

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**AVALIAÇÃO E QUALIDADE DA IRRIGAÇÃO NO PROJETO
FORMOSO EM BOM JESUS DA LAPA - BAHIA**

RONALDO PEDREIRA DOS SANTOS

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
FEVEREIRO – 2009**

**AVALIAÇÃO E QUALIDADE DA IRRIGAÇÃO NO PROJETO
FORMOSO EM BOM JESUS DA LAPA - BAHIA**

RONALDO PEDREIRA DOS SANTOS

Engenheiro Agrônomo

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2007

Dissertação submetida à Câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Engenharia e Manejo da Irrigação.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Adriano de C. Pereira

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
PROGRAMA DE PS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS – BAHIA – 2009

FICHA CATALOGRÁFICA

S231 Santos, Ronaldo Pedreira dos Santos
Qualidade da irrigação no Projeto Formoso em Bom Jesus da
Lapa – Bahia/ Ronaldo
Pedreira dos Santos. _ Cruz das Almas, 2009.
70 f; il.; tab., graf.

Orientador: Francisco Adriano de Carvalho Pereira.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo
da Bahia.
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1. Irrigação - qualidade. 2 Projeto Formoso . 3. Irrigação –
sistemas. I Universidade
Federal do Recôncavo da Bahia. II. Título.

CDD: 638.1

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Adriano de Carvalho Pereira
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - UFRB
(Orientador)

Prof^a. Dr^a. Roberta Alessandra Bruschi Gonçalves Gloaguen
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - UFRB

Prof. Dr. Antenor de Oliveira Aguiar Netto
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Dissertação homologada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em
Ciências Agrárias em.....
Conferindo o Grau de Mestre em Ciências Agrárias em

DEDICATÓRIA

A Deus por me conceder o dom da vida e me proporcionar tanta felicidade.

Dedico esse trabalho especialmente a minha mãe Juraci Pedreira (Sid), a meu pai Júlio dos Santos (Búia) e ao meu irmão Lucas Pedreira (Buiú), que sempre estiveram ao meu lado me cercando de apoio, estímulo e ensinamentos durante toda minha vida, para que eu conseguisse vencer mais esta etapa.

Para Ângela Pedreira (Juliana), minha esposa, a quem Deus tem usado para dar forma a minha vida através do seu amor, paciência e fidelidade.

À minha família, que sempre esteve em todos os momentos de minha carreira, e é por ela que procuro esquecer a distância que nos separa tentando buscar a realização do meu sonho.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), ao Núcleo de Engenharia de Água e Solos (NEAS) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias por oferecer oportunidade de realização do curso;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão de bolsa de estudo e pela oportunidade de aprimoramento;

Ao professor Dr. Francisco Adriano de C. Pereira, pelo incentivo, confiança, dedicação e orientação durante o curso;

Aos meus Grandes amigos, Prof. Djael Dias e Prof. Magalhães Sá, pelo apoio, ensinamentos, conselhos e orientação plena, na graduação e na vida até os dias atuais.

Ao amigo e companheiro de curso Torquato Martins, pela convivência fraterna na Pós-Graduação.

Aos Profs. Drs. Vital Pedro da Silva Paz e Áureo Silva de Oliveira, pelo apoio e ensinamentos durante o curso;

Aos Pesquisadores Dr. Eugênio Ferreira Coelho e Dr. Maurício Antônio Coelho Filho pelas aulas enriquecedoras e pelas sugestões.

A Dra. Roberta Alessandra Bruschi Gloaguen pelas sugestões e correções do texto.

Ao Dr. Thomas Vicent Gloaguen pelo apoio e sugestões durante o curso.

Aos colegas do NEAS, Márcio Alves, Patrícia Nascimento, Valéria Borges, Bruna Sobral e João Fonseca, pela contribuição, amizade e companheirismo durante o curso;

Aos meus amigos da COOPERMULTA, pelo intenso apoio, incentivo e convívio familiar.

Aos Colegas da DESAGRO, Adnailton, Rita e Bernadete pelo convívio durante a finalização do trabalho;

À família da minha esposa, pela amizade, companheirismo, apoio e dedicação, além de ter me acolhido como mais um membro.

