório e é estimada por meio do coeficiente de correlação ( $r$ ). Na prática essa dispersão reflete o nível de informação que o produtor tem na hora da tomada de decisão de quando e quanto irrigar, permitindo avaliar se há alguma coerência na tomada de decisão e se não há excesso ou déficit de aplicação. A precisão varia de zero a um e quanto mais perto de um maior a precisão dos dados, ou seja, menor a dispersão e maior a coerência na tomada de decisão. Já a exatidão estima o afastamento entre os valores observados e

estimados. Este parâmetro permite avaliar o grau de acertabilidade do irrigante, pois relaciona o volume de entrada de água na área com o volume que foi evapotranspirado pela cultura. A exatidão é dada pelo índice de concordância ( $d$ ), criado por Willmott et al. (1985), com a finalidade de comparar modelos. A exatidão também varia de zero a um, sendo que os valores perto de um significam maior acertividade do manejo (equações 4 e 5).

$$r = \frac{n \left( \sum_{i=1}^n O_i S_i \right) - \left( \sum_{i=1}^n O_i \right) \left( \sum_{i=1}^n S_i \right)}{\sqrt{\left[ \left( n \sum_{i=1}^n (O_i)^2 \right) - \left( \sum_{i=1}^n O_i \right)^2 \right] \left[ \left( n \sum_{i=1}^n (S_i)^2 \right) - \left( \sum_{i=1}^n S_i \right)^2 \right]}} \quad (4)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|O_i - \bar{O}| + |S_i - \bar{S}|)^2} \quad (5)$$

Enquanto a precisão e a exatidão fornecem uma medida qualitativa do manejo, os erros absolutos (Equação 6) e relativos (Equação 7) são parâmetros quantitativos, fornecendo, respectivamente, os desvios absolutos e percentuais entre o observado e o simulado.

$$E_{abs} = \sum_{i=1}^n S_i - \sum_{i=1}^n O_i \quad (6)$$

$$E_{rel} = \left[ \left( \sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n S_i \right) / \sum_{i=1}^n S_i \right] * 100 \quad (7)$$

em que  $r$  é o coeficiente de correlação (adimensional);  $d$ , o índice de concordância (adimensional);  $E_{abs}$ , o erro absoluto ( $m^3$ );  $E_{rel}$ , o erro relativo (%);  $O_i$ , os dados observados ( $m^3$ ), ou seja, o volume realmente consumido à soma do volume derivado para área e a precipitação efetiva; e  $S_i$ , os dados simulados ( $m^3$ ), que neste caso é a evapotranspiração potencial.

### 2.3. Salinidade na cultura da bananeira

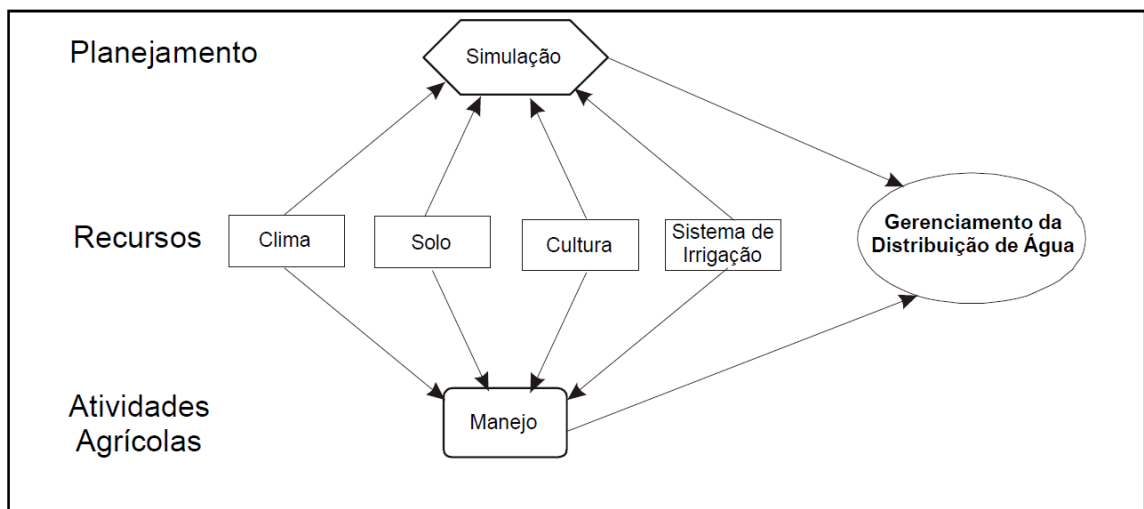
A salinização e a sodificação do solo são dois grandes problemas na agricultura irrigada. O principal problema da salinização é a redução do potencial osmótico do solo, que reduz absorção de água pela planta. Já a sodificação apresenta como principais consequências a desestruturação do solo e a redução de permeabilidade. O aporte de certos íons como Cl e B podem provocar toxidez nas plantas (AYERS; WESTCOT, 1991).

A salinização do solo pode ocorrer por causas naturais, intrínsecas da própria gênese do solo, onde há um acúmulo de íons decorrentes do intemperismo. Entretanto, frequentemente, a salinização ocorre por aporte de sais no solo, oriundos de fontes externas como os íons dissolvidos na água de irrigação ou pela adubação mineral.

Oliveira (2000) classifica as bananeiras no grupo de plantas glicófitas, ou seja, com baixa tolerância à salinidade; os valores de CE da água de irrigação devem ser menores que  $1.000 \text{ micromohs cm}^{-1}$  ( $1 \text{ dS m}^{-1}$ ). Esse mesmo autor relata que em experimentos em cultivares de banana nanica quando se aumentou a CE da água para  $6 \text{ dS m}^{-1}$  com uma RAS de 6,67, houve redução de 40% na produtividade e atraso de um mês na emissão de cachos. Quando se elevou a RAS para 13,20 houve atraso de dois meses na emissão dos cachos e redução de 60% na produtividade, indicando que a perda de produtividade está mais relacionada à concentração de íons de sódio do que à condutividade elétrica da água, sugerindo que a RAS deve apresentar valores inferiores a 10 (HERNANDEZ ABREU, 1982 citado por OLIVEIRA, 2000). Fernandes et al. (2008), avaliando a fertilidade de solos cultivados com o cultivar Prata-Anã no norte de Minas e irrigados com água classificada com C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> (alta salinidade e média concentração de sódio) por 10 anos, observaram elevação contínua da CE e do pH, o que acabou interferindo na relação entre os demais nutrientes e reduzindo significativamente a produtividade, atingindo seu máximo com  $18,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  no sexto ano, mesmo assim ficando muito abaixo da média para região que é de  $30 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

## 2.4. Software IntecPerímetro

O software IntecPerímetro foi desenvolvido por Dantas Neto (2003). Este software constitui uma ferramenta de auxílio no manejo de irrigação, principalmente em perímetros irrigados, por possibilitar a inclusão de todos os lotes e culturas, assim como toda a rede hidráulica, possibilitando que o manejo seja integrado com a distribuição de água pelo sistema, tal como pode ser visualizado na Figura 1.



Fonte: Retirado de Dantas Neto (2003).

Figura 1 - Fluxograma de execução.

Como ferramenta de apoio ao gerenciamento de perímetros irrigados, esse programa trabalha com base em dados de clima, solo, cultura, equipamento de irrigação e estrutura hidráulica de condução. Com base nesses dados, o programa simula o consumo de água de cada parcela e possibilita o gerenciamento do volume a ser derivado em cada rede que abastece o perímetro.

O programa também possibilita a simulação de consumo de água, com base em série histórica, com as finalidades de estudar a capacidade de rede e avaliar as irrigações já realizadas.

## 2.4.1. Metodologia de cálculo

### 2.4.1.1. Evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>)

A ET<sub>0</sub> pode ser calculada por diversas metodologias, dependendo do melhor ajuste para a região em estudo e dos dados climatológicos disponíveis. Porém o método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) é proposto pela FAO com método padrão e por isso também é tomada com método padrão de cálculo de ET<sub>0</sub> (Equação 8) no programa IntecPerimetro.

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1+0,34U_2)} \quad (8)$$

em que ET<sub>0</sub> é a evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>); Rn, o saldo de radiação na superfície da cultura (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); G, o fluxo de calor no solo (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); T, a temperatura média diária (°C); U<sub>2</sub>, a velocidade do vento a 2 m de altura (m s<sup>-1</sup>); e<sub>a</sub>, a pressão de saturação de vapor (kPa); e<sub>d</sub>, a pressão de vapor (kPa); Δ, a declividade da curva de pressão de vapor (kPa °C<sup>-1</sup>); e γ, a constante psicrométrica (kPa °C<sup>-1</sup>).

### 2.4.2.2. Evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>)

A evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) é calculada com base na metodologia proposta por Doorenbos e Kassan (1979, citados por DANTAS NETO, 2003). Esse método (Equação 9) calcula a ET<sub>c</sub> com base no coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) e leva em consideração a redução da umidade do solo no decorrer do tempo (K<sub>s</sub>) e faz uma correção da evapotranspiração com base na percentagem da área sombreada (K<sub>L</sub>).

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c \cdot K_s \cdot K_L \quad (9)$$

em que K<sub>c</sub> é o coeficiente da cultura; K<sub>s</sub>, o coeficiente de água no solo; e K<sub>L</sub>, o coeficiente de localizada.

É ideal que o  $K_c$  seja determinado para a cultura à qual o manejo se dedica e na região onde este está instalada, uma vez que este coeficiente depende do clima, do estágio fenológico da cultura, da variedade cultivada, entre outros fatores. O ciclo da cultura dentro do programa pode ser dividido em dias ou em graus-dia, que é calculado automaticamente com base na temperatura média diária ( $T$ ), na temperatura basal da cultura ( $T_b$ ) e na temperatura máxima da cultura ( $T_{max}$ ).

O  $K_L$  (Equação 10) é um coeficiente que corrige a evapotranspiração da cultura devido ao fato de a água não ser aplicada em área total, ou seja, nem toda a superfície do solo está perdendo água por evaporação na mesma quantidade.

$$K_L = P_s + 0,15(1 - P_s) \quad (10)$$

em que  $P_s$  é a percentagem de área sombreada.

O  $K_s$  (Equação 11) é o coeficiente que reflete o estresse hídrico à medida que o conteúdo de água no solo é reduzido devido ao processo evapotranspiratório. Este coeficiente é calculado segundo a metodologia proposta por Bernardo et al. (2005).

$$K_s = \frac{\ln(LAA+1)}{\ln(CTA+1)} \quad (11)$$

em que  $LAA$  é a lâmina de água no solo (mm); e  $CTA$ , a capacidade total de água no solo (mm).

A  $LAA$  é dada pela Equação 12.

$$LAA_i = LAA_{i-1} + Prec_i + Irr_i - ETc_i - Esc_i - Exc_i \quad (12)$$

em que  $LAA_i$  é a lâmina de água no solo no dia  $i$  (mm);  $LAA_{i-1}$ , a lâmina de água no solo no dia  $i-1$  (mm);  $Prec_i$ , a precipitação total no dia  $i$  (mm);  $Irr_i$ , a irrigação no dia  $i$  (mm);  $ETc_i$ , a evapotranspiração da cultura no dia  $i$  (mm);  $Esc_i$ , o escoamento superficial no dia  $i$  (mm); e  $Exc_i$ , o excesso hídrico no dia  $i$  (mm).

Para fins de simulação com uma série histórica de dados, como não se conhece o real conteúdo de água no solo pode-se tomar  $LAA_i$  igual a CTA. Essa igualdade também será mantida após uma irrigação adequada para que se inicie um programa de manejo.

O escoamento superficial é calculado com base no conteúdo de água existente no solo no dia  $i$  e o aporte de água nesse solo no mesmo período (Equação 13).

$$Esc_i = Prec_i - Pef_i \quad (13)$$

em que  $Pef_i$  é a precipitação efetiva no dia  $i$  (mm) e é dada pela Equação 14.

$$Pef_i = 19,9784 \cdot \ln(Prec_i) + [34,6123 - 10,7001 \cdot \ln(Prec_i)] \frac{LAA_{i-1}}{CTA_i} - 41,315 \quad (14)$$

A capacidade total de água no solo (CTA) é dada pela Equação 15.

$$CTA = 10(CC - PMP) \cdot da \cdot Z \quad (15)$$

em que CC é a capacidade de campo do solo (%); PMP, o ponto de murcha permanente do solo (%); da, a densidade do solo ( $g\ cm^{-3}$ ); e Z, a profundidade radicular efetiva (m).

O excesso hídrico do dia  $i$  ( $Exc_i$ ) no solo é dado pelas equações 16 e 17.

$$Exc_i = LAA_i - CTA_i \text{ se } LAA_i > CTA_i \quad (16)$$

ou

$$Exc_i = 0 \text{ se } LAA_i < CTA_i \quad (17)$$

#### 2.4.2.3. Cálculo da irrigação

A irrigação real necessária (IRN) é a quantidade de água necessária para recompor o conteúdo de água no solo à capacidade de campo. A IRN é calculada pelo programa IntecPerimetro pela Equação 18.

$$IRN = (CTA \cdot f) - Pef \quad (18)$$

em que  $f$  é o fator de disponibilidade água no solo (adimensional).

Calculada a IRN é possível calcular a irrigação total necessária (ITN) que é igual ou maior que a IRN, uma vez que leva em consideração a uniformidade de distribuição de água pelo sistema. A ITN é dada pela Equação 19.

$$ITN = \frac{IRN}{UE} \quad (19)$$

em que EU é a uniformidade de emissão (%) (Equação 20).

$$UE = 100 \cdot (1 - 1,27 \cdot e^{-0,5 \cdot cv}) \left( \frac{q_n}{q_a} \right) \quad (20)$$

em que  $e$  é o número de emissores por planta;  $cv$ , o coeficiente de variação de vazão dos emissores, em decimal;  $q_n$ , a média das 25% menores vazões ( $Lh^{-1}$ ); e  $q_a$ , a vazão média dos emissores do setor ( $L h^{-1}$ ).

## 2.5. O distrito de irrigação Gorutuba

Atendendo à necessidade da região e da política de desenvolvimento de perímetros irrigados, em 1978, em Nova Porteirinha e Janaúba, MG, entrou em funcionamento o Perímetro Irrigado Gorutuba. O perímetro tem 5.286 ha, sendo 3.044 ha destinados à agricultura familiar e 2.242 ha a lotes empresariais. De acordo com o último levantamento feito pela CODEVASF, atualmente são cultivados 3.614 ha, sendo 1.916 ha por colonos e 1.698 por empresários. O principal segmento agrícola é a fruticultura, tendo como principal cultura a banana, que corresponde a 63,50% da área cultivada por colonos e 66,30%, por empresários. O Valor Bruto de Produção (VPB) corresponde a 88% e 69% do total nas áreas de colonos e empresarial, respectivamente (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 - Levantamento das culturas dos lotes de colonos do Perímetro Irrigado Gorutuba em 2010

Cultura	Culturas permanentes				
	Área plantada (ha)	Produtividade	VBP (R\$)	Porcentagem de área por cultura	Porcentagem da VBP
Abacaxi	0,6	30	-	0,03	0,00
Abobora (fruto)	10,5	15	63.000,00	0,55	0,27
Acerola	1,5		-	0,08	0,00
Atemoia	1	8	36.000,00	0,05	0,15
Banana-maçã	2	15	34.200,00	0,10	0,14
Banana-nanica	68	35	1.642.200,00	3,55	6,93
Banana-prata	1146,6	20	19.140.000,00	59,84	80,76
Caju	0,3	15	-	0,02	0,00
Cana-de-açúcar	49	90	-	2,56	0,00
Capim (pastagem)	211,9	0	-	11,06	0,00
Coco	10,5	10	52.500,00	0,55	0,22
Eucalipto	8,5	0	-	0,44	0,00
Goiaba	12,4	20	570.400,00	0,65	2,41
Laranja	6,5	15	43.875,00	0,34	0,19
Limão	6,7	20	57.620,00	0,35	0,24
Mamão	9	50	441.000,00	0,47	1,86
Mamona	16	2,4	-	0,84	0,00
Mandioca	5,7	20	34.200,00	0,30	0,14
Manga haden	2,8	20	-	0,15	0,00
Maracujá	18,2	20	254.800,00	0,95	1,08
Mogno (diversos)	67,2	0	-	3,51	0,00
Pinha	1	7	31.500,00	0,05	0,13
Uva	26	15	-	1,36	0,00
Total Permanentes (1)	1.681,90		22.401.295,00		

Continua...