Aos meus amigos, e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO	01
Capítulo 1	
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA EM SOLOS DO PERÍMETRO IRRIGADO DO FORMOSO, BOM JESUS DA LAPA, BAHIA.....	06
Capítulo 2	
CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA EM SOLOS DO PERÍMETRO IRRIGADO DO FORMOSO, BOM JESUS DA LAPA, BAHIA.....	32
Capítulo 3	
UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM LOTES DO PERÍMETRO IRRIGADO DO FORMOSO EM BOM JESUS DA LAPA-BAHIA.....	48
CONSIDERAÇÕES FINAIS	69

QUALIDADE DA IRRIGAÇÃO NO PROJETO FORMOSO EM BOM JESUS DA LAPA - BAHIA.

Autor: Ronaldo Pedreira dos Santos

Orientador: Francisco Adriano de Carvalho Pereira, Dr.

RESUMO: Os perímetros irrigados do vale da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba (CODEVASF) exercem papel relevante no cenário econômico do Nordeste, pois, além de gerar emprego e renda para uma parte significativa da população, contribuem com parte expressiva da receita proveniente da atividade agropecuária. Apesar do agronegócio ser considerado rentável, são vários os problemas enfrentados pela cadeia produtiva, destacando-se as relações entre as propriedades físico-hídricas e químicas dos solos, além dos indicadores de uniformidade, cuja combinação, se inadequada, poderá promover quedas significativas na produtividade e elevação dos custos de produção, principalmente em sistemas irrigados. Este trabalho teve o objetivo de avaliar qualidade da irrigação com base em indicadores de performance nas condições atuais de manejo e operação do sistema de irrigação adotados no Projeto Formoso em Bom Jesus da Lapa, Ba, em 14 lotes irrigados por microaspersão e aspersão convencional. Foram coletadas amostras em duas profundidades diferentes (0-30cm e 30-60cm) de diferentes perfis de solos cultivados com várias culturas, solos estes classificados como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (NQ), LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (LVAd), ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (PVAAd) e ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico (PVAe), determinando-se a granulometria, densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade, curva de retenção de água no solo, água disponível e disponibilidade total de água no solo (DTA). Foram avaliados teores de pH, macronutrientes (Ca, Mg, P, K e Na), além da percentagem de saturação de alumínio (m%), soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (CTC) e percentagem de saturação de bases (V). A qualidade da irrigação foi avaliada com base em indicadores de performance (CUC, CUD, CUE e CV) em dois sistemas de irrigação (microaspersão e aspersão convencional). O perímetro irrigado de Formoso apresenta solos que são fisicamente bem distintos,

necessitando de manejos diferenciados quanto à irrigação, verificou-se que os solos amostrados apresentam-se dentro da normalidade, levando a se ter preocupação com o seu manejo. Quanto aos nutrientes, observou-se que, com exceção do fósforo, todos apresentaram-se em níveis adequados. Em relação aos sistemas avaliados, o sistema de irrigação por microaspersão mostrou-se mais eficiente que o da irrigação por aspersão convencional.

Palavras-chave: física do solo, química do solo e qualidade da irrigação.

QUALITY OF THE IRRIGATION PROJECT IN FORMOSO BOM JESUS DA LAPA - BAHIA.

Author: Ronaldo Pedreira dos Santos

Advisor: Francisco Adriano de C. Pereira, Dr.

ABSTRACT: The irrigated perimeters of the valley of the Company for Development of Vales of São Francisco (CODEVASF) carry important role in economic scenario of the Northeast, because in addition to generating jobs and income for most people, contribute to the significant revenue from agricultural activities . Although the agribusiness be profitable, there are numerous problems faced by the productive chain, highlighting the relationship between the physico-chemical water and soil, in addition to indicators of uniformity, which combination, if inadequate, can promote significant drop in productivity and rising production costs, especially in irrigated systems. This study aimed to evaluate the quality of irrigation on the basis of performance in terms of current management and operation of irrigation system used in Project Formoso in Bom Jesus da Lapa, Ba, 14 plots were irrigated by micro sprinkler and conventional. Samples were collected at two different depths (0-30cm and 30-60cm) of different profiles of soils cultivated with various crops, the land classified as PSAMENT (NQ), Red-YELLOW Distrophic (LVAd), Red-YELLOW Distrophic (PVAd) and Eutrophic Red-Yellow (PVAe), determining the size, bulk density, total porosity, macro and microporosity, soil water retention curve in the soil, available water and total water availability in the soil (DTA) . We assessed levels of pH, macronutrients (Ca, Mg, P, K and Na), plus the percentage of aluminum saturation (m%), total bases (S),