Tabela 3, Continuação

Cultura	Culturas temporárias				
	Área plantada (ha)	Produtividade	VBP (R\$)	Porcentagem de área por cultura	Porcentagem da VBP
Abóbora (semente)	13	0,3	39.000,00	0,68	0,16
Alface	0,5	0	-	0,03	0,00
Alface (semente)	16	0,1	20.800,00	0,84	0,09
Algodão	2	3,5	-	0,10	0,00
Amendoim	0,5	3	3.750,00	0,03	0,02
Feijão	153,3	2,4	735.840,00	8,00	3,10
Feijão-vagem	1,5	4	7.200,00	0,08	0,03
Feijão-vignia	4,5	2	-	0,23	0,00
Horta (diversas)	4	0	-	0,21	0,00
Melancia	7	30	94.500,00	0,37	0,40
Milho-verde	15,3	12	73.440,00	0,80	0,31
Morango	0,2	10	8.000,00	0,01	0,03
Pimentão	1,5	5	11.250,00	0,08	0,05
Pepino (conserva)	0,5	1	750,00	0,03	0,00
Quiabo	7,2	15	129.600,00	0,38	0,55
Rúcula (semente)	0,4	0,1	520,00	0,02	0,00
Soja	2	2,4	5.760,00	0,10	0,02
Tomate	4,7	60	169.200,00	0,25	0,71
Total Temporárias (2)	234,10		1.299.610,00	12,22	5,48
Total Geral (1+2)	1.916,00		23.700.905,00	100,00	100,00

Tabela 4 - Levantamento das culturas dos lotes empresariais do Perímetro Irrigado Gorutuba em 2010

Cultura	Culturas permanentes				
	Área plantada (ha)	Produtividade	VBP (R\$)	Porcentagem de área por cultura	Porcentagem da VBP
Banana	1.039,40	24,04	15.766.258,16	61,20	65,90
Banana-nanica	87,00	25,44	688.458,70	5,12	2,88
Capineira	60,00	0,00	-	3,53	0,00
Carambola	0,00	-	-	0,00	0,00
Goiaba	0,00	0,00	-	0,00	0,00
Limão	3,00	0,00	-	0,18	0,00
Mamão	120,00	82,87	5.100.443,17	7,07	21,32
Mamão papaya	0	0,00	-	0,00	0,00
Manga	77	34,12	2.206.505,64	4,53	9,22
Mogno	256	0,00	-	15,07	0,00
Nim indiano	0	-	-	0,00	0,00
Romã	0	0,00	-	0,00	0,00
Uva	10	0,00	-	0,59	0,00
Total Permanentes (1)	1.652,40		23.761.665,67		
Cultura	Culturas temporárias				
	Área plantada (ha)	Produtividade	VBP (R\$)	Porcentagem de área por cultura	Porcentagem da VBP
Milho	8,5	6,71	14.763,00	0,50	0,06
Tomate	8	0,11	8.730,00	0,47	0,04
Sorgo semente	19,5	3,1	108.540,00	1,15	0,45
Feijão-carioca	5	2,1	15.804,60	0,29	0,07
Melancia	5	13,3	14.000,00	0,29	0,06
Total Temporárias (2)	46,00		161.837,60	2,71	0,68
Total Geral (1+2)	1.698,40		23.923.503,27	100,00	100,00

O clima da região, segundo Köppen, é classificado como Tropical úmido (chuvoso de savana) com todos os meses do ano com temperatura média acima de 18°C e a da média do mês mais quente de 22°C. Segundo Lemos Filho et al. (2007), a evapotranspiração de referência e a precipitação média são, respectivamente, de 1.350 mm ano<sup>-1</sup> e 850 mm ano<sup>-1</sup>, revelando grande déficit hídrico. Há também a ocorrência de veranicos evidentes nos meses de janeiro e fevereiro, o que prejudica o plantio de culturas anuais em sequeiro. O conjunto dessas características apresenta a necessidade e o potencial de irrigação dessa região. Outra característica é o solo cársticos, originado da predominância de rochas calcárias na região. Esse tipo de solo pode provocar acúmulo de carbonato, bicarbonatos e sódio nos aquíferos subterrâneos, tornando essa água imprópria para irrigação ou com algum nível de restrição, tal com observado por Ribeiro et al. (2008).

O projeto é dividido em 11 colonizações, nas quais estão distribuídos aproximadamente 300 lotes de colonos e 44 de empresas que irrigam ativamente. Dentro do perímetro há quatro núcleos habitacionais com aproximadamente 500 habitações, três escolas de 1.º grau e uma de 2.º grau, além de postos de saúde e centros comunitários.

A captação de água é realizada no rio Gorutuba, por meio da barragem Bico da Pedra, que tem capacidade de armazenar 705 milhões de m<sup>3</sup>. O reservatório fica acima do nível da área irrigada, o que permite a derivação da água gravitacionalmente por todo o perímetro por meio de canais. A rede de canais é composta por um canal principal que corta o perímetro no sentido longitudinal. Esse canal tem 24,5 km de extensão, cuja forma é trapezoidal e revestido com concreto. Ao longo do canal principal há diversas tomadas de água que alimentam uma rede de 103 km de canais secundários e terciários, que abastecem reservatórios em cada lote. Os canais secundários e terciários são de concreto e com formato semicircular. Como o projeto foi inicialmente idealizado para irrigação de superfície, esse é composto por uma rede de 137 km de drenos coletores abertos. Atualmente, o sistema de irrigação predominante é a microaspersão.

Na entrada de cada lote há uma ou mais tomada de água equipada com uma comporta do tipo Neyrpic com vazão preestabelecida. Assim o volume de água consumido por cada irrigante é calculado multiplicando-se a

vazão da comporta pelo tempo durante o qual essa ficou aberta. O controle do tempo é realizado pelos “Canaleiros”, que controlam a abertura e fechamento de todas as comportas dos lotes e dos canais secundários e terciários.

No período de pico de consumo de água, todos os irrigantes já estabelecem um tempo diário para que a comporta do seu lote fique aberta, aplicando praticamente o mesmo volume, sem qualquer estimativa da evapotranspiração e sem uso de metodologia de manejo. A falta de um manejo adequado pode levar não só à aplicação excessiva de água, mas também provocar déficit hídrico.

Outro grande problema do distrito é a incapacidade de fornecer água a todos os lotes situados dentro do projeto. Em alguns pontos este problema é devido a incapacidade da rede de distribuição o que obriga alguns produtores a captarem água dos drenos para realizarem a irrigação ou complementar o volume de água fornecido pela rede. Isso reflete a necessidade de avaliação da água drenada uma vez que está pode não ser apta à prática da irrigação.

Com base no que foi exposto anteriormente, objetivou-se com a realização deste trabalho traçar um panorama da irrigação na cultura da banana no Perímetro Irrigado Gorutuba, a fim de identificar os pontos críticos no manejo, bem como avaliar a qualidade da água de drenagem e seus possíveis danos à cultura e ao solo.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Local e visão geral**

O trabalho foi realizado no Perímetro Irrigado do Gorutuba, situado nos municípios de Nova Porteirinha e Janaúba, na região norte do Estado de Minas Gerais.

Atualmente, são irrigados no Perímetro 350 lotes, sendo 307 de colonos e 43 empresariais. Em termos de área, os lotes empresariais correspondem a aproximadamente 1/3 da área irrigada. Dos 350 lotes, foram selecionados 18 (Tabela 5), de forma distribuída no Perímetro, a fim de que esses representem todas as áreas, evitando avaliação de lotes vizinhos e eliminando os vícios regionais no manejo. Desses 18 lotes, 12 eram de propriedade de colonos e 6 de produtores empresariais. Os lotes foram escolhidos com base no mapa do distrito (Figura 2) e sem a interferência de nenhuma pessoa com conhecimento prévio dos lotes. Caso o lote escolhido inicialmente apresentasse algum impedimento na avaliação, esse era descartado e se selecionava o lote vizinho.

A coleta dos dados de campo, necessários aos cálculos de manejo e consumo de água, assim como a avaliação dos sistemas de irrigação, foi realizada nos meses de agosto, setembro e outubro de 2010.

Tabela 5 - Lista dos lotes avaliados

Classe	Código dos Lotes	Área (ha)	Cultura	Irrigação
Empresarial	129	52	Banana	Microaspersão
	117	100	Banana	Microaspersão
	131	11	Banana	Microaspersão
	2.132	12	Banana	Microaspersão
Colonos	23	4,5	Banana	Microaspersão
	78	6,5	Banana	Microaspersão
	247	7	Banana	Microaspersão
	296	5	Banana	Microaspersão
	255	5	Banana	Microaspersão
	1.681	10	Banana	Microaspersão
	1.451	8,5	Banana	Microaspersão
	291	6	Banana	Microaspersão
	2.251	8	Banana	Microaspersão
	265	5	Banana	Microaspersão
	342	7	Banana	Microaspersão
	108	5	Banana	Microaspersão

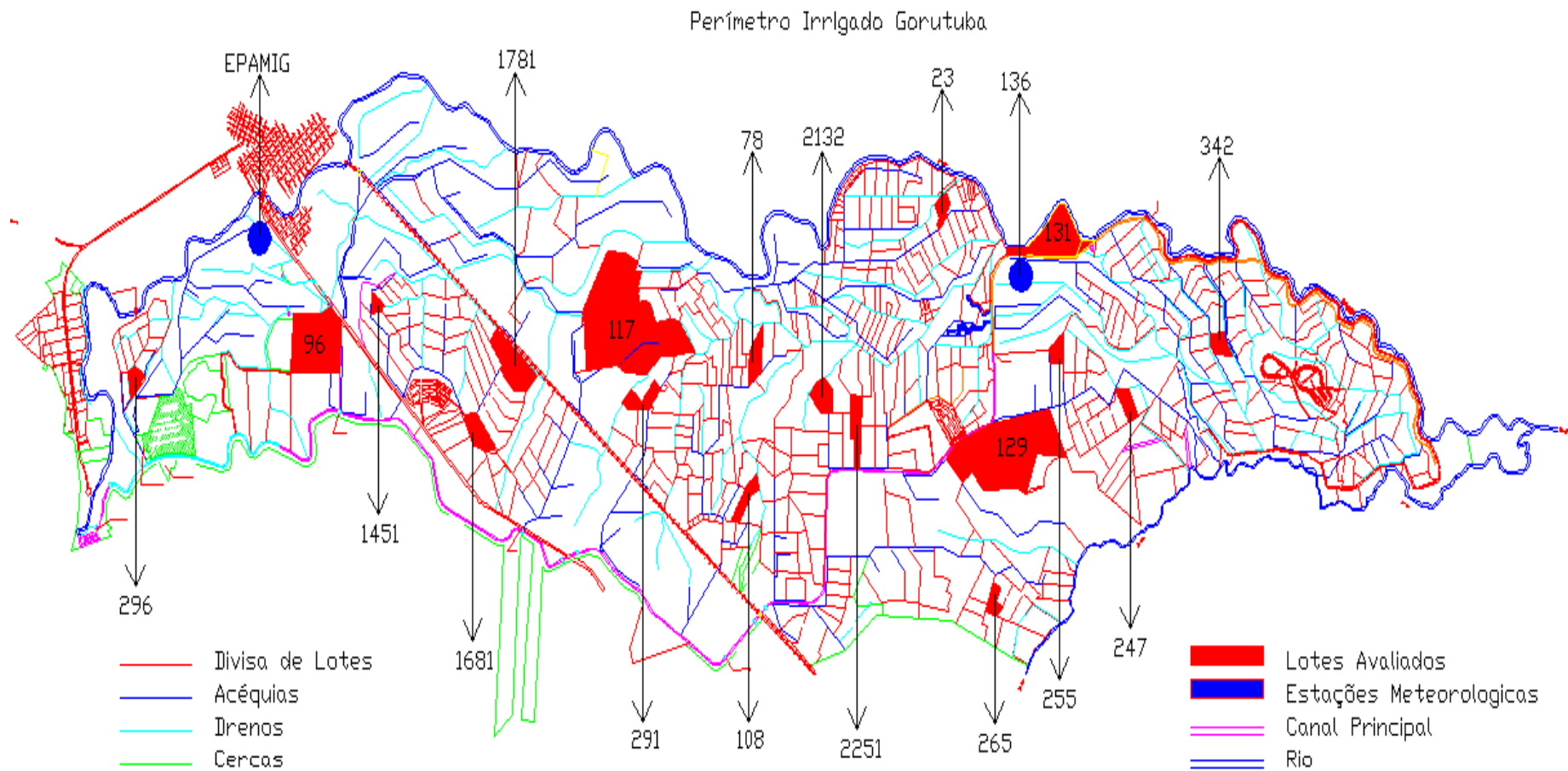


Figura 2 - Mapa do Perímetro Irrigado Gorutuba com indicação dos lotes avaliados e das estações climatológicas.

### **3.2. Avaliação do sistema de irrigação**

Todos os lotes avaliados eram cultivados com banana e irrigados por microaspersão. Em cada lote, foram avaliados dois setores não vizinhos. Em cada setor, foram avaliadas quatro linhas laterais, sendo essas localizadas no início, a 1/3, a 2/3 e no final da linha de derivação. Em cada linha lateral, foram avaliados quatro emissores localizados no início, a 1/3, a 2/3 e no final da linha lateral (KELLER; KARMEELLI, 1974) (Figura 3). Em cada emissor, foram determinadas a vazão e a pressão estática. Para a determinação da vazão, foi coletado, em cada emissor, o volume no tempo de um minuto. Esse volume foi coletado com auxílio de um recipiente PET com um orifício lateral, no qual o emissor era inserido para a coleta. Nessa operação, tomou-se cuidado para que o emissor sempre ficasse à mesma altura na qual estava trabalhando no campo. O tempo de um minuto foi cronometrado por um cronômetro digital. A pressão foi determinada com o auxílio de um manômetro de Bourdon, adaptado com um "T" usado em conexão de tubos de comando hidráulico de sistemas automatizados. Esse "T" foi tampado em um dos lados e o outro permaneceu aberto. Durante as determinações os emissores foram retirados e a extremidade aberta do "T" foi acoplada ao tubo de subida do emissor.

#### **3.2.1. Parâmetros avaliados**

Foram estabelecidos a partir dos dados coletados na avaliação de irrigação: Vazão Média (Q), Variação da Vazão no Setor ( $\Delta Q$ ), Pressão Média (P), Variação da Pressão ( $\Delta P$ ), Número de Emissores Obstruídos (NEO), Percentual de Mistura de Emissores (ME), Uniformidade de Emissão (UE), Coeficiente de Variação Total (CVT), Coeficiente de Variação Hidráulico (CVH), Expoente de Descarga do Emissor no Setor (X) e Coeficiente de Variação Estatístico (CVE).

A Vazão Média (Q) foi determinada em  $L h^{-1}$ , a Variação da Vazão ( $\Delta Q$ ) foi calculada em termos percentuais entre o maior e o menor valor encontrado dentro do setor e da mesma forma foi calculada a Variação de Pressão ( $\Delta P$ ).