cation exchange capacity (CEC) and percentage of saturation bases (V). The quality of irrigation was evaluated based on indicators of performance (CUC, CUD, CUE and CV) in two irrigation systems (sprinkler and conventional microaspeção). The perimeter of irrigated land Formoso displays which are physically very different, requiring different management on irrigation, it was found that the soil samples showed within normal limits, has led to concern about its management. As for nutrients, it was observed that with excesso of phosphorus, all submit themselves to appropriate levels. For the systems studied, the micro irrigation system was more efficient than the conventional sprinkler irrigation.

Key words: soil physics, soil chemistry and quality of irrigation.

INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada é o setor mais demandante por água e provavelmente o que mais desperdiça. Em muitas regiões do mundo, a agricultura só é possível com o auxílio da irrigação, tornando-se um imprescindível fator de desenvolvimento econômico e estabilidade social. A sustentabilidade da agricultura irrigada requer avaliações periódicas do consumo hídrico, através de indicadores de performance da irrigação.

Estima-se que em média 45% da água derivada da natureza para fins de irrigação não é efetivamente aproveitada pelas culturas, no atendimento de suas necessidades hídricas. Porém, nem toda a água perdida é efetivamente desperdiçada, levando à definição de usos benéficos e não-benéficos da água no contexto da agricultura irrigada bem como das definições de uso consultivo e não-consultivo da água (BURT et al., 1997).

São muitos os atributos físicos do solo que se pode determinar, entretanto, nenhum parâmetro possui importância maior que textura do solo. A textura do solo auxilia o entendimento das propriedades físicas e químicas do solo, nutrição mineral de plantas, assim como a caracterização de perfis de solos para uso em levantamentos e classificação (EMBRAPA, 1999). Possui, também, estreita relação com a fixação de íons (íon fosfato, como exemplo) e moléculas, retenção de água e manifestação de forças físicas de adesão e coesão e troca catiônica (RESENDE et al., 1999). Além disso, a textura do solo pode influenciar e modificar outras propriedades como porosidade total, macro e microporosidade, densidade do solo, consistência do solo, e superfície específica (COSER et al., 2007). Desta forma, a determinação da textura do solo é de extrema importância agrícola, ambiental e civil.

O solo é um corpo tridimensional formado por uma parte sólida e pelos espaços porosos (ZUCOLOTO et al., 2007). As partículas sólidas do solo variam, enormemente, quanto à sua natureza e tamanho, sendo que a distribuição do tamanho das partículas ou granulometria do solo define a sua textura (EMBRAPA, 1997).

A porosidade do solo interfere na aeração, condução e retenção de água, resistência à penetração e à ramificação das raízes no solo e, conseqüentemente, no aproveitamento de água e nutrientes disponíveis (TOGNON, 1991). O solo

ideal deve apresentar um volume e dimensão dos poros adequados para a entrada, movimento e retenção de água e ar para atender às necessidades das culturas (HILLEL, 1980).

A compactação do solo pelo uso de práticas inadequadas de manejo resulta diretamente em aumento na densidade do solo e, por consequência, em alterações detrimenais em outras propriedades físicas, tais como: a porosidade do solo, a retenção de água, a aeração e a resistência do solo à penetração das raízes (LETEY, 1985).

O conhecimento das propriedades hídricas do solo é fundamental para o estabelecimento de boas práticas agrícolas, bem como de técnicas de irrigação e drenagem. Entretanto, a determinação convencional da curva de retenção da água no solo é tão trabalhosa e demorada que inviabiliza análises de numerosos conjuntos de amostras, requeridos pela agricultura de precisão para o manejo do solo. (Vaz *et al.* 2004)

Segundo Malavolta, (1989), o conhecimento dos teores de nutrientes disponíveis no solo orientam na formulação das recomendações mais acertadas para a adubação das plantas, evitando-se o desperdício e o uso inadequado de adubos e corretivos e prejuízo, que haveria tanto nas despesas com adubação como na redução das colheitas.