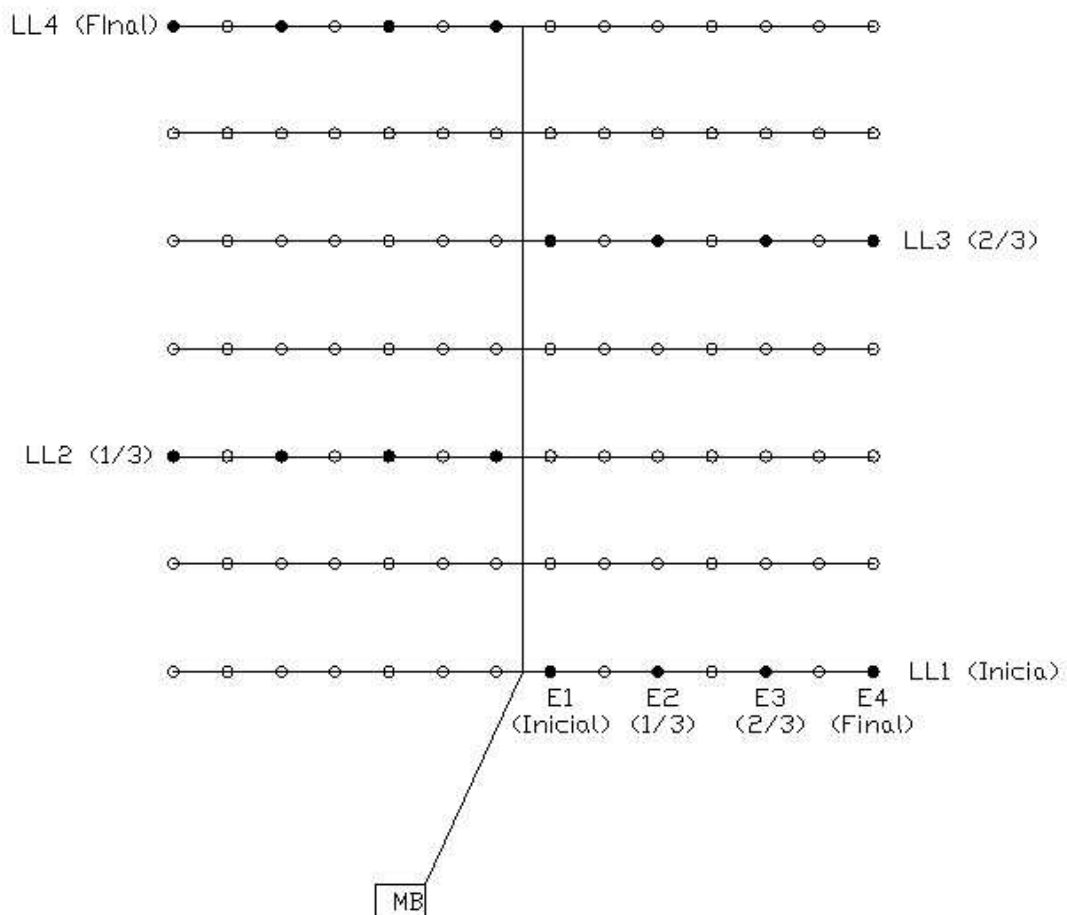


Figura 3 - Croqui de seleção das linhas laterais (LL) e dos emissores (E) avaliados.

Para a definição do NEO, foi convencionado que todos os emissores que apresentavam vazão igual ou menor à metade da vazão média estavam obstruídos. Essa metodologia foi adotada com base em entrevistas de campo com os proprietários ou responsáveis pela irrigação em cada propriedade, os quais quando perguntados sobre a mistura de emissores no campo, respondiam que sempre que havia necessidade de troca de micro procuravam substituir por um de mesma vazão, mesmo que de marca diferente.

Na determinação do percentual de Mistura de Emissores (ME), foram anotados a marca e o modelo de todos os emissores selecionados dentro de cada setor e foi tomado como emissor-padrão aquele com maior número entre os avaliados. Assim o ME (Equação 21), foi calculado da seguinte forma.

$$ME = \frac{NED}{NTE} \times 100 \quad (21)$$

em que ME é o percentual de mistura de emissores (%); NED, o número de emissores diferentes (neste grupo foram inclusos emissores de marcas diferentes do padrão, assim com os de mesma marca, mas de modelo diferente ou de mesmo modelo, mas com bocal diferente); e NTE, o número total de emissores avaliados.

Os valores de CUD calculados para cada setor avaliado foram comparados com os da Tabela de classificação de sistemas proposta por Bralts (1986), apresentados na Tabela 1.

A partir dos dados coletados, foram calculados o Coeficiente de Variação Total (CVT), o Coeficiente de Variação Hidráulico (CVH) e o Coeficiente de Variação Estatístico (CVE), segundo a metodologia da American Society of Agricultural Engineers - ASAE (1996). O CVT (Equação 22) é uma média da homogeneidade de emissão, bem como uma medida da variação das vazões dos emissores por causa dos somatórios de todos os fatores. Já o CVH (Equação 23) fornece a variação da pressão no setor e o CVE (Equação 24) determina a variação das vazões em razão das mais diversas causas (entupimento, mistura de emissores, desgastes de bocais etc.) excetuando-se as causas hidráulicas.

$$CVT = \frac{S_q}{q_{med}} \quad (22)$$

em que  $S_q$  é o desvio-padrão das vazões dos emissores avaliados; e  $q_{med}$ , a vazão média dos emissores avaliados.

$$CVH = \frac{S_h}{h_{med}} \quad (23)$$

em que  $S_h$  é o desvio-padrão das pressões dos emissores avaliados; e  $h_{med}$ , a pressão média dos emissores avaliados.

$$CVE = \sqrt[2]{CVT^2 - CVH^2} \quad (24)$$

em que  $x$  é o expoente de descarga do emissor no setor (Equação 25).

$$x = \frac{\log(\bar{q}_1/\bar{q}_2)}{\log(h_1/h_2)} \quad (25)$$

em que  $\bar{q}_1$  é a média de vazão ( $L h^{-1}$ ) de três emissores à pressão  $h_1$  (kPa); e  $\bar{q}_2$ , a média de vazão ( $L h^{-1}$ ) de três emissores à pressão  $h_2$  (kPa).

### 3.3. Parâmetros da cultura

Para fins de cálculo de consumo de água pela cultura, adotaram-se a profundidade radicular efetiva ( $Z$ ) de 0,4 m e o fator de disponibilidade de água no solo ( $f$ ) de 0,30 (OLIVEIRA et al., 2005). Os valores de  $k_c$  para a cultura da banana são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores de  $k_c$  para banana

Meses após o plantio	$k_c$
1	0,40
2	0,40
3	0,45
4	0,50
5	0,60
6	0,70
7	0,85
8	1,10
9	1,10
10	1,10
11	0,90
12	0,85
13	0,85
14	0,95
15	1,05
Acima	1,05

Fonte: Doorembos e Pruitt (1997).

### 3.4. Parâmetros do solo

Nos lotes selecionados, foram determinados a densidade do solo, a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente nas camadas de 0-0,20 m e de 0,20-0,40 m, correspondente à profundidade radicular efetiva (Z).

A densidade do solo (d) foi determinada pelo método do anel volumétrico; o ponto de murcha permanente (PMP), por meio de Extrator de Richards (BERNARDO et al., 2005; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1997); e a capacidade de campo (Cc), pelo método da bacia (BERNARDO et al., 2005). Para a determinação da densidade e do ponto de murcha, foram realizadas três repetições por profundidade dentro de cada lote, assim o lote foi representado pela média dessas repetições.

O Perímetro apresenta basicamente cinco tipos de solos, sendo que os lotes avaliados estavam contidos em uma porção correspondente a quatro destes cinco tipos. O Latossolo é o tipo predominante dentro do perímetro, seguida dos tipos Aluvial Argiloso, Aluvial de Textura Média e Aluvial Arenoso. Assim para determinação da capacidade de campo foram instaladas duas bacias no tipo Latossolo, duas no Aluvial Argilosa e uma no Aluvial de Textura Média e uma no Aluvial Arenosa (Tabela 7).

Tabela 7 - Distribuição das bacias por tipo de solo

Lote	Tipo de solo
247	Latossolo
96	Latossolo
117	Aluvial argiloso
296	Aluvial argiloso
23	Aluvial de textura média
131	Aluvial arenoso

No cálculo da capacidade total de água no solo (CTA) e da capacidade real de água no solo (CRA), para os pomares com idade inferior a um ano, foi realizada uma média ponderada da densidade, do ponto de murcha e da capacidade de campo para as camadas de concentração das raízes até que estas atingissem a profundidade efetiva.

### 3.5. Dados meteorológicos e evapotranspiração

Os dados de temperatura máxima e mínima, velocidade do vento, umidade relativa e radiação, os quais são compostos por três leituras diárias, foram adquiridos da base do INMET. A estação da qual esses dados foram coletados se localiza na sede da EPAMIG, situada no município de Nova Porteirinha.

Para os dados de precipitação, pelo fato de esse parâmetro ser variável dentro do perímetro, foram utilizados dois pontos de coleta, sendo um o da estação de coleta da EPAMIG e o outro localizado no lote 136. Os lotes 96, 1.451, 117, 1.871, 296 e 1.681 tiveram como referência a estação da EPAMIG e os demais, os dados coletados no lote 136.

Os dados climáticos foram agrupados e processados no Programa Reference Evapotranspiration Calculator (REF-ET), estimando a Evapotranspiração de Referência ( $ET_0$ ) pelo método-padrão de Pennam-Monteith (ALLEN et. al., 1998). Já a  $ET_c$  foi simulada no programa de manejo de irrigação IntecPermetro®, considerando-se um turno de rega variável, ou seja, só se irrigava quando o conteúdo de água no solo atingia o ponto crítico correspondente ao fator de disponibilidade água no solo (f).

### 3.6. Precipitação efetiva

A precipitação efetiva (Equação 26) foi determinada com base na capacidade de armazenamento do solo.

$$Pe_i = P_i - Da_{i-1} \quad (26)$$

de acordo com as seguintes condições:

$$Pe_i = P_i \text{ se } P_i \leq (CTA - Da_{i-1}) \text{ ou}$$

$$Pe_i = (CTA - Da_{i-1}) \text{ se } P_i > (CTA - Da_{i-1}).$$

em que  $Pe_i$  é a precipitação efetiva (mm) durante o período  $i$ ;  $Da_{i-1}$ , a lâmina de água no solo (mm) durante o período anterior a  $i$ ;  $P_i$ , a precipitação total (mm) ocorrida durante o período  $i$ ; e  $CTA$ , a capacidade total de água no solo (mm).

### 3.7. Balanço de água no solo

O balanço de água (Equação 27) no solo foi usado como base para o cálculo da precipitação efetiva e também para a determinação do coeficiente umidade do solo ( $K_s$ ). Para a estimativa do balanço de água no solo, foi considerado que o solo se encontrava à capacidade de campo no início da simulação em 1.º/1/2009.

$$Da_i = Da_{i-1} + Pe_i - ETc_{i-1} \quad (27)$$

em que  $Da_i$  é a lâmina de água no solo durante o período  $i$  (mm); e  $ETc_{i-1}$ , a evapotranspiração da cultura durante o período  $i-1$  (mm).

### 3.8. Indicadores de desempenho/atuação

#### 3.8.1. Caracterização do manejo da irrigação

O manejo da irrigação foi caracterizado contrastando o volume de entrada no lote (dados observados) com o demandado pelas culturas para o período.

Como volume de entrada, foi considerado todo o volume de água derivado para o lote mais a precipitação efetiva ( $Pe$ ). Já o demandado, foi considerado como sendo a evapotranspiração da cultura simulada por meio do

programa de manejo IntecPerímetro ®. O volume demandado foi calculado multiplicando-se a  $ET_c$  do período pela área do lote

Para fins de cálculo da precipitação efetiva e da evapotranspiração da cultura, foi estipulado que o solo se encontrava à capacidade de campo no dia 01/01/2009 e que sempre que a água no solo alcançasse o limite crítico estabelecido (ponto “f”) haveria irrigação para elevar seu conteúdo no solo.

Essa comparação foi feita mês a mês e também anualmente, a fim de se identificarem os períodos mais críticos no manejo. A caracterização do manejo foi realizada nos lotes 129, 131, 2.132, 117, 23, 78, 247, 255, 1.451 e 1.681, por esses possuírem dados mais consistentes e pomares com idade acima de três anos.

Para a caracterização do manejo, foram determinados a precisão por meio do coeficiente de correlação “r”; a exatidão através do índice de concordância “d”; os erros absoluto ( $E_{ab}$ ) (Equação 28) e relativo ( $E_{rel}$ ) (Equação 29) (LEITÃO et al., 2007), e a razão de aplicação parcelar (RAP) (BOS, 1997).

O volume observado ( $O_i$ ) é composto pela soma do volume que foi derivado dos canais para o reservatório de cada lote e pela precipitação efetiva simulada, considerando um manejo sem déficit hídrico. O volume derivado por cada lote foi obtido do banco de dados de controle gerencial do Distrito de Irrigação Gorutuba (DIG). Já o volume simulado ( $S_i$ ) é representado pela evapotranspiração potencial da cultura. Tanto volume observado ( $O_i$ ) e o volume simulado ( $S_i$ ) foram multiplicados pela área dos respectivos lotes para serem transformados em  $m^3$ .

$$E_{abs} = \sum_{i=1}^n S_i - \sum_{i=1}^n O_i \quad (28)$$

$$E_{rel} = \left[ \left( \sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n S_i \right) / \sum_{i=1}^n S_i \right] * 100 \quad (29)$$

em que  $r$  é o coeficiente de correlação (adimensional);  $d$ , o índice de concordância (adimensional);  $E_{abs}$ , o erro absoluto ( $m^3$ );  $E_{rel}$ , o erro relativo (%);  $O_i$ , os dados observados ( $m^3$ ); e  $S_i$ , os dados simulados ( $m^3$ ).

### 3.9. Determinação da qualidade da água dos drenos

Foram avaliadas a qualidade da água do Canal Principal e de 7 (C2-5, C2-7, C3-9, C3-10, D2, D3-B e D6) dos 11 drenos que compõem a rede de drenagem do Perímetro. Esses sete drenos avaliados são responsáveis pela drenagem da maior parte da área irrigada. Para avaliação da qualidade da água, foi coletado 1,5 litro de água na extremidade final de cada dreno e já no canal principal esta coleta foi realizada no trecho médio. As amostras foram coletadas em garrafas plásticas e encaminhadas para o Laboratório de Análise de Solo e Água da EPAMIG de Nova Porteirinha, MG, onde foram determinados o pH e a Condutividade Elétrica a 25°C (CE) e quantificadas as concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na). O Ca e o Mg foram determinados por espectrometria de absorção atômica e o Na, por fotometria de emissão de chamas. A partir dos resultados dessas análises, foi calculada a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) nas amostras, classificando-as quanto ao risco de salinização, bem como de redução da permeabilidade do solo, segundo os parâmetros reportados por Ayers e Westcot (1985), conforme descritos na Tabela 8, e pelos os da United States Department of Agriculture - USDA (1954) (Tabela 9).

Tabela 8 - Parâmetros de classificação do risco da água de irrigação, conforme Ayers e Westcost em 1985

Problemas e constituintes	Unidades	Grau de restrição de uso		
		Nenhum	Moderado	Severo
<b>Salinidade do solo</b>				
CE da água de irrigação	dS m <sup>-1</sup>	<0,7	0,7 a 3,0	>3,0
<b>Capacidade de infiltração do solo</b>				
RAS = 0 a 3 e Ce <sub>i</sub>	dS m <sup>-1</sup>	>0,7	0,7 a 0,2	<0,2
RAS = 3 a 6 e Ce <sub>i</sub>	dS m <sup>-1</sup>	>1,2	1,2 a 0,3	<0,3
RAS = 6 a 12 e Ce <sub>i</sub>	dS m <sup>-1</sup>	>1,9	1,9 a 0,5	<0,5
RAS = 12 a 20 e Ce <sub>i</sub>	dS m <sup>-1</sup>	>2,9	2,9 a 1,3	<1,3
RAS = 20 a 40 e Ce <sub>i</sub>	dS m <sup>-2</sup>	>0,5	5,0 a 2,9	<2,9

Fonte: Adaptada de Ayers e Westcost (1985 citado por BERNARDO et al., 2005).

Tabela 9 - Parâmetros de classificação do risco da água de irrigação, conforme USDA em 1954

Tipos e constituintes	Parâmetros	Condições
<b>Risco de salinização do solo</b>		
C1 - Salinidade baixa	Cei (dS m <sup>-1</sup> )	0 a 0,25
C2 - Salinidade média	Cei (dS m <sup>-1</sup> )	0,25 a 0,75
C3 - Salinidade alta	Cei (dS m <sup>-1</sup> )	0,75 a 2,25
C4 - Salinidade muito alta	Cei (dS m <sup>-1</sup> )	2,25 a 5,00
<b>Risco de sodificação do solo (redução da permeabilidade)</b>		
S1 - Baixa concentração de sódio	RAS	RAS ≤ 32,19 - 4,44 logCE
S2 - Média concentração de sódio	RAS	32,19 - 4,44 logCE < RAS ≤ 51,29 - 6,66 logCE
S3 - Alta concentração de sódio	RAS	51,29 - 6,66 logCE < RAS ≤ 70,36 - 8,87 logCE
S4 - Alta concentração de sódio	RAS	RAS > 70,36 - 8,87 logCE

Fonte: Adaptada de Bernardo et al., 2005.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Clima

Os valores totais de  $ET_0$  para os anos de 2009 e 2010, respectivamente, foram de 1.422 e 1.591 mm, representando aumento de 10,60% de um ano para outro. Pode-se observar, pela Figura 4, que em 2010 somente os meses de agosto e novembro apresentaram valores de  $ET_0$  menores que igual período de 2009.