O sucesso da agricultura irrigada depende, além da qualidade da água fornecida às plantas, da drenagem da área e do manejo da fertilidade do solo (Chaves, et al., 2004). Segundo Mello et al. (1983), um solo pode ser considerado fértil, quando, além de conter quantidades suficientes e em proporções adequadas dos nutrientes essenciais às plantas e livre de elementos tóxicos, apresentar, também, propriedades físicas satisfatórias.

A demanda hídrica para irrigação supera a soma de todas as demandas dos demais setores usuários da água no contexto de uma bacia hidrográfica. Em termos globais, 70% dos recursos hídricos disponíveis são derivados para irrigação, em detrimento dos demais setores. Na medida em que estes se desenvolvem, a disponibilidade de água para irrigação tende a diminuir no futuro. Por outro lado, a importância da agricultura irrigada é inegável, tendo em vista que 36% da produção mundial de alimentos e fibras originam-se de áreas irrigadas que correspondem apenas 15% da área total cultivada (PAZ, 2003).

A uniformidade da irrigação tem efeito no rendimento das culturas e é considerada um dos fatores mais importantes no dimensionamento e na operação de sistemas de irrigação. O conceito de uniformidade de distribuição foi introduzido por Christiansen em 1942, referindo-se à variabilidade da lâmina de água aplicada ao longo da extensão da superfície do terreno irrigado. Reduzidos valores de uniformidade determinam em geral, maior consumo de água e energia, maior perda de nutrientes e, ao mesmo tempo, podem proporcionar plantas com déficits hídricos, em significativa proporção da área irrigada (SCALOPPI e DIAS, 1996).

A utilização de sistemas de irrigação mais eficientes é uma busca constante na agricultura irrigada, pois existe tendência de aumento no custo da energia e de redução da disponibilidade hídrica dos mananciais (AZEVEDO, 1986).

Eljanini (1963) informa que o valor do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, da ordem de 84%, geralmente é considerado satisfatório. Merriam et al. (1973) recomendam que, para culturas de alto valor econômico e com sistema radicular pouco profundo, o coeficiente de uniformidade de Christiansen deve ser superior a 88%; para culturas com sistema radicular medianamente profundo, o CUC deve variar entre 82 e 88% e, para culturas com sistema radicular profundo, em locais onde a quantidade de chuva é substancial, o CUC pode variar entre 70 e 82%.

A uniformidade de distribuição de água em áreas irrigadas influencia diretamente o manejo, a qualidade, a eficiência e o custo da irrigação, assim como o desempenho da cultura no campo. Uma reduzida uniformidade de distribuição de água faz com que determinadas plantas irrigadas pelo sistema recebam mais água do que outras, resultando em desenvolvimento desuniforme da cultura. Acrescenta-se a isso o fato de que, o excesso de água no solo provoca a lixiviação de nutrientes, a redução na concentração de oxigênio disponível às raízes e pode aumentar a incidência de pragas e doenças, enquanto que a escassez aumenta os riscos de salinização do solo e inibe o potencial produtivo da planta (Santos et al., 2003), *apud* (Barros et AL, 2008).

Este trabalho teve como objetivo estudar as características físico-hídricas e químicas, além de avaliação da qualidade da irrigação com base em indicadores

de performance nas condições atuais de manejo e operação dos sistemas de irrigação adotados no Projeto do Formoso em Bom Jesus da Lapa, Bahia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BARROS, A.C; AGUIAR NETTO, A.O.; SANTA ROSA, Y.R; MELO, A.S; BRITO, M.C.B; **QUALIDADE DA IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO EM POMAR DE BANANA (*Musa spp.*) FERTIRRIGADO**, *Magistra, Cruz das Almas-BA*, v. 20, n. 2, p. 197-203, abr./jun., 2008.

BURT, C.M.; CLEMMENS, A.J.; STRELKOFF, T.S.; SOLOMON, K.H.; BLIESNER, R.D.; HARDY, L.A.; HOWELL, T.A.; EISENHAUER, D.E. Irrigation performance measures: efficiency and uniformity. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 123, n. 6, p. 432-442, November/December, 1997.

CHAVES, L.H.G.; CHAVES, I.B.; VASCONCELOS, A.C.F.; LEÃO, A.B. Avaliação de potássio, matéria orgânica e fósforo em Neossolos dos perímetros irrigados Engenheiro Arcoverde e São Gonçalo, PB. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.5, n.2, 2005.

COSER, S. M.; MESQUITA, L. F.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F.V. Análise textural do solo utilizando métodos de dispersão física com agitação lenta e rápida. **XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Gramado – RS, 2007.

ELJANANI, S. **El riego por aspersión**. Curso sobre utilización del água para la agricultura en zonas Áridas. Cooperación OEA/Estado de Israel, Herzelia, Israel. 1963. 81p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária. **Análise granulométrica por raios gama**. São Carlos – SP, 1997. 13p.

HILLEL, D. **Fundamentals of soil physics**. New York: Academic, 1980. 413 p.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advanced Soil Science.**, 1:277-294, 1985.

MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989, 201 p.

MELLO, F. A. F., BRASIL SOBRINHO, M. O. C.; ARZOLA, S.; SILVEIRA, R. I.; COBRA NETTO, A. & KIEHL, J. C. **Fertilidade do solo**. São Paulo, Nobel, 1983, 400p.

MERRIAM, J.L.; KELLER, J.; ALFARO, J. **Irrigation system evaluation and improvement**. Logan: Utah State University, 1973. 368p.

PAZ, V.P.S.; OLIVEIRA, A.S.; PEREIRA, F.A.C. Irrigação: tecnologia e produtividade. **Bahia Agrícola**, Salvador, v.5, n.3, p. 30 – 37, 2003.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Viçosa, NEPUT, 1999. 304p.

SANTOS, R. A.; HERNANDEZ, F. B. T.; FERREIRA, E. J. S.; VANZELA, L. S.; LIMA, RONALDO C. Uniformidade de distribuição de água em irrigação por gotejamento em sub-superfície instalado na cultura de pupunheiras (*Bactris Gasipaes* H.B.K.). In: XXXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola Goiânia - GO, 2003 **Anais... XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**. Secretaria da Agricultura do Estado de Sergipe, <http://www.sagri.se.gov.br/> (2001).

SCALOPPI, J.E.; DIAS, K.F.S. Relação entre a pressão de operação e a uniformidade de distribuição de água de aspersores rotativos por impacto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, 1996, Bauru. **Resumos...** Bauru: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1996. CD Rom.

TOGNON, A. A. **Propriedades físico-hídricas do Latossolo Roxo da região de Guairá-SP sob diferentes sistemas de cultivo**. 1991. 85 f. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1991.

VAZ, C. M. P.; IOSSI, M. F.; NAIME, J. M.; MACEDO, A. **Validação de modelos para estimativa indireta da capacidade de retenção da água nos solos**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2004. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Comunicado Técnico, 61).

ZUCOLOTO, M.; SENNA, R. S. DE; POLASTRERI, R.; PASSOS, R. R.; GRIFFO, E. Análise granulométrica de um Latossolo Vermelho-Amarelo em três diferentes coberturas vegetais. **XI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba**, São José dos Campos – SP, p. 3424-3427, 2007.

CAPITULO 1

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA EM SOLOS DO PERÍMETRO IRRIGADO DO FORMOSO, BOM JESUS DA LAPA, BAHIA

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA EM SOLOS DO PERÍMETRO IRRIGADO DO FORMOSO, BOM JESUS DA LAPA, BAHIA

Autor: Ronaldo Pedreira dos Santos

Orientador: Francisco Adriano de C. Pereira, Dr.