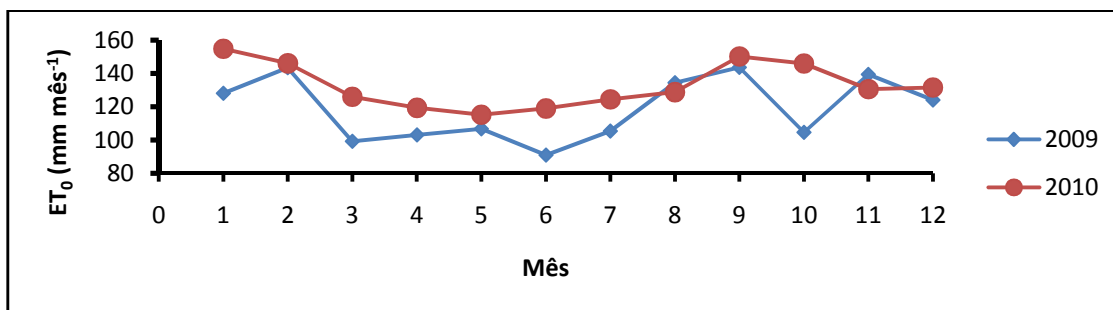


Figura 4 -  $ET_0$  mensal dos anos de 2009 e 2010.

A precipitação acumulada dos anos de 2009 e 2010 na estação de coleta da EPAMIG foi, respectivamente, de 933 e 678 mm, ou seja, houve decréscimo de 27% na precipitação entre os dois anos. Já os volumes coletados no lote 136 são de 746 e 919 para os anos de 2009 e 2010, respectivamente, um acréscimo de 19% (Tabela 10). A partir desses dados, nota-se a grande variabilidade de distribuição das chuvas dentro do Perímetro.

Tabela 10 - Precipitação registrada pelos pluviômetros instalados na estação da EPAMIG e no lote 136.

Parâmetros	Estação EPAMIG - 2009												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Anual
Prec. (mm)	215,6	24,8	83,2	70,9	9,1	0	0	0	2,7	192,9	126,9	207	<b>933,1</b>
Parâmetros	Estação EPAMIG - 2010												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Anual
Prec. (mm)	17,4	51	154,7	17,4	11,2	0	0	0	0,5	19,7	203,3	203,3	<b>678,5</b>
Parâmetros	Estação Lote 136 - 2009												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Anual
Prec. (mm)	188	24,6	66	51	9,5	0	0	0	6,5	176,9	17,8	206,6	<b>746,90</b>
Parâmetros	Estação Lote 136 - 2010												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Anual
Prec. (mm)	88,9	124,3	276	65,4	0	0	0	0	0	12,3	154,2	198,5	<b>919,60</b>

## **4.2. Avaliação do sistema de irrigação**

Os parâmetros avaliados são apresentados nas Tabelas 11 e 12. Dos 36 setores determinados (12 na área empresarial e 24 na de colono) apenas dois setores evidenciaram variação de vazão inferior a 10%, percentual estabelecido como aceitável por Keller e Karmeli (1974), para que se obtenha uma distribuição adequada de água no campo. Esta situação é pior nos setores da área empresarial onde 100% dos lotes ficaram abaixo do nível considerado adequado. Dos lotes de colonos, 91,7% ficaram abaixo do nível aceitável, ou seja, os dois únicos lotes que apresentaram variação de vazão dentro do limite considerado adequado estavam situados nesse grupo, possivelmente em razão destes dois setores fazerem parte do lote 108, no qual o sistema de irrigação havia sido renovado quatro meses antes da data de avaliação. Apesar de não terem ficado dentro do limite de variação de pressão, o setor 1 do lote 1.871; o setor 1 do lote 265; e o setor 2 do lote 1.681 obtiveram alguns dos melhores índices no parâmetro variação de vazão, também em virtude de serem sistemas mais novos e provavelmente contarem com melhor dimensionamento e menor desgaste.

A variação de pressão apresentou um percentual maior de adequação que a de vazão; entretanto, ainda com índice muito alto de não adequação. Dos 36 setores avaliados, 21 apresentaram variação de pressão acima de 20%, valor estabelecido por Keller e Karmeli (1974) como teto para esse parâmetro. Os piores resultados foram para os setores da área empresarial onde 11 dos 12 avaliados ficaram acima desse valor. Já na área de colono, apenas 10 dos 24 avaliados ficaram acima do valor apresentado como aceitável.

Tabela 11 - Parâmetros avaliados nos sistemas de irrigação para área empresarial

Lotes	Setor	Q(L.h <sup>-1</sup> )	ΔQ (%)	P(kPa)	ΔP (%)	NEO	ME (%)	CUD (%)	CUC (%)	CVT	CVH	X	CVE	Filtro	
														Areia	Disco/Tela
1871	1	100	16	189	25	0	0	93	96	0,05	0,09	0,59	0,01	Não	Sim
	2	86	26	153	19	0	0	90	93	0,09	0,07	1,07	0,05		
129	1	94	30	148	55	0	*	89	91	0,11	0,25	0,16	0,1	Não	Sim
	2	86	30	166	21	0	*	92	96	0,07	0,07	0,3	0,07		
96	1	58	100	166	30	2	*	46	73	0,4	0,11	0,78	0,39	Não	Não
	2	35	96	61	43	1	*	69	84	0,28	0,15	0,85	0,25		
117	1	57	73	80	67	1	50	65	78	0,28	0,34	0,66	0,17	Não	Não
	2	64	67	108	53	2	56,25	66	76	0,32	0,27	0,38	0,31		
131	1	71	100	123	23	1	50	63	81	0,31	0,07	1,02	0,3	Não	Não
	2	73	25	84	30	0	56,25	90	93	0,09	0,12	0,21	0,08		
2132	1	90	30	246	36	0	37,5	90	90	0,12	0,15	0,01	0,12	Não	Não
	2	84	53	200	29	0	18,75	80	82	0,24	0,09	1,11	0,21		

Tabela 12 - Parâmetros avaliados nos sistemas de irrigação para área de colonos

Lotes	Setor	Q (L.h <sup>-1</sup> )	ΔQ (%)	P (kPa)	ΔP (%)	NEO	ME (%)	CUD (%)	CUC (%)	CVT	CVH	X	CVE	Filtro	
														Areia	Disco/ Tela
23	1	64	38	157	37	0	43,75	85	90	0,13	0,13	0,64	0,10	Não	Não
	2	65	17	156	18	0	18,75	94	96	0,05	0,06	0,36	0,04		
78	1	50	100	167	30	4	50	0,3	44	0,67	0,12	0,35	0,67	Não	Não
	2	58	100	139	25	1	18,75	68	84	0,28	0,10	0,21	0,28		
342	1	49	34	96	18	0	25	88	94	0,10	0,09	0,18	0,10	Não	Não
	2	50	29	98	25	0	37,5	87	93	0,10	0,09	0,59	0,08		
265	1	70	15	168	6	0	0	94	97	0,04	0,03	0,01	0,04	Não	Não
	2	62	26	137	31	0	0	91	94	0,08	0,14	0,46	0,06		
108	1	74	6	194	10	0	0	98	99	0,02	0,03	0,44	0,01	Não	Não
	2	69	9	172	16	0	0	96	98	0,03	0,06	0,43	0,01		
247	1	83	25	186	15	0	0	93	95	0,07	0,04	0,31	0,07	Não	Não
	2	69	100	208	25	2	0	49	74	0,41	0,11	0,91	0,39		
296	1	107	38	243	8	0	0	92	96	0,09	0,03	1,51	0,08	Não	Não
	2	93	19	172	26	0	50	91	94	0,07	0,11	0,55	0,04		
2251	1	84	50	147	13	0	0	84	92	0,13	0,04	0,58	0,13	Não	Não
	2	68	100	125	14	2	0	56	75	0,40	0,05	0,50	0,39		
255	1	53	100	148	7	3	*	26	63	0,47	0,04	0,20	0,47	Não	Não
	2	57	100	163	12	3	*	37	67	0,45	0,05	0,43	0,45		
291	1	83	100	160	70	4	25	20	57	0,52	0,32	0,20	0,52	Não	Não
	2	69	100	133	70	3	68,75	21	61	0,58	0,48	0,44	0,54		
1681	1	88	100	217	5	1	0	75	87	0,27	0,02	0,09	0,27	Não	Sim
	2	92	15	205	5	0	0	94	96	0,04	0,02	0,36	0,04		
1451	1	136	56	201	25	0	37,5	75	83	0,23	0,09	1,31	0,19	Sim	Não
	2	190,09	62	278,64	17	0	37,5	73	77	0,27	0,05	3,31	0,21		

Na avaliação do Número de Emissores Obstruídos (NEO), o índice de setores que apresentaram esse tipo de problema foi alto; 58,33% dos setores na área empresarial apresentaram pelo menos um emissor obstruído, já na área de colonos esse número foi de 62,5%. Esse problema é resultante da não utilização de pelo menos um tipo de sistema de filtragem, situação que pode ser observada nas Tabelas 11 e 12. Dos 36 setores avaliados, apenas quatro eram compostos com sistema de filtragem, sendo três de disco ou tela e um com filtro de areia. A maioria dos irrigantes justifica a não utilização do sistema de filtragem à dificuldade de limpeza.

Cerca de 75% dos setores avaliados na área empresarial apresentou mistura de emissores (ME); nas áreas de colono esse número é de 50%, tendo como base somente os setores em que esse parâmetro foi avaliado.

O coeficiente de variação total ou global (CVT) representa a variação de vazões dos emissores em razão de diversos fatores. Na área de colonos, 46% dos lotes avaliados foram considerados “excelentes” ( $CVT \geq 0,1$ ), já na empresarial, apenas 33% dos setores avaliados foram considerados excelentes, segundo classificação proposta por Bralts e Kesner (1983). Entretanto, isso não é conclusivo quanto ao melhor desempenho da área de colonos, pois se for considerado os três primeiros tipos sugeridos por esses autores, que incluem CVT menor ou igual a 0,3 (excelente  $CVT \geq 0,1$ ; muito boa  $0,1 < CVT \leq 0,2$ ; e aceitável  $0,2 < CVT \leq 0,3$ ), a área de colonos e a empresarial são compostas, respectivamente, por 71% e 75% dos lotes avaliados dentro dessa faixa. Nos tipos mais críticos como “baixo” ( $0,3 > CVT \leq 0,4$ ) e “inaceitável” ( $CVT > 0,4$ ), a área de colono é composta, respectivamente, por 4% e 25% e a empresarial por 25% e 0%, respectivamente.

Pode-se observar, pelas Tabelas 11 e 12, que mesmo em setores onde a variação de pressão foi acima do aceitável, como é o caso dos lotes 23 e 1.871, o CVT obteve boa avaliação, indicando a baixa influência desse parâmetro sobre o CVT, o mesmo ocorrendo quando se confronta a mistura de emissores com o CVT. No entanto, quando foram analisados os setores com emissores obstruídos observou-se que esse parâmetro foi o que mais influenciou negativamente o CVT. Isso explica o pior desempenho do CVT nos lotes de colonos, uma vez que esses apresentaram maior percentual de

setores com emissores obstruídos em relação aos lotes empresariais, o que ficou evidenciado pelos CVH e CVE.

O Coeficiente de Variação Hidráulica (CVH) variou de 0,07 a 0,34 nos lotes empresariais e de 0,02 a 0,67 nos de colonos. Apesar de a amplitude e o limite superior serem maior nesse último grupo, o CVH apresentou 13 dos 24 lotes (54%), dentro do intervalo estabelecido como normal por Bralts e Kesner (1983), que varia de 0,037 a 0,078, enquanto nos lotes empresariais apenas 3 dos 12 avaliados (25%) ficaram dentro desse intervalo.

O Coeficiente de Variação Estatística (CVE) determina a variação de vazão em razão das mais diversas causas, incluindo as obstruções de emissores, porém sem incluir as causas hidráulicas. Segundo ASAE (1996), valores de CVE acima de 0,2 já são considerados altos. Para os lotes empresariais, 5 dos 12 setores avaliados ficaram acima do valor tomado como crítico. Desses cinco setores, quatro apresentaram pelo menos um dos emissores obstruídos parcialmente ou totalmente; dos setores que apresentaram pelo menos um emissor obstruído, apenas o setor 1 do lote 117 não apresentou CVE acima de 0,2. Já nos lotes de colonos, 10 dos 24 setores avaliados obtiveram CVE acima de 0,2. Desses, nove apresentaram obstrução total ou parcial de pelo menos um emissor.

Os valores do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) dos setores avaliados, no geral, tiveram bom desempenho; dos 36 setores avaliados, 14 foram classificados como excelentes, 6 como bons, 3 como regulares e 13 como ruins, segundo classificação sugerida por Bralts (1986). Ao contrário da  $\Delta Q$  e  $\Delta P$ , os setores das áreas empresariais apresentaram 42% no tipo “excelente”, enquanto as áreas de colono são compostas por 38% dos setores nesse tipo. Entretanto, a parte empresarial avaliada também foi composta por 42% no tipo “ruim” e a de colono, 33%.

Os piores resultados foram obtidos nos setores que continham pelo menos um emissor obstruído, como exemplo o setor 1 do lote 78, que apresentou CUD de 0,3 em razão da obstrução de 4 dos 16 emissores avaliados (Tabela 13). Como pode-se observar nas Tabelas 12 e 13, os valores de CVE são maiores quanto maior o número de emissores obstruídos, o que evidencia a obstrução dos emissores como fator primordial no aumento dos valores de CVT e CVE, assim como na redução dos valores de CUD. Já nos

setores onde se constatou mistura de emissores e não obstrução deles, o CUD foi classificado como excelente ou bom, indicando que, nesse caso, a mistura não é fator de forte influência na uniformidade de distribuição, uma vez que os irrigantes no ato de substituição dos emissores sempre procuram fazer a reposição por emissores de mesma vazão, ainda que de marcas ou modelos diferentes. Mesmo que nem todos trabalhem sob a mesma faixa de pressão, isso faz com que a mistura de emissores não seja tão prejudicial ao CUD.

O CUC apresentou uniformidades iguais ou superiores ao CUD para todos os setores avaliados. Esta diferença é explicada pela metodologia de cálculo de ambos os coeficientes. O CUD, por ser resultado da relação entre o quartil com menor vazão e a média das vazões de todos os emissores avaliados, se torna um coeficiente de uniformidade mais rigoroso e muito dependente do número de emissores avaliados. Desta forma o resultado da avaliação é severamente influenciado caso um só emissor esteja obstruído. Já o CUC por ser considerado uma distribuição normal, faz com que os valores discrepantes da média tenham menor influência no resultado final. Isso se deve ao fato de o CUC utilizar como base para os cálculos os valores absolutos dos desvios entre a média e a vazão de cada emissor.

Assim como no CUD o CUC também teve com variável de maior influência em seu desempenho a obstrução dos emissores, mesmo sendo um coeficiente que suaviza os valores individuais.

### **4.3. Razão de aplicação parcelar**

A RAP é um indicador da eficiência do uso da água que é derivada para a parcela ou lote, ou seja, considera que toda a água fornecida ao lote teve como fim a irrigação. Os valores atribuídos a este indicador são sempre maiores que zero, sendo que valores maiores que zero e menores que um indicam que o volume de água derivado para o lote é mais que o suficiente para atender a demanda hídrica da cultura, ou seja, se toda água estiver sendo usada na irrigação está havendo excesso de aplicação. Por outro lado, valores de RAP maiores que um, indicam que há déficit de água no lote.

Dos 18 lotes avaliados, apenas 10 apresentaram dados de área e cultura, considerados consistentes para o cálculo da RAP. Dos 10 lotes para os

quais foram determinadas a RAP, seis estão na área de colonos e 4 na área empresarial (Tabelas 13 e 14). Os resultados da análise da Razão de Aplicação Parcelar (RAP) para os anos de 2009 e 2010 são apresentados nas Tabelas 14 e 15.

A RAP foi calculada tanto para períodos mensais quanto para o balanço do acumulado durante o ano (período anual). Analisando os valores desse parâmetro para períodos anuais, observou-se que para 2009 apenas os lotes 129, 131 e 23 dos 10 avaliados houve excesso de aplicação ( $RAP < 1$ ) e nos demais houve déficit ( $RAP > 1$ ). Já em 2010, houve excesso de aplicação em 6 dos 10 lotes avaliados e déficit em quatro, sendo estes os lotes 117, 2132, 78. Possivelmente, esta diferença entre o número de lotes que irrigaram em excesso entre 2009 e 2010, seja explicada pelo menos em parte pelas oscilações mais bruscas na  $ET_0$  em 2009 (Figura 4). Uma vez que os irrigantes não fazem uso de nenhuma ferramenta de manejo impossibilitando desta forma a percepção nas mudanças climáticas de um mês para o outro ou até mesmo dentro do próprio mês. Assim, como em 2009 houve mais variações na  $ET_0$  os irrigantes não conseguem readequar, em tempo hábil, o turno de rega e, ou, tempo de irrigação para suprir esta maior demanda. Já 2010, apresentou uma  $ET_0$  com oscilações menores entre a maioria dos meses, o que não exigiu uma resposta rápida dos irrigantes, não ocasionando, no acumulado do ano, déficit de irrigação. No entanto, observa-se que a falta de uma metodologia adequada os fez errar pelo excesso de aplicação, tal como explicado anteriormente.

Medeiros (2002), avaliando o Perímetro Irrigado Pirapora, ressaltou que é imprescindível que se faça a análise da Razão de Aplicação Parcelar para períodos mensais, uma vez que para os longos como períodos anuais, valores de excesso e déficit podem se anular impedindo a identificação dos períodos críticos do manejo. Assim, analisando-se a RAP para períodos mensais, observa-se que (Tabelas 13 e 14) apenas o lote 131 irrigou em excesso em todos os meses do ano, tanto em 2009 quanto em 2010. Em contra partida, o suprimento de água para o lote 247 foi deficitário em todos os meses nos dois anos analisados. Os demais lotes tiveram sempre meses com irrigação com déficit e em excesso.

Tabela 13 - Razão de Aplicação Parcelar (RAP) em 2009

Lotes		Razão de aplicação parcelar												Anual
		2009												
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Empresariais	129	3,33	0,48	0,30	0,29	0,82	0,30	0,36	0,45	0,37	0,26	0,62	0,38	0,42
	117	*	1,85	0,81	1,02	2,16	0,67	0,83	1,03	1,03	1,30	5,43	2,61	1,31
	131	*	0,35	0,42	0,39	1,00	0,27	0,28	0,35	0,28	0,34	0,74	0,65	0,43
	2132	3,32	1,34	0,96	0,87	2,88	1,12	1,18	1,52	1,53	0,94	2,03	1,48	1,42
Colonos	23	3,33	0,48	0,30	0,29	0,82	0,30	0,36	0,45	0,37	0,26	0,62	0,38	0,42
	78	*	1,62	0,67	1,42	2,44	1,05	1,43	1,41	1,56	0,81	3,73	3,35	1,64
	247	*	3,42	1,02	1,45	2,33	1,02	1,32	1,66	1,65	1,42	7,81	45,97	2,04
	255	1,90	1,05	0,51	0,53	1,75	-	0,83	1,06	0,87	0,70	1,38	0,77	1,00
	1681	2,43	0,86	1,55	2,40	5,39	0,44	0,50	1,25	2,30	0,67	1,55	0,99	1,07
	1451	*	0,87	1,08	1,10	2,70	0,57	0,60	0,84	0,81	1,13	1,38	1,31	1,02

\*Não foi possível calcular a RAP, pois o volume derivado para o lote foi igual a 0 (zero).

- Não havia registro do volume derivada para o lote no mês em questão.

Tabela 14 - Razão de Aplicação Parcelar (RAP) em 2010

Lotes	Razão de aplicação parcelar													Anual
	2010													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Empresariais	129	0,51	0,44	0,90	0,38	0,30	0,29	0,32	0,31	0,35	0,34	2,87	1,34	0,40
	117	2,91	1,77	2,34	1,04	0,88	0,82	0,90	0,88	0,97	0,88	*	2,15	1,16
	131	0,57	0,31	*	0,44	0,30	0,35	0,36	0,31	0,38	0,41	*	*	0,47
	2132	1,30	1,12	2,30	0,81	0,85	0,80	0,88	0,88	1,01	2,06	9,00	1,77	1,14
Colonos	23	0,51	0,44	0,90	0,38	0,30	0,29	0,32	0,31	0,35	0,34	2,87	1,34	0,40
	78	3,82	1,41	*	2,40	1,36	1,32	1,61	0,92	1,02	0,97	*	*	1,71
	247	3,25	3,92	6,55	1,95	2,34	2,22	2,33	2,60	2,80	2,69	1,40	6,66	2,65
	255	0,92	0,87	1,17	0,78	0,35	0,66	0,72	0,72	0,84	0,83	*	1,24	0,77
	1681	1,20	0,75	1,41	0,87	0,77	0,64	0,77	0,77	1,24	0,92	*	3,30	0,95
	1451	0,98	0,74	1,71	0,75	0,73	0,42	0,45	0,46	0,58	0,56	*	5,47	0,68

\* Não foi possível calcular a RAP, pois o volume derivado para o lote no mês em questão foi igual a 0 (zero).

Em 2009 os meses com maiores concentrações de lotes com subirrigação foram os meses de maio e novembro com sete dos 10 lotes nessa condição. Em ambos os meses, dos sete lotes com déficit, cinco estavam na área de colonos, o que corresponde a 83% dos lotes avaliados neste grupo para este parâmetro. Já na área empresarial para os mesmo meses, apenas dois lotes ficaram em condição de déficit o que corresponde a 50% dos lotes avaliados neste grupo. O fornecimento de água aquém das exigências hídricas da cultura no mês de maio de 2009 pode ser explicado pelo pico de  $ET_0$  (Figura 4) ocorrido neste mês somado ao manejo empírico. Este conjunto de fatores impossibilita ao produtor mensurar o volume demandado tornando a tomada de decisão mais lenta e conseqüentemente fazendo com que a cultura passe por um período de estresse hídrico.

O alto número de lotes com irrigação abaixo da demanda nos meses de novembro de 2009 e janeiro, março e dezembro de 2010 também se justifica pela falta de metodologia de manejo, entretanto nestes meses o erro é causado pela alta precipitação (Tabela 10). Padrão semelhante foi descrito por Medeiros (2002), que observou que durante os meses chuvosos os irrigantes ficavam mais propensos a irrigar com déficit. O autor relaciona este fato ao manejo com base na experiência do produtor, pois após altas precipitações o produtor, não conhecendo a capacidade de armazenamento do solo e o consumo de água do sistema, aumenta o intervalo entre as irrigações até mesmo pela espera da próxima chuva.

#### **4.4. Avaliação do manejo**

Para a avaliação de manejo foram selecionados 10 lotes dentre os 18 selecionados, por apresentarem dados de solo e cultura e área mais consistentes para simulação.

Nas Tabelas 15 e 16 são dispostos, para os anos de 2009 e 2010 respectivamente, os valores anuais dos volumes de demanda simulados ( $ET_{pc}$ ) do lote, a precipitação efetiva total por lote ( $Pe$ ), o volume derivado para cada lote ( $Vd$ ) e os volumes de entrada nos lotes (Vol. Ent.), que corresponde à soma da precipitação efetiva e do volume derivado. Nas Tabelas 15 e 16 também são apresentados os valores de erro absoluto ( $E_{absoluto}$ ) e erro relativo

( $E_{\text{relativo}}$ ), sendo o erro absoluto a diferença entre o volume de entrada e a  $ET_{pc}$  e o erro relativo o percentual de água aplicado em déficit ou excesso. Para ambos os erros os valores positivos representam excesso de aplicação e valores negativos déficit e quanto mais próximo de zero maior é a eficiência no uso da água do lote em questão, para o acumulado do ano.

Os volumes de demanda em 2010 foram em média 8,90% superiores aos de 2009. Dos 10 lotes avaliados, apenas no lote 78 houve redução de 18% no volume demandado, devido à redução de área de 3 ha. Já o volume de entrada nos lotes sofreu incremento médio de 18,15% de 2009 para 2010. Uma vez que este volume é a soma entre o volume que foi derivado e a precipitação efetiva, o incremento citado acima pode ser explicado pelo aumento de 26% na precipitação efetiva entre 2009 e 2010 e também a melhor distribuição das chuvas neste último ano. Outro fator foi a maior demanda hídrica ( $ET_0$ ) em 2010, que somente nos meses de agosto e novembro foram menores que igual período de 2009 (Figura 4). Apesar de não possuírem metodologia de manejo os irrigantes, mesmo que baseados no empirismo da experiência de campo possivelmente perceberam a maior demanda em 2010 e consumiram mais água proveniente da rede de irrigação.

Analisando-se os valores para o período anual em 2009 (Tabela15), os déficits variaram de -2% a -33% do valor da demanda ( $ET_{pc}$ ); o maior déficit foi o do lote 247 e o menor o do 1.451. Os maiores excessos de aplicação ocorreram nos lotes 131 e 129 com valores de 128% e 119%, respectivamente. Em 2010, 5 dos 10 lotes foram irrigados com déficit e 5 com excesso. Os déficits variaram de -11% a -51% e os excessos de 4% a 128%. Os menores déficits foram constatados nos lotes 2.132 e 117 e o maior no lote 247, já o maior e menor excesso de aplicação foram constatados nos lotes 129 e 1.681, respectivamente.

Tabela 15 - Parâmetros de avaliação de manejo em 2009

Área	Lotes	Et <sub>pc</sub> (m <sup>3</sup> )	Pe (m <sup>3</sup> )	Vd (m <sup>3</sup> )	Vol Ent. (m <sup>3</sup> )	E <sub>absoluto</sub>	E <sub>relativo</sub> (%)	r	d
				1.510.034,0	1.607.266,6				
Empresarial	129	733.081,92	97.232,60	0	0	874.184,68	119	0,05	0,16
	131	137.138,73	7.464,26	305.069,00	312.533,26	175.394,53	128	0,15	0,12
	2132	170.595,20	23.137,88	103.574,00	126.711,88	-43.883,32	-26	0,02	0,36
		1.426.560,4				1.138.176,1			
	117	2	214.010,11	924.166,00	1	-288.384,30	-20	0,26	0,22
Colonos	78	92.635,24	14.728,95	47.470,00	62.198,95	-30.436,30	-33	0,28	0,26
	23	64.511,91	11.715,87	38.956,00	50.671,87	-13.840,05	-21	0,15	0,34
	247	99.770,58	15.570,89	41.288,00	56.858,89	-42.911,69	-43	0,53	0,22
	255	66.630,58	10.456,32	60.520,00	70.976,32	4.345,74	7	0,68	0,81
	1451	119.801,84	14.343,54	103.372,00	117.715,54	-2.086,30	-2	0,17	0,41
	1681	141.499,61	18.853,83	114.531,00	133.384,83	-8.114,78	-6	0,19	0,26

Tabela 16 - Parâmetros de avaliação de manejo em 2010

Área	Lotes	Et <sub>pc</sub> (m <sup>3</sup> )	Pe (m <sup>3</sup> )	Vd (m <sup>3</sup> )	Vol Ent. (m <sup>3</sup> )	E <sub>absoluto</sub>	E <sub>relativo</sub> (%)	r	d
				1.753.794,0	1.868.301,3	1.048.811,8			
Empresarial	129	819.489,54	114.507,34	0	4	1	128	0,02	0,10
	131	150.150,93	10.493,62	295.142,00	305.635,62	155.484,68	104	0,03	0,05
	2132	190.641,19	28.883,93	141.624,00	170.507,93	-20.133,26	-11	0,17	0,13
		1.595.608,1		1.132.002,0	1.413.154,1				
	117	3	281.152,13	0	3	-182.453,99	-11	0,19	0,23
Colonos	78	79.199,54	11.065,54	39.816,00	50.881,54	-28.317,99	-36	0,37	0,56
	23	72.168,20	16.586,45	37.980,00	54.566,45	-17.601,75	-24	0,70	0,45
	247	111.431,25	19.882,58	34.596,00	54.478,58	-56.952,68	-51	0,02	0,24
	255	79.551,46	12.279,13	87.372,00	99.651,13	20.099,67	25	0,24	0,14
	1451	133.833,25	20.519,69	167.184,00	187.703,69	53.870,43	40	0,06	0,17
	1681	158.303,98	27.402,55	137.394,00	164.796,55	6.492,57	4	0,06	0,24

Na comparação mensal (Tabelas 17, 18, 19 e 20) entre o volume de demanda e o de entrada, constatou-se que independente do balanço anual ter fechado com déficit ou excesso de aplicação de água, ao longo do ano é possível encontrar as duas situações em todos os lotes, o que mostra o empirismo do manejo. Os irrigantes com perfil empresarial no geral tenderam a irrigar em excesso; em 2009. Em apenas quatro meses do ano esses irrigaram com déficit. Em 2010, esta média foi de 3,33 meses. Já na área de colonos, em 2009, houve média de 8,71 meses de irrigação deficitária e, em 2010, de 8,14 meses, apresentando que, seja pela falta de informação ou pela impressão de falsa economia, os irrigantes da área de colonos tendem aplicar água aquém da demanda da cultura.

Nos meses de janeiro de 2009 e novembro e dezembro de 2010, todos os lotes foram irrigados com um volume inferior à demanda, em razão de se tratarem de meses com alta precipitação. Tal padrão foi relatado por Medeiros et al. (2003) em avaliação no Perímetro Irrigado de Pirapora. Esses autores relacionaram o déficit ocorrido nos meses correspondentes à estação chuvosa à falsa impressão por parte dos irrigantes, de que somente a precipitação fosse adequada para suprir a demanda hídrica da cultura, pois os irrigantes não utilizam nenhuma metodologia de manejo e desconhecem a capacidade de armazenamento de água do solo e o quanto da precipitação ocorrida efetivamente ficará disponível para uso da cultura.

Em novembro de 2009 e março de 2010 também se observou tendência de irrigação deficitária por causa da elevada precipitação. Em ambos os períodos, 8 dos 10 lotes receberam volume de água abaixo da necessidade. Em fevereiro, maio e agosto de 2009 e setembro de 2010, também pode se constatar percentual de lotes com déficit de irrigação; entretanto, os déficits desses períodos estão associados, provavelmente, a elevações abruptas da  $ET_0$ , como pode ser observado na Figura 1. Essa situação é consequência do manejo, com base na experiência e observação do produtor, o qual sem ferramentas adequadas não consegue perceber as nuances climáticas, consequentemente não corrigindo em tempo hábil o fornecimento de água.