RESUMO: Com o objetivo de avaliar as características físico-hídricas dos solos do Perímetro Irrigado do Formosos em Bom Jesus da Lapa – Ba, como base para definir práticas de manejo de solo e da irrigação, foram coletadas amostras em duas profundidades (0-30cm e 30-60cm) de diferentes perfis de solos cultivados com várias culturas, solos estes classificados como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (NQ), LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (LVAd), ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (PVAd) e ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico (PVAe), determinando-se a granulometria, densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade, curva de retenção de água no solo, água disponível e disponibilidade total de água no solo (DTA). O perímetro irrigado de Formoso apresenta solos que são fisicamente bem distintos, necessitando de manejos diferenciados quanto à irrigação. Verificou-se que os solos amostrados apresentam-se dentro da normalidade, levando a se ter preocupação com o seu manejo para evitar a compactação e que a disponibilidade de água (amplitude de 0,45 mm/cm a 1,00 mm/cm) que depende da diferença entre a capacidade de campo, além da densidade aparente do solo, que variou de 1,23 a 1,86 kg/dm³, devendo ser instalados tensiômetros, para a determinação do momento correto da irrigação, onde água retida a 0,30 e 0,60m de profundidade, a uma tensão de -100 kPa, é um bom indicativo do momento correto para iniciar as irrigações.

PALAVRAS-CHAVE: granulometria, porosidade, retenção de água e água disponível.

PHYSICAL CHARACTERIZATION OF SOIL-WATER IN THE FORMOSO IRRIGATED PERIMETER, BOM JESUS DA LAPA, BAHIA

Author: Ronaldo Pedreira dos Santos

Advisor: Francisco Adriano de C. Pereira, Dr.

ABSTRACT: In order to evaluate the physico-hydric soils of the Irrigated Perimeter of Formoso in Bom Jesus da Lapa - Ba, as a basis for defining practices of soil management and irrigation, samples were collected in two different depths (0-30cm and 30-60cm) of different profiles of soils cultivated with various crops, the land classified as PSAMENT (NQ), Red-YELLOW Distrophic (LVAd), Red-YELLOW Distrophic (PVAd) and Eutrophic Red-Yellow (PVAe) , determining the size, bulk density, total porosity, macro and microporosity, soil water retention curve in the soil, available water and total water availability in the soil (DTA). The perimeter of irrigated land Formoso displays which are physically very different, requiring different management on irrigation. It was found that the soil samples showed within normal limits, has led to concern about its management to avoid compaction and the availability of water (range of 0.45 mm / cm to 1.00 mm / cm) which the difference between the field capacity, in addition to the apparent density of soil, which ranged from 1.23 to 1.86 kg/dm³, tensiometers should be installed, to determine the correct time of irrigation, where water retained at 0,30 and 0,60m depth, a stress of -100 kPa, is a good indication of the correct time to start irrigation.

Key-words: grain size, porosity, water retention and available water.

INTRODUÇÃO

Os perímetros irrigados do vale da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), exercem papel relevante no cenário econômico do Nordeste pois, além de gerar emprego e renda para a maioria da população, contribuem com parte expressiva da receita proveniente da atividade agropecuária. Apesar do agronegócio ser considerado rentável, são vários os problemas enfrentados pela cadeia produtiva, destacando-se as relações entre as propriedades físicas dos solos e os fatores físicos de crescimento, cuja combinação, se inadequada, poderá promover quedas

significativas na produtividade e elevação dos custos de produção, principalmente em sistemas irrigados.

O conhecimento das propriedades hídricas do solo, como por exemplo, a condutividade hidráulica, porosidade, densidade do solo e de partículas, capacidade de retenção de água no solo, é fundamental para o estabelecimento de boas práticas agrícolas, bem como de técnicas de irrigação e drenagem. Esta caracterização detalhada possibilitará estudos mais precisos sobre o comportamento da água no solo, estando diretamente relacionada à disponibilidade de água às plantas.

Segundo REINERT (2006) duas propriedades físicas, hierarquicamente mais importantes, referem-se à textura do solo, que é definida pela distribuição de tamanho de partículas, e a estrutura do solo definida pelo arranjo das partículas em agregados. A porosidade do solo, por sua vez, é responsável por um conjunto de fenômenos e desenvolve uma série de mecanismos de importância na física de solos, tais como retenção e fluxo de água e ar, e, se analisada conjuntamente com a matriz do solo, gera um grupo de outras propriedades físicas do solo associadas às relações de massa e volume das fases do sistema solo. Não menos importante são as propriedades associadas à reação mecânica do solo à aplicação de forças externas.

O conceito de capacidade de campo vem sendo estudado por diversos pesquisadores ao longo dos anos, no entanto, Veihmeyer et al (1949) começaram a estudar através de seus trabalhos referido-se a capacidade de campo como sendo "a quantidade de água retida no solo após o excesso de água ter drenado e a sua taxa de movimento ter praticamente cessado o que geralmente ocorre dois ou três dias após uma chuva ou irrigação em solos permeáveis de estrutura e textura uniforme".

Para Hillel (1970) a capacidade de campo é definida como "o teor de água remanescente na zona de drenagem, depois de ter o escoamento se tornado igual a zero".

A quantidade de água disponível para as plantas é definida pela diferença entre a umidade da capacidade de campo e de ponto de murcha permanente, porém valores isolados destes pouco podem dizer sobre a quantidade de água disponível para as plantas (REICHARDT, 1987).

Apesar da forma de cálculo da água disponível levar em consideração a capacidade de campo e ponto de murcha permanente, segundo Jong Van Lier (2000) a definição de capacidade de campo é imprecisa e, muitas vezes, mal-entendida como o teor máximo de água que o solo pode reter contra a força da gravidade e, ainda, que uma definição mais precisa está no fato de a capacidade de campo ser de grande importância agrônômica, sobretudo na estimativa da capacidade de água disponível para as plantas ou para a agricultura irrigada. Para o ponto de murcha permanente, conceituado como o teor de água de um solo no qual as folhas de uma planta que nele cresce atingem, pela primeira vez, um murchamento irreversível, aceitando-se que a umidade no ponto de murcha permanente seja equivalente à umidade sob tensão de 1500 kPa.

A física de solos estuda e define, qualitativa e quantitativamente, as propriedades físicas, bem como sua medição, predição e controle, com o objetivo principal de entender os mecanismos que governam a funcionalidade dos solos e seu papel na biosfera. A importância prática de se entender o comportamento físico do solo está associada ao seu uso e manejo apropriado, ou seja, orientar irrigação, drenagem, preparo e conservação de solo e água.

A definição de um solo fisicamente ideal é difícil devido ao tipo e natureza das variações físicas dos solos que ocorrem ao longo da profundidade do solo, na superfície da paisagem e ao longo do tempo. Um exemplo clássico refere-se ao suprimento de água e ar que variam continuamente junto com os ciclos de umedecimento e secagem, que ocorrem com a alternância de chuva e estiagem. Um solo é considerado fisicamente ideal para o crescimento de plantas quando apresenta boa retenção de água, bom arejamento, bom suprimento de calor e pouca resistência ao crescimento radicular. Paralelamente, boa estabilidade dos agregados e boa infiltração de água no solo são condições físicas importantes para qualidade ambiental dos ecossistemas. (REINERT, 2006)

A classificação mais usual da porosidade refere-se à sua distribuição de tamanho. A mais usual é a classificação da porosidade em duas classes: micro e macroporosidade. A microporosidade é uma classe de tamanho de poros que, após ser saturada em água, a retém contra a gravidade. Os macroporos, ao contrário, após serem saturados em água não a retém, ou são esvaziados pela ação da gravidade. A funcionalidade desses poros fica evidente quando se considera que os microporos são os responsáveis pela retenção e

armazenamento da água no solo e os macroporos responsáveis pela aeração e pela maior contribuição na infiltração de água no solo.

A compactação do solo pelo uso de práticas inadequadas de manejo resulta diretamente em aumento na densidade do solo e, por consequência, em alterações detrimenais em outras propriedades físicas, tais como: a porosidade do solo, a retenção de água, a aeração e a resistência do solo à penetração das raízes (LETEY, 1985).

A densidade do solo é um importante indicativo das condições de manejo do solo, pois esta propriedade reflete o arranjo das partículas do solo, que por sua vez define as características do sistema poroso. O aumento da densidade do solo restringe o crescimento radicular à medida que a raiz encontra poros menores e em menor número. E o estudo das transformações que ocorrem no solo, resultantes do uso e manejo, é de grande valia na escolha do sistema mais adequado para que se recupere a potencialidade do solo (FERNANDES, 1982).