Tabela 17 - Parâmetros de avaliação de manejo mensais em 2009 na área empresarial

Lotes	Parâmetros	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Anual
129	Etc (m <sup>3</sup> )	66.249	73.321	51.202	53.325	55.116	47.135	54.440	68.757	73.969	54.166	71.485	63.916	733.082
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	32.067	142.061	147.775	152.873	66.691	158.112	152.928	151.960	194.540	157.538	114.305	136.417	1.607.267
	E <sub>absoluto</sub>	-34.182	68.740	96.572	99.548	11.576	110.977	98.488	83.203	120.571	103.371	42.819	72.501	874.185
	E <sub>relativo</sub> (%)	-52	94	189	187	21	235	181	121	163	191	60	113	119
131	Etc (m <sup>3</sup> )	12.333	12.923	9.375	10.400	10.469	9.405	10.706	13.085	13.279	10.377	13.032	11.753	137.139
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	1.062	35.284	21.632	24.154	10.499	34.560	38.016	37.480	47.196	27.626	17.555	17.470	312.533
	E <sub>absoluto</sub>	-11.271	22.361	12.257	13.753	30	25.155	27.310	24.395	33.917	17.248	4.523	5.717	175.395
	E <sub>relativo</sub> (%)	-91	173	131	132	0	267	255	186	255	166	35	49	128
2.132	Etc (m <sup>3</sup> )	15.417	17.175	11.889	12.374	12.743	10.920	12.651	16.006	17.203	12.643	16.668	14.906	170.595
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	7.888	13.127	12.199	13.743	4.620	9.792	10.728	10.510	11.232	13.156	8.483	11.234	126.712
	E <sub>absoluto</sub>	-7.528	-4.047	310	1.369	-8.123	-1.128	-1.923	-5.496	-5.971	512	-8.186	-3.672	-43.883
	E <sub>relativo</sub> (%)	-49	-24	3	11	-64	-10	-15	-34	-35	4	-49	-25	-26
117	Etc (m <sup>3</sup> )	128.733	143.101	100.114	103.411	106.665	91.113	105.750	133.911	143.195	105.604	139.749	125.214	1.426.560
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	32.296	85.933	118.695	101.548	54.316	136.224	127.296	129.600	139.500	89.829	40.254	82.686	1.138.176
	E <sub>absoluto</sub>	-96.437	-57.168	18.581	-1.863	-52.349	45.111	21.546	-4.311	-3.695	-15.776	-99.495	-42.528	-288.384
	E <sub>relativo</sub> (%)	-75	-40	19	-2	-49	50	20	-3	-3	-15	-71	-34	-20

Tabela 18 - Parâmetros de avaliação de manejo mensais em 2009 na área de colonos

Lotes	Parâmetros	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Anual
78	Etc (m <sup>3</sup> )	8.398	9.294	6.475	6.744	6.898	5.935	6.853	8.705	9.352	6.828	9.065	8.088	92.635
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	2.526	5.942	8.255	5.224	3.192	5.670	4.806	6.160	6.165	7.589	2.679	3.991	62.199
	E <sub>absoluto</sub>	-5.872	-3.351	1.780	-1.520	-3.707	-265	-2.047	-2.545	-3.188	761	-6.385	-4.096	-30.436
	E <sub>relativo</sub> (%)	-70	-36	27	-23	-54	-4	-30	-29	-34	11	-70	-51	-33
23	Etc (m <sup>3</sup> )	5.854	6.493	4.506	4.657	4.818	4.121	4.761	6.056	6.525	4.781	6.292	5.649	64.512
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	3.348	3.916	4.845	5.366	2.200	3.924	4.428	4.360	4.721	5.446	3.668	4.451	50.672
	E <sub>absoluto</sub>	-2.506	-2.577	339	709	-2.618	-197	-333	-1.696	-1.805	665	-2.624	-1.198	-13.840
	E <sub>relativo</sub> (%)	-43	-40	8	15	-54	-5	-7	-28	-28	14	-42	-21	-21
247	Etc (m <sup>3</sup> )	9.023	10.012	6.981	7.237	7.494	6.384	7.409	9.337	10.052	7.392	9.743	8.709	99.771
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	2.377	3.612	6.852	5.773	3.599	6.228	5.616	5.630	6.202	6.393	1.535	3.043	56.859
	E <sub>absoluto</sub>	-6.646	-6.400	-129	-1.464	-3.895	-156	-1.793	-3.707	-3.850	-999	-8.208	-5.666	-42.912
	E <sub>relativo</sub> (%)	-74	-64	-2	-20	-52	-2	-24	-40	-38	-14	-84	-65	-43
255	Etc (m <sup>3</sup> )	6.445	7.126	4.968	5.175	5.331	4.529	5.271	6.696	7.183	5.271	6.971	6.194	71.159
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	4.316	6.781	8.279	8.140	3.247	0	6.336	6.340	8.245	6.556	5.131	7.606	70.976
	E <sub>absoluto</sub>	-2.128	-345	3.311	2.964	-2.084	-4.529	1.065	-356	1.062	1.286	-1.841	1.412	-183
	E <sub>relativo</sub> (%)	-33	-5	67	57	-39	-100	20	-5	15	24	-26	23	0
1451	Etc (m <sup>3</sup> )	10.842	12.032	8.342	8.638	8.999	7.693	8.884	11.217	12.039	8.908	11.723	10.488	119.802
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	2.187	13.682	7.920	8.049	3.676	13.608	14.850	13.340	14.864	8.211	8.604	8.725	117.716
	E <sub>absoluto</sub>	-8.654	1.651	-422	-588	-5.323	5.915	5.966	2.123	2.825	-697	-3.119	-1.763	-2.086
	E <sub>relativo</sub> (%)	-80	14	-5	-7	-59	77	67	19	23	-8	-27	-17	-2
1.681	Etc (m <sup>3</sup> )	12.766	14.232	9.862	10.282	10.572	9.095	10.491	13.351	14.202	10.489	13.821	12.336	141.500
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	7.452	16.277	6.814	5.601	2.702	20.862	21.114	10.710	6.336	14.021	9.072	12.425	133.385
	E <sub>absoluto</sub>	-5.314	2.045	-3.048	-4.682	-7.870	11.767	10.623	-2.641	-7.866	3.531	-4.750	89	-8.115
	E <sub>relativo</sub> (%)	-42	14	-31	-46	-74	129	101	-20	-55	34	-34	1	-6

Tabela 19 - Parâmetros de avaliação de manejo mensais em 2010 na área empresarial

Lotes	Parâmetros	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Anual
129	Etc (m <sup>3</sup> )	79.210	75.049	65.041	61.496	59.216	61.644	63.834	66.377	76.756	75.220	67.624	68.022	819.490
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	150.331	148.453	69.458	152.743	200.070	212.616	198.972	212.022	217.224	207.556	41.347	57.508	1.868.301
	E <sub>absoluto</sub>	71.121	73.404	4.417	91.247	140.854	150.972	135.138	145.645	140.468	132.336	-26.276	-10.513	1.048.812
	E <sub>relativo</sub> (%)	90	98	7	148	238	245	212	219	183	176	-39	-15	128
131	Etc (m <sup>3</sup> )	14.344	12.480	12.221	11.724	11.409	11.726	12.180	12.467	13.418	13.245	12.191	12.747	150.151
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	24.426	36.272	2.384	26.282	37.494	33.336	33.552	39.920	35.424	31.756	2.639	2.151	305.636
	E <sub>absoluto</sub>	10.082	23.793	-9.837	14.558	26.085	21.610	21.372	27.453	22.006	18.511	-9.552	-10.596	155.485
	E <sub>relativo</sub> (%)	70	191	-80	124	229	184	175	220	164	140	-78	-83	104
2.132	Etc (m <sup>3</sup> )	18.521	17.388	15.228	14.279	13.849	14.254	14.816	15.428	17.936	17.436	15.680	15.826	190.641
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	14.452	15.957	10.347	16.696	16.236	17.712	16.920	17.460	17.712	8.932	5.894	12.190	170.508
	E <sub>absoluto</sub>	-4.069	-1.431	-4.881	2.417	2.387	3.458	2.104	2.032	-224	-8.504	-9.786	-3.636	-20.133
	E <sub>relativo</sub> (%)	-22	-8	-32	17	17	24	14	13	-1	-49	-62	-23	-11
117	Etc (m <sup>3</sup> )	155.269	146.159	127.009	119.884	114.902	119.383	123.972	129.294	150.166	145.446	132.122	132.003	1.595.608
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	63.419	93.923	79.263	115.255	130.832	146.304	137.952	146.304	155.204	162.652	88.182	93.865	1.413.154
	E <sub>absoluto</sub>	-91.850	-52.236	-47.746	-4.629	15.930	26.921	13.980	17.010	5.038	17.206	-43.940	-38.138	-182.454
	E <sub>relativo</sub> (%)	-59	-36	-38	-4	14	23	11	13	3	12	-33	-29	-11

Tabela 20 - Parâmetros de avaliação de manejo mensais em 2010 na área de colonos

Lotes	Parâmetros	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Anual
78	Etc (m <sup>3</sup> )	10.046	9.502	8.275	7.784	7.463	7.739	4.356	4.505	5.227	5.087	4.589	4.626	79.200
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	2.999	7.316	3.362	3.961	5.472	5.868	2.700	4.878	5.148	5.218	1.844	2.116	50.882
	E <sub>absoluto</sub>	-7.047	-2.187	-4.914	-3.822	-1.991	-1.871	-1.656	373	-79	131	-2.745	-2.510	-28.318
	E <sub>relativo</sub> (%)	-70	-23	-59	-49	-27	-24	-38	8	-2	3	-60	-54	-36
23	Etc (m <sup>3</sup> )	6.994	6.618	5.767	5.417	5.215	5.396	5.630	5.830	6.799	6.591	5.929	5.982	72.168
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	5.515	5.372	3.923	3.998	3.528	3.528	5.364	4.896	4.572	5.090	3.907	4.875	54.566
	E <sub>absoluto</sub>	-1.478	-1.246	-1.845	-1.419	-1.687	-1.868	-266	-934	-2.227	-1.502	-2.023	-1.106	-17.602
	E <sub>relativo</sub> (%)	-21	-19	-32	-26	-32	-35	-5	-16	-33	-23	-34	-18	-24
247	Etc (m <sup>3</sup> )	10.843	10.195	8.917	8.314	8.089	8.330	8.723	8.989	10.483	10.190	9.111	9.246	111.431
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	3.704	5.153	4.125	5.308	3.456	3.744	3.744	3.456	3.744	4.335	7.722	5.987	54.479
	E <sub>absoluto</sub>	-7.140	-5.042	-4.792	-3.006	-4.633	-4.586	-4.979	-5.533	-6.739	-5.855	-1.389	-3.259	-56.953
	E <sub>relativo</sub> (%)	-66	-49	-54	-36	-57	-55	-57	-62	-64	-57	-15	-35	-51
255	Etc (m <sup>3</sup> )	7.736	7.275	6.364	5.971	5.757	5.930	6.199	6.452	7.468	7.263	6.545	6.592	79.551
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	8.338	8.117	5.852	7.386	16.596	8.928	8.640	8.928	8.928	8.740	3.299	5.900	99.651
	E <sub>absoluto</sub>	602	842	-512	1.414	10.839	2.998	2.441	2.476	1.460	1.477	-3.246	-692	20.100
	E <sub>relativo</sub> (%)	8	12	-8	24	188	51	39	38	20	20	-50	-10	25
1.451	Etc (m <sup>3</sup> )	12.999	12.242	10.583	10.011	9.696	9.982	10.422	10.807	12.712	12.265	11.014	11.098	133.833
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	13.318	15.553	8.198	13.101	13.187	23.868	23.220	23.706	21.385	21.133	5.734	5.301	187.704
	E <sub>absoluto</sub>	319	3.311	-2.385	3.090	3.491	13.886	12.798	12.899	8.672	8.867	-5.280	-5.797	53.870
	E <sub>relativo</sub> (%)	2	27	-23	31	36	139	123	119	68	72	-48	-52	40
1.681	Etc (m <sup>3</sup> )	15.407	14.529	12.557	11.855	11.510	11.808	12.374	12.778	14.825	14.528	13.006	13.128	158.304
	Vol Ent (m <sup>3</sup> )	12.994	18.184	10.489	13.606	14.690	18.360	16.146	16.614	12.060	15.651	7.675	8.327	164.797
	E <sub>absoluto</sub>	-2.413	3.655	-2.068	1.751	3.180	6.552	3.772	3.836	-2.764	1.123	-5.331	-4.801	6.493
	E <sub>relativo</sub> (%)	-16	25	-16	15	28	55	30	30	-19	8	-41	-37	4

Há de se ressaltar a importância e a influência dos parâmetros de solo (Figura 5) e das características do equipamento. A maioria dos apresenta baixa capacidade real de água no solo (CRA), em especial o lote 131, o que pode culminar em déficit hídrico mesmo que o lote esteja indicando excesso de aplicação. Isso pode ocorrer caso o irrigante aplique um volume de água muito superior ao demandado, porém em intervalos maiores que o turno de rega exige para esse tipo de solo. Isto pode ser agravado no período chuvoso quando os irrigantes têm a falsa impressão de que a cultura está sendo bem suprida de água.

	Lotes	CC (%)	PMP (%)	D (g/cm <sup>3</sup> )	CRA (mm)
Empresarial	129	15,64	9,32	1,56	11,83
	117	15,64	7,33	1,84	18,35
	131	7,83	5,02	1,52	5,13
	2132	15,4	8,13	1,69	14,74
Colonos	78	15,4	7,57	1,68	15,79
	23	21,5	8,31	1,49	23,58
	255	15,64	8,14	1,7	15,30
	247	15,7	6,73	1,72	18,51
	1451	15,4	10,11	1,78	11,30
	1681	15,4	9,08	1,73	13,12

Figura 5 - Dados de solo dos 10 lotes avaliados com relação ao manejo.

Avaliou-se também a precisão e exatidão das irrigações por meio do coeficiente de correlação (r) e pelo Índice de Concordância de Willmott (d), respectivamente. Tanto a precisão quanto a exatidão variaram de 0 para nenhuma correlação ou concordância até 1 para correlação e concordância perfeita. A precisão permite avaliar a coerência no manejo e possibilita identificar se um padrão de irrigação é sempre o mesmo, ainda que seja em excesso ou déficit. Já a exatidão estabelece a dispersão dos volumes aplicados do demandado. Em 2009, o melhor conjunto precisão (r) e exatidão (d) foi alcançado pelo lote 255 com irrigações próximas da demanda, o que levou a uma variação anual de apenas 7% de excesso de aplicação, levando a crer que houve maior percepção das condições ambientais por parte do responsável pela irrigação nesse lote. Em 2010, o lote 23 apresentou precisão

de 0,70, com uma tendência de irrigação com déficit. No entanto, a maioria dos lotes tanto em 2009 quanto em 2010 apresentou precisão (r) e exatidão (d) próximas de zero, evidenciando que o manejo é realizado sem nenhum critério.

#### 4.5. Qualidade da água dos drenos

Os resultados das análises das amostras de água coletadas do Canal Principal (CP) e dos drenos (C2-5, C2-7, C3-9, C3-10, D2, D3-3 e D6) são apresentados na Tabela 21 e a classificação das amostras segundo a USDA (1954) e Ayers e Westcost (1985) são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 22 e 23.

Tabela 21 - Resultados dos parâmetros analisados nas amostras coletadas no Canal Principal (CP) e nos drenos

Parâmetros	CP	C2-5	C2-7	C3-9	C3-10	D2	D3-B	D6
pH	7,00	6,80	7,30	7,00	7,20	7,00	6,50	7,00
CE (dS/m a 25 °C)	0,05	0,05	0,26	0,07	0,20	0,08	0,07	0,23
Ca: meq/L	0,18	0,22	2,22	0,18	1,56	0,39	0,20	1,90
Mg: meq/L	0,04	0,05	0,47	0,11	0,32	0,17	0,12	0,23
K: meq/L	0,08	0,12	0,08	0,13	0,05	0,22	0,15	0,05
Na: meq/L	0,18	0,21	0,88	0,28	0,75	0,26	0,27	0,61
RAS	3,00	2,83	1,22	2,81	1,50	1,43	2,46	1,30

Tabela 22 - Classificação da água de acordo com o risco de salinização e sodificação do solo, segundo USDA, em 1954

Risco	CP	C2-5	C2-7	C3-9	C3-10	D2	D3-B	D6
Salinização	C1	C1	C2	C1	C1	C1	C1	C1
Sodificação	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1

Tabela 23 - Classificação da água de acordo com o risco de salinização e sodificação do solo, segundo Ayers e Westcot, em 1985

Risco	CP	C2-5	C2-7	C3-9	C3-10	D2	D3-B	D6
Salinização	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum
Sodificação	Severa	Severa	Moderada	Severa	Moderada	Severa	Severa	Moderada

De acordo com a classificação da USDA (1954), a água proveniente da barragem (Canal Principal) apresentou baixo risco de salinização e sodificação, podendo ser usada na irrigação sem maiores consequências. Dos 6 drenos avaliados nenhum apresentou risco de sodificação do solo. Quanto à salinidade, 5 dos 6 drenos foram classificados com C1, apresentando baixo risco de salinização; entretanto, o dreno C2-7 foi classificado como C2, ou seja, apresenta salinidade média.

Os parâmetros tomados por Ayers e Westcost (1985) apresentaram-se mais rígidos em relação à USDA (1954), quanto a qualidade da água a ser empregada na irrigação, principalmente a respeito do risco de sodificação. Nesse quesito, a água do CP e dos drenos C2-5, C3-9, D2 e D3-B apresentaram risco severo de sodificação do solo, enquanto os drenos C2-7, C3-10 e D6 apresentaram risco moderado de sodificação. Quanto à salinização, segundo os critérios citados pelos os mesmos autores, a água de nenhuma das fontes amostradas apresenta risco.

Como já esperado, todos os parâmetros analisados nos drenos apresentaram valores iguais ou superiores aos encontrados no canal principal (CP). Entretanto, esperavam-se valores significativamente superiores, em razão da lixiviação de íons derivados da adubação pesada e da contaminação por despejo de efluente humano; porém, isso não ocorreu, possivelmente pelo maior volume de água que circula pelos drenos ser originado de vazamentos dos canais de condução e não da drenagem direta dos lotes, assim havendo efeito de diluição.

Oliveira (2000) classifica as bananeiras no grupo de plantas glicófitas, ou seja, com baixa tolerância à salinidade; os valores de CE da água de

irrigação devem ser menores que  $1.000 \text{ micromohs cm}^{-1}$  ( $1 \text{ dS m}^{-1}$ ). Esse mesmo autor relata que em experimentos em cultivares de banana nanica quando se aumentou a CE da água para  $6 \text{ dS m}^{-1}$  com uma RAS de 6,67, houve redução de 40% na produtividade e atraso de um mês na emissão de cachos. Quando se elevou a RAS para 13,20 houve atraso de dois meses na emissão dos cachos e redução de 60% na produtividade, indicando que a perda de produtividade está mais relacionada à concentração de íons de sódio do que à condutividade elétrica da água, sugerindo que a RAS deve apresentar valores inferiores a 10 (HERNANDEZ ABREU, 1982 citado por OLIVEIRA, 2000). Os dados relatados por estes autores mostram o alto nível de sensibilidade da bananeira às concentrações de sais, principalmente de sódio, no solo e na água de irrigação, assim é de se supor que o método de classificação de água para irrigação sugeridos por Ayers e Westcott (1985) é mais adequado quando se trata de irrigação em culturas mais sensíveis à salinidade, por ter se mostrado mais rígido quanto aos níveis de sais na água.

## 5. CONCLUSÕES

A partir da avaliação do manejo de irrigação na cultura da bananeira no Perímetro Irrigado Gorutuba, no norte de Minas Gerais, pode-se concluir que:

- Os sistemas mais novos apresentaram menor variação de pressão e vazão.
- Dos 32 setores avaliados menos da metade apresentaram CUD considerados excelentes para os sistemas avaliados. Não houve distinção entre os lotes de colonos e empresariais para esse parâmetro.
- O entupimento dos emissores, provocado pela não utilização de filtros pelos irrigantes, foi um dos principais fatores que contribuiu para a redução da uniformidade.
- A variação de pressão assim como a mistura de emissores influíram pouco na redução do CUD e aumento do CVT.
- A aplicação excessiva de água foi identificada na maioria dos lotes, principalmente no ano de 2009. Os únicos lotes irrigados com déficit foram localizados na área de colonos. Já os de maiores excessos foram encontrados nos lotes empresariais.
- Os irrigantes empresariais irrigam, em média, 3,5 meses do ano com déficit enquanto os colonos, 8,5 meses.
- A baixa precisão e a exatidão foram constatadas na tomada de decisão no manejo da irrigação.
- A irrigação com déficit nos meses em que houve elevação mais acentuada da  $ET_0$  foi uma tendência.
- A água drenada não apresenta características químicas prejudiciais ao cultivo da bananeira e nem provocou a redução de permeabilidade do solo.

## 6. SUGESTÕES

Pelo exposto durante este trabalho percebe-se a necessidade de implantação de uma metodologia de manejo da irrigação em todo o perímetro. Assim seguem algumas sugestões:

1. Expor a atual situação do manejo de irrigação aos produtores, frisando a falta de filtragem de água como principal fator na redução de uniformidade e o empirismo do manejo como causa do excesso de aplicação no período das secas e déficit no período chuvoso;
2. Iniciar um programa experimental de manejo em um pequeno grupo de irrigantes, de preferência que sejam abastecidos por uma mesma rede terciária ou quaternária, para que se possa também testar o gerenciamento de abastecimento.
3. O manejo poderá ser realizado por meio de algum software com base nos dados da estação da EPAMIG, porém com pluviômetros locais, devido à grande variação pluviométrica dentro do perímetro.
4. Devido ao alto número de irrigantes dentro do perímetro, há grande dificuldade de fazer a informação sobre quanto e quando irrigar chegar ao irrigante diariamente. Assim o método mais adequado seria uma programação de irrigação quinzenal. Isso é possível uma vez que as condições climáticas variam pouco, dentro do mesmo mês no período de estiagem. Desta forma, baseado nas características de solo, cultura e sistema de irrigação de cada lote, o irrigante receberia uma planilha com tempo de irrigação necessária para cada setor durante o período válido da programação. Essa programação de irrigação poderá ser realizada todas na segunda-feira. É recomendável que se faça o cálculo da  $ET_0$  a cada cinco dias e que este seja comparado com a  $ET_0$  do início da programação. Caso haja uma discrepância entre estas se corrige a programação de irrigação inicial.
5. No perímetro, o fornecimento de água para os lotes é feita através de comportas que são controladas pelos “canaleiros”. Os “canaleiros” são funcionários do distrito responsáveis pela abertura e fechamento das comportas e anotação do tempo pelo que estas ficaram abertas e fornecendo água a cada lote. Assim a distribuição das planilhas com a

programação da irrigação poderá ser feita por meio destes funcionários no início da quinzena e facilmente modificada caso haja necessidade. A emissão diária do manejo a ser realizado ficaria inviável, uma vez que sobrecarregaria os canaleiros e não chegaria a tempo hábil para alguns irrigantes.

6. Durante o período chuvoso a programação de irrigação deverá ser realizada semanalmente. Durante o período chuvoso é importante enviar, juntamente com a planilha de irrigação um relatório mostrando o armazenamento de água no solo e por quanto tempo (dias) o solo da propriedade é capaz de suprir de água a cultura, após uma chuva “forte”. Isso pode ser feito com base em uma  $ET_c$  média para o período. Este tipo de medida deve ser tomada para conscientizar o produtor que após aquele período a cultura já começa a sofrer estresse e reduzir a produtividade e que não se pode mais ficar esperando pela chuva.
7. Como há uma grande variação pluviométrica dentro do perímetro, faz-se necessário a instalação de uma rede de pluviômetros para que se possa realizar um manejo adequado durante o período chuvoso. As leituras diárias destes pluviômetros também ficariam a cargo dos canaleiros.
8. Implantado o programa de manejo seria recomendável a implantação de um sistema de sobretaxa no valor da água consumida em excesso pelos irrigantes que não se adequassem. Isso daria maior credibilidade ao programa de manejo implantado e poderia permitir fornecimento de água a lotes que antes não poderiam utilizá-la devido à incapacidade de transmissão da rede de canais.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS - ASAE. **Field evaluation of microirrigation systems**. St. Joseph, 1996. p. 792-797.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture**. Rome, Italy: FAO, 1985. (Fao Irrigation and Drainage, 29).

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 7.ed. Viçosa: UFV, 2005. 611 p.

BOS, M.G. Performance indicators for irrigation and drainage. **Irrigation and Drainage Systems**, Dordrecht, v. 11, n. 2, p. 119-137, 1997.

BOS, M.G.; BURTON, M.A.; MOLDEN, D.J. **Irrigation and drainage performance assessment: practical guideline**. Cambridge, MA: CABI Publishing, 2005. 158 p.

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

BRALTS, V.F.; KESNER, C.D. Drip irrigation field uniformity estimation. **Transactions of the ASAE**, v. 26, n. 5, p. 1369-1374, 1983.

CAVALCANTI, J.E.A.; COSTA, F.A. **Impactos socioeconômicos do perímetro irrigado do Gorutuba nos municípios de Janaúba e Porteirinha**. Brasília: CODEVASF, 1998. 138 p.

CHRISTOFIDIS, D. **Água, irrigação e segurança alimentar**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2008. (Série Irrigação e Água, 1).

COELHO NETO, A.S. Trajetórias e direcionamentos da política de irrigação no Brasil: as especificidades da região nordeste e do vale do São Francisco. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA, 19, 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2009. p. 1-32.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO - CODESVASF. **Perímetros irrigados**. Disponível em: <[www.codevasf.gov.br/principal/perimetros-irrigados/elenco-de-projetos/gorutuba](http://www.codevasf.gov.br/principal/perimetros-irrigados/elenco-de-projetos/gorutuba)>. Acesso em: 1 jun. 2010.

DANTAS NETO, F.S. **Sistema computacional aplicado ao gerenciamento da distribuição de água em perímetros irrigados**. 2003. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 126 p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Necessidade hídrica das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1997. 204 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FERNANDES, L.A.; RAMOS, S.J.; VALADARES, P.S.N.L.; FAQUIM, V. Fertilidade do solo, nutrição mineral e produtividade de bananeira irrigada por dez anos. **Rev. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1575-1581, 2008.

FIGUEIREDO, F.P.; OLIVEIRA, F.G.; PEREIRA, M.C.T. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produtividade da bananeira “Prata Anã” cultivada no Norte de Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 301, p 429-433, 2005.

FIGUEIREDO, F.P.; MANTOVANI, E.C.; SOARES, A.A.; COSTA, L.C.; RAMOS, M.M.; OLIVEIRA, F.G. Produtividade e qualidade da banana prata anã, influenciada por lâminas de água, cultivada no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 798-803, 2006.

JACKSON, R.B.; CARPENTER, S.R.; DAHM, C.N.; McKNIGHT, D.M.; NAIMAN, R.J.; POSTEL, S.L.; RUNNING, S.W. Water in a changing world. **Ecological Applications**, Ithaca, v. 11, n. 4, p. 1027-1045, 2001.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, v.17, p.678-684, 1974.

LEITÃO, M.M.V.B.R.; OLIVEIRA, G.M.; LEITÃO, T.J.V. Avaliação de desempenho de diferentes métodos de estimativa da evaporação para duas regiões da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 11, n. 6, p. 585-593, 2007.

MEDEIROS, S.S. **Indicadores para gerenciamento do uso da água no Perímetro Irrigado de Pirapora – MG**. 2002. 125 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MEDEIROS, S.S.; SOARES, A.A.; RAMOS, M.M.; MANTOVANI, E.C.; SOUZA, J.A.A. Avaliação do manejo de irrigação no Perímetro Irrigado de Pirapora, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 80-84, 2003.

MOLDEN, D. **Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture**. London, UK; Colombo, Sri Lanka: Earthscan; IWMI, 2007. 645 p.

OKI, T.; KANAE, S. Global hydrological cycles and world water resources. **Science**, v. 313, n. 5790, p. 1068-1072, 2006.

OLIVEIRA, S.L.; COELHO, E.F.; BORGES, A.L. Irrigação e fertirrigação. In: CORDEIRO, Z.J.M. (Org.). **Banana**: produção, aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 60-72.

PAULINO, J.; FOLEGATTI, M.V.; ZOLIN, C.A.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R.M.; JOSÉ, J.V. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o censo agropecuário 2006. **Irriga**, Botucatu; v. 16, n. 2, p. 163-176, 2011.

RIBEIRO, M.S.; LIMA, L.A.; FARIA, F.H.S.; SANTOS, S.R.; KOBAYASHI, M.K. Classificação de água de poços tubulares da região Norte de Minas para uso na irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA, 15, 2008. **Anais...** 2008.

SILVA, J.T.A.; BORGES, A.L.; DIAS, M.S.C.; COSTA, E.L.; PRUDÊNCIO, J.M. **Diagnóstico nutricional da bananeira 'Prata-Anã' para o Norte de Minas**. Belo Horizonte: Epamig, 2002. 16 p. (Boletim Técnico, 70).

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Riverside, CA, 1954. (Agric. Handb., 60).

## APÊNDICE

Tabela 1A - Dados de volume (ml) e pressão (atm) dos setores avaliados em cada lote

Lotes	Setores	Linhas Laterais	Emissores							
			E1		E2		E3		E4	
			V (ml)	P (kPa)	V (ml)	P (kPa)	V (ml)	P (kPa)	V (ml)	P (kPa)
1871	1	LL1	1.650,00	202,65	1.700,00	202,65	1.750,00	202,65	1.680,00	202,65
		LL2	1.730,00	212,78	1.750,00	212,78	1.720,00	202,65	1.730,00	212,78
		LL3	1.480,00	182,39	1.550,00	172,25	1.650,00	192,52	1.600,00	182,39
		LL4	1.130,00	182,39	1.580,00	182,39	1.600,00	182,39	1.500,00	172,25
	2	LL1	1.375,00	151,99	1.260,00	162,12	1.250,00	141,86	1.475,00	162,12
		LL2	1.360,00	141,86	1.400,00	141,86	1.455,00	162,12	1.410,00	162,12
		LL3	1.475,00	151,99	1.290,00	131,72	1.500,00	151,99	1.600,00	162,12
		LL4	1.550,00	151,99	1.350,00	141,86	1.360,00	162,12	1.700,00	162,12
129	1	LL1	1.475,00	182,39	1.600,00	172,25	1.450,00	192,52	1.530,00	202,65
		LL2	1.120,00	91,19	1.175,00	91,19	1.185,00	101,33	1.170,00	91,19
		LL3	1.265,00	151,99	1.210,00	151,99	1.200,00	131,72	1.230,00	151,99
		LL4	1.430,00	172,25	1.310,00	162,12	1.290,00	151,99	1.290,00	162,12
	2	LL1	1.155,00	151,99	1.200,00	151,99	900,00	182,39	1.150,00	162,12
		LL2	1.240,00	172,25	1.250,00	182,39	1.285,00	192,52	1.225,00	151,99
		LL3	1.210,00	162,12	1.190,00	162,12	1.265,00	172,25	1.170,00	151,99
		LL4	1.180,00	162,12	1.175,00	162,12	1.200,00	162,12	1.210,00	172,25
96	1	LL1	1.110,00	162,12	1.100,00	162,12	900,00	151,99	0,00	141,86
		LL2	1.100,00	162,12	1.100,00	151,99	1.150,00	151,99	1.075,00	151,99
		LL3	1.250,00	202,65	1.180,00	172,25	1.100,00	172,25	1.140,00	141,86
		LL4	0,00	202,65	875,00	182,39	1.180,00	172,25	1.170,00	172,25
	2	LL1	620,00	60,80	620,00	60,80	580,00	50,66	520,00	50,66
		LL2	570,00	60,80	600,00	70,93	530,00	60,80	30,00	50,66
		LL3	760,00	70,93	630,00	70,93	620,00	60,80	530,00	40,53
		LL4	750,00	70,93	680,00	70,93	670,00	60,80	630,00	60,80

Continua...

Tabela 1A, Cont.

Lotes	Setores	Linhas Laterais	Emissores							
			E1		E2		E3		E4	
			V (ml)	P (kPa)	V (ml)	P (kPa)	V (ml)	P (kPa)	V (ml)	P (kPa)
117	1	LL1	900,00	151,99	1.190,00	101,33	1.100,00	81,06	925,00	81,06
		LL2	1.300,00	111,46	1.200,00	70,93	1.140,00	60,80	850,00	60,80
		LL3	1.070,00	81,06	770,00	60,80	700,00	50,66	975,00	50,66
		LL4	750,00	101,33	1.300,00	91,19	650,00	60,80	350,00	60,80
	2	LL1	1.100,00	131,72	1.000,00	131,72	830,00	91,19	810,00	70,93
		LL2	960,00	91,19	885,00	70,93	925,00	70,93	560,00	70,93
		LL3	1.100,00	131,72	1.120,00	131,72	1.110,00	131,72	1.700,00	121,59
		LL4	1.700,00	151,99	1.600,00	141,86	975,00	81,06	600,00	101,33
131	1	LL1	1.410,00	121,59	760,00	121,59	1.310,00	131,72	0,00	131,72
		LL2	1.390,00	131,72	1.210,00	121,59	1.110,00	121,59	1.300,00	121,59
		LL3	1.500,00	131,72	1.300,00	131,72	1.100,00	111,46	1.400,00	121,59
		LL4	1.110,00	101,33	1.220,00	121,59	1.530,00	121,59	1.275,00	121,59
	2	LL1	1.175,00	70,93	1.210,00	70,93	1.100,00	70,93	1.250,00	91,19
		LL2	1.150,00	91,19	1.100,00	81,06	1.135,00	70,93	1.125,00	70,93
		LL3	1.300,00	101,33	1.400,00	91,19	1.310,00	91,19	1.325,00	91,19
		LL4	1.050,00	91,19	1.210,00	91,19	1.310,00	81,06	1.360,00	81,06
2132	1	LL1	1.325,00	202,65	1.650,00	182,39	1.510,00	182,39	1.675,00	182,39
		LL2	1.350,00	263,45	1.440,00	263,45	1.560,00	263,45	1.900,00	273,58
		LL3	1.405,00	273,58	1.390,00	263,45	1.360,00	253,31	1.350,00	253,31
		LL4	1.430,00	283,71	1.400,00	273,58	1.410,00	263,45	1.875,00	263,45
	2	LL1	1.325,00	212,78	1.600,00	192,52	1.250,00	202,65	1.200,00	202,65
		LL2	1.800,00	212,78	1.200,00	212,78	1.080,00	182,39	1.180,00	182,39
		LL3	1.250,00	212,78	1.300,00	182,39	1.140,00	182,39	1.325,00	172,25
		LL4	2.300,00	243,18	1.750,00	202,65	1.100,00	202,65	1.625,00	202,65

Continua...

Tabela 1A, Cont.

Lotes	Setores	Linhas Laterais	Emissores							
			E1		E2		E3		E4	
			V (ml)	P (kPa)	V (ml)	P (kPa)	V (ml)	P (kPa)	V (ml)	P (kPa)
23	1	LL1	1.075,00	192,52	1.100,00	182,39	1.080,00	172,25	1.160,00	172,25
		LL2	1.360,00	182,39	1.280,00	162,12	1.000,00	151,99	1.150,00	151,99
		LL3	1.150,00	172,25	850,00	162,12	1.010,00	141,86	1.000,00	131,72
		LL4	1.035,00	141,86	950,00	141,86	910,00	131,72	900,00	121,59
	2	LL1	1.030,00	172,25	1.110,00	172,25	1.130,00	162,12	1.170,00	141,86
		LL2	1.000,00	162,12	1.100,00	162,12	1.030,00	162,12	1.075,00	151,99
		LL3	1.070,00	151,99	1.090,00	151,99	1.020,00	141,86	1.075,00	141,86
		LL4	1.200,00	162,12	1.120,00	162,12	1.080,00	151,99	1.100,00	151,99
78	1	LL1	900,00	162,12	10,00	151,99	0,00	151,99	1.010,00	151,99
		LL2	1.020,00	151,99	1.050,00	141,86	1.110,00	141,86	1.120,00	141,86
		LL3	1.190,00	172,25	0,00	172,25	1.150,00	172,25	450,00	182,39
		LL4	1.200,00	202,65	0,00	182,39	1.785,00	192,52	1.250,00	192,52
	2	LL1	1.145,00	162,12	1.100,00	162,12	1.130,00	151,99	1.070,00	151,99
		LL2	1.020,00	141,86	1.100,00	141,86	1.010,00	131,72	900,00	131,72
		LL3	1.050,00	141,86	910,00	141,86	0,00	131,72	1.100,00	121,59
		LL4	1.000,00	131,72	1.110,00	131,72	810,00	121,59	940,00	121,59
342	1	LL1	650,00	111,46	840,00	111,46	860,00	111,46	850,00	101,33
		LL2	810,00	91,19	830,00	91,19	815,00	91,19	920,00	91,19
		LL3	840,00	101,33	820,00	91,19	940,00	91,19	800,00	91,19
		LL4	820,00	91,19	800,00	91,19	830,00	91,19	620,00	91,19
	2	LL1	980,00	121,59	810,00	111,46	710,00	101,33	830,00	101,33
		LL2	900,00	91,19	850,00	91,19	830,00	91,19	700,00	91,19
		LL3	840,00	101,33	970,00	91,19	810,00	91,19	930,00	91,19
		LL4	875,00	101,33	720,00	101,33	850,00	91,19	790,00	91,19

Continua...

Tabela 1A, Cont.

Lotes	Setores	Linhas Laterais	Emissores							
			E1		E2		E3		E4	
			V (ml)	P (kPa)	V (ml)	P (kPa)	V (ml)	P (kPa)	V (ml)	P (kPa)
265	1	LL1	1.225,00	172,25	1.200,00	172,25	1.160,00	162,12	1.125,00	172,25
		LL2	1.230,00	172,25	1.200,00	172,25	1.200,00	162,12	1.125,00	162,12
		LL3	1.180,00	172,25	1.200,00	172,25	1.150,00	162,12	1.170,00	162,12
		LL4	1.050,00	172,25	1.160,00	172,25	1.180,00	162,12	1.075,00	162,12
	2	LL1	1.080,00	151,99	1.000,00	151,99	1.040,00	141,86	1.100,00	141,86
		LL2	1.060,00	151,99	1.250,00	151,99	1.050,00	151,99	1.020,00	141,86
		LL3	1.175,00	162,12	1.030,00	151,99	980,00	131,72	950,00	111,46
		LL4	950,00	111,46	980,00	111,46	950,00	111,46	930,00	111,46
108	1	LL1	1.240,00	202,65	1.250,00	202,65	1.225,00	202,65	1.250,00	202,65
		LL2	1.230,00	192,52	1.180,00	192,52	1.210,00	182,39	1.200,00	182,39
		LL3	1.220,00	192,52	1.200,00	192,52	1.250,00	192,52	1.210,00	192,52
		LL4	1.225,00	192,52	1.230,00	192,52	1.200,00	192,52	1.250,00	192,52
	2	LL1	1.180,00	192,52	1.210,00	192,52	1.190,00	182,39	1.150,00	182,39
		LL2	1.150,00	172,25	1.180,00	172,25	1.150,00	162,12	1.170,00	162,12
		LL3	1.140,00	172,25	1.160,00	172,25	1.110,00	162,12	1.120,00	162,12
		LL4	1.180,00	172,25	1.200,00	172,25	1.100,00	162,12	1.100,00	162,12
247	1	LL1	1.500,00	192,52	1.330,00	182,39	1.320,00	182,39	1.375,00	182,39
		LL2	1.460,00	192,52	1.350,00	192,52	1.315,00	182,39	1.390,00	182,39
		LL3	1.460,00	192,52	1.180,00	182,39	1.330,00	182,39	1.325,00	172,25
		LL4	1.440,00	202,65	1.310,00	192,52	1.580,00	182,39	1.435,00	182,39
	2	LL1	1.210,00	202,65	1.100,00	192,52	1.600,00	182,39	1.380,00	182,39
		LL2	1.325,00	212,78	1.260,00	202,65	1.275,00	202,65	1.330,00	202,65
		LL3	1.560,00	212,78	1.250,00	192,52	1.225,00	192,52	1.160,00	182,39
		LL4	1.360,00	243,18	1.310,00	243,18	0,00	243,18	0,00	243,18

Continua...

Tabela 1A, Cont.

Lotes	Setores	Linhas Laterais	Emissores							
			E1		E2		E3		E4	
			V (ml)	P (kPa)	V (ml)	P (kPa)	V (ml)	P (kPa)	V (ml)	P (kPa)
296	1	LL1	1.880,00	253,31	1.825,00	253,31	1.850,00	243,18	1.800,00	243,18
		LL2	1.875,00	253,31	1.870,00	253,31	1.850,00	243,18	1.810,00	243,18
		LL3	1.850,00	243,18	1.810,00	243,18	1.825,00	233,05	1.800,00	233,05
		LL4	1.820,00	243,18	1.800,00	233,05	1.770,00	233,05	1.175,00	233,05
	2	LL1	1.650,00	182,39	1.600,00	182,39	1.570,00	182,39	1.600,00	192,52
		LL2	1.700,00	192,52	1.680,00	192,52	1.680,00	182,39	1.620,00	182,39
		LL3	1.490,00	172,25	1.510,00	172,25	1.400,00	172,25	1.550,00	172,25
		LL4	1.470,00	151,99	1.440,00	141,86	1.400,00	141,86	1.375,00	141,86
2251	1	LL1	1.400,00	131,72	1.440,00	141,86	1.475,00	151,99	1.500,00	151,99
		LL2	1.225,00	141,86	1.450,00	141,86	1.500,00	151,99	1.510,00	141,86
		LL3	750,00	151,99	1.425,00	151,99	1.450,00	151,99	1.500,00	151,99
		LL4	1.420,00	141,86	1.310,00	141,86	1.380,00	151,99	1.500,00	151,99
	2	LL1	1.300,00	131,72	1.300,00	131,72	0,00	121,59	1.325,00	121,59
		LL2	1.260,00	121,59	1.300,00	121,59	1.360,00	121,59	1.425,00	141,86
		LL3	1.250,00	121,59	1.250,00	121,59	1.290,00	121,59	1.375,00	121,59
		LL4	1.300,00	121,59	1.100,00	121,59	0,00	131,72	1.200,00	131,72
255	1	LL1	1.070,00	151,99	1.110,00	151,99	1.050,00	141,86	1.100,00	141,86
		LL2	1.050,00	151,99	1.100,00	151,99	0,00	151,99	1.370,00	151,99
		LL3	1.120,00	151,99	1.080,00	151,99	340,00	151,99	600,00	141,86
		LL4	1.100,00	141,86	1.110,00	141,86	1.030,00	141,86	0,00	141,86
	2	LL1	1.100,00	172,25	0,00	172,25	350,00	172,25	1.130,00	162,12
		LL2	1.350,00	172,25	1.170,00	172,25	1.150,00	162,12	1.270,00	151,99
		LL3	1.175,00	172,25	1.150,00	172,25	1.080,00	151,99	1.075,00	151,99
		LL4	1.100,00	162,12	0,00	162,12	1.120,00	151,99	1.110,00	151,99

Continua...

Tabela 1A, Cont.

Lotes	Setores	Linhas Laterais	Emissores							
			E1		E2		E3		E4	
			V (ml)	P (kPa)	V (ml)	P (kPa)	V (ml)	P (kPa)	V (ml)	P (kPa)
291	1	LL1	1.850,00	182,39	1.280,00	70,93	1.150,00	60,80	660,00	60,80
		LL2	1.530,00	162,12	1.830,00	151,99	1.810,00	151,99	1.870,00	151,99
		LL3	2.150,00	202,65	2.080,00	202,65	0,00	192,52	2.100,00	192,52
		LL4	1.600,00	202,65	470,00	202,65	1.800,00	182,39	0,00	182,39
	2	LL1	2.050,00	202,65	2.000,00	202,65	2.150,00	202,65	0,00	182,39
		LL2	1.250,00	192,52	1.225,00	192,52	1.190,00	192,52	1.200,00	192,52
		LL3	1.300,00	81,06	1.300,00	70,93	1.275,00	70,93	0,00	60,80
		LL4	1.350,00	70,93	980,00	70,93	0,00	70,93	1.150,00	70,93
1681	1	LL1	1.450,00	222,92	1.520,00	222,92	1.580,00	222,92	1.450,00	222,92
		LL2	1.600,00	222,92	1.550,00	212,78	1.580,00	212,78	1.600,00	212,78
		LL3	1.600,00	222,92	1.550,00	222,92	1.500,00	212,78	1.530,00	212,78
		LL4	0,00	212,78	1.590,00	212,78	1.550,00	212,78	1.825,00	212,78
	2	LL1	1.610,00	212,78	1.510,00	202,65	1.580,00	202,65	1.480,00	202,65
		LL2	1.450,00	212,78	1.570,00	202,65	1.550,00	202,65	1.470,00	202,65
		LL3	1.400,00	202,65	1.530,00	202,65	1.560,00	202,65	1.500,00	202,65
		LL4	1.650,00	212,78	1.590,00	212,78	1.590,00	202,65	1.600,00	202,65
1451	1	LL1	2.370,00	243,18	2.300,00	222,92	2.100,00	202,65	3.200,00	192,52
		LL2	2.275,00	222,92	2.030,00	182,39	1.460,00	182,39	2.100,00	182,39
		LL3	3.100,00	212,78	3.000,00	202,65	1.900,00	192,52	1.420,00	182,39
		LL4	2.200,00	212,78	2.600,00	192,52	2.000,00	192,52	2.100,00	192,52
	2	LL1	4.250,00	253,31	2.600,00	273,58	4.600,00	293,84	2.650,00	303,98
		LL2	1.760,00	283,71	4.120,00	283,71	2.800,00	273,58	4.050,00	263,45
		LL3	2.400,00	253,31	3.700,00	273,58	2.610,00	283,71	2.600,00	293,84
		LL4	3.150,00	273,58	2.700,00	273,58	2.500,00	283,71	4.200,00	293,84

Tabela 2A - Volume mensal em m<sup>3</sup> derivado para os lotes para os quais foi calculada a Razão de Aplicação Parcelar (RAP) para o ano de 2009

Lotes	2009											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
129	14.688,00	132.066,00	137.376,00	139.968,00	64.152,00	158.112,00	152.928,00	151.960,00	191.160,00	139.104,00	111.880,00	116.640,00
117	0,00	67.554,00	96.760,00	82.656,00	45.216,00	136.224,00	127.296,00	129.600,00	136.800,00	53.100,00	22.464,00	26.496,00
131	0,00	34.452,00	20.953,00	22.464,00	10.224,00	34.560,00	38.016,00	37.480,00	47.196,00	26.136,00	17.280,00	16.308,00
2132	3.240,00	11.884,00	7.776,00	10.260,00	4.320,00	9.792,00	10.728,00	10.510,00	11.232,00	8.244,00	7.920,00	7.668,00
23	1.116,00	2.988,00	3.744,00	4.212,00	1.980,00	3.924,00	4.428,00	4.360,00	4.428,00	2.664,00	3.456,00	1.656,00
78	0,00	5.364,00	5.472,00	3.600,00	2.574,00	5.670,00	4.806,00	6.160,00	5.742,00	3.996,00	2.340,00	1.746,00
247	0,00	1.728,00	2.304,00	2.448,00	1.008,00	-	2.880,00	2.880,00	2.736,00	2.016,00	2.016,00	1.584,00
255	2.376,00	6.336,00	6.696,00	6.336,00	2.772,00	-	6.336,00	6.340,00	7.920,00	4.320,00	4.896,00	6.192,00
1681	3.729,00	14.652,00	5.551,00	3.343,00	1.792,00	20.862,00	21.114,00	10.710,00	6.066,00	10.728,00	8.604,00	7.380,00
1451	0,00	12.960,00	5.616,00	6.188,00	3.132,00	13.608,00	14.850,00	13.340,00	14.634,00	5.220,00	8.208,00	5.616,00

Tabela 3A - Volume mensal em m<sup>3</sup> derivado para os lotes para os quais foi calculada a Razão de Aplicação Parcelar (RAP) para o ano de 2010

Lotes	2010											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
129	144.072,00	132.066,00	42.210,00	148.212,00	200.070,00	212.616,00	198.972,00	212.022,00	217.224,00	201.330,00	14.076,00	30.924,00
117	48.096,00	67.554,00	35.712,00	104.256,00	128.448,00	146.304,00	137.952,00	146.304,00	146.304,00	137.952,00	0,00	33.120,00
131	23.652,00	34.452,00	0,00	25.776,00	37.494,00	33.336,00	33.552,00	39.920,00	35.424,00	31.536,00	0,00	0,00
2132	13.536,00	11.484,00	3.744,00	12.888,00	16.236,00	17.712,00	16.920,00	17.460,00	17.712,00	7.992,00	1.224,00	4.716,00
23	4.140,00	2.988,00	360,00	2.628,00	3.528,00	3.528,00	5.364,00	4.896,00	4.572,00	4.536,00	0,00	1.440,00
78	2.502,00	5.364,00	0,00	2.736,00	5.472,00	5.868,00	2.700,00	4.878,00	5.148,00	5.148,00	0,00	0,00
247	3.168,00	1.728,00	864,00	3.168,00	3.456,00	3.744,00	3.744,00	3.456,00	3.744,00	3.474,00	3.474,00	576,00
255	7.956,00	6.336,00	3.096,00	6.444,00	16.596,00	8.928,00	8.640,00	8.928,00	8.928,00	8.640,00	0,00	2.880,00
1681	11.988,00	14.652,00	5.022,00	13.266,00	13.734,00	18.360,00	16.146,00	16.614,00	11.484,00	14.040,00	0,00	2.088,00
1451	12.798,00	12.960,00	3.348,00	12.474,00	12.744,00	23.868,00	23.220,00	23.706,00	20.628,00	20.142,00	0,00	1.296,00