O manejo da irrigação de uma cultura deve ser feito com base em critérios que possibilitem a aplicação de água no solo, de forma a promover produção ótima, do ponto de vista econômico. (TORMENA *et al* 1999)

Para a determinação do volume de água retido no solo e disponível às plantas, é imprescindível quantificar o teor de água do solo (TAS) na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP). (KLEIN, 2006)

O conhecimento das propriedades hídricas do solo é fundamental para o estabelecimento de boas práticas agrícolas, bem como de técnicas de irrigação e drenagem. Entretanto, a determinação convencional da curva de retenção da água no solo é tão trabalhosa e demorada que inviabiliza análises de numerosos conjuntos de amostras, requeridos pela agricultura de precisão para o manejo do solo. (Vaz *et al.*2004)

A quantificação da água disponível às plantas, situada entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), é necessária para o manejo da água do solo em agricultura irrigada, com reflexos nos cálculos da lâmina de água de irrigação; contudo, esses limites têm sido objeto de crítica e estudos (Reichardt, 1988; Carlesso, 1995; Souza & Reichardt, 1996).

A capacidade de um solo em armazenar água para o crescimento e desenvolvimento das plantas está diretamente relacionado a vários atributos

físicos dos solos, dentre eles a curva de retenção de água ou curva característica potencial-umidade (TORMENA *et al.* 1998).

O movimento da água no solo pode ocorrer por influência de diferentes forças. Em solos muito saturados e com presença de pequenos canais a água pode escoar com certa facilidade, movimentada basicamente pelas forças gravitacionais (percolação). Para solos apenas saturados a tensão superficial da água contida nesses pequenos canais poderá exceder a força gravitacional e provocar movimentos ascendentes (capilaridade).

Em solos não saturados as forças gravitacionais e a tensão superficial não são significativas para o movimento da água, porque não há massa suficiente para preencher os canais. (REICHARDT, 1990).

Objetivou-se, com este trabalho, realizar a caracterização físico-hídrica de solos nos Perímetros Irrigados do Vale da CODEVASF, no Estado da Bahia, visando contribuir para ajustes no sistema de produção irrigado. Espera-se que as informações obtidas, além de melhorar a produtividade das fruteiras, contribuam também para a economia de água e energia, e preserve os mananciais através da racionalização da água utilizada na irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

O estudo foi realizado em lotes irrigados representativos do Projeto Formoso, cultivados com culturas anuais e perenes, situados em perímetro da CODEVASF, Bahia. Algumas das culturas exploradas são, banana, melancia, goiaba, limão e cacau, como visto na tabela 1.

Tabela 1: Descrição dos lotes representativos do Perímetro Irrigado de Formoso.

LOTES	ÁREA (ha)	ÁREA IRRIGADA (ha)	SISTEMA	CULTURA
131	5,25	3,00	Microaspersão	banana
149	4,00	4,00	Microaspersão / Aspersão convencional	banana/cacau
391	4,50	4,50	Microaspersão	banana
468	4,30	4,30	Microaspersão / Aspersão convencional	banana
858	4,00	1,50	Microaspersão / Aspersão convencional	banana

919	4,30	2,20	Microaspersão / Aspersão convencional	banana
1096	4,00	4,00	Microaspersão / Aspersão convencional	banana
1448	3,50	3,50	Microaspersão / Aspersão convencional	banana
1462	6,32	6,32	Microaspersão	melancia/goiaba/limão
1516	6,20	5,00	Microaspersão / Aspersão convencional	banana/cacau
1537	6,50	6,50	Aspersão convencional	melancia
1585	6,50	6,50	Microaspersão	banana
1152	73		Microaspersão	Uva, mamão, banana, cacau
1140	120	103	Microaspersão	Banana, coco, manga

O Perímetro Irrigado de Formoso agrupa dois projetos de irrigação da CODEVASF e do Vale do Parnaíba, o Projeto Formoso A e o Projeto Formoso H; os mesmos localizam-se no Pólo de Desenvolvimento de Formoso/Correntina, Bahia, que abrange mais quatro perímetros: Correntina, Formosinho, Jaborandi, Vale do Iuiú. O Perímetro situa-se no município de Bom Jesus da Lapa, na bacia do Rio Corrente, médio São Francisco, no oeste baiano, com capacidade de uma área irrigável de 12.716 ha, englobando os dois projetos. Os lotes avaliados correspondem a aproximadamente 2% do projeto.

Na Figura 1 está apresentada a localização dos Perímetros Irrigados, o qual faz parte dos Projetos de Irrigação da Área da 2ª Superintendência Regional da CODEVASF.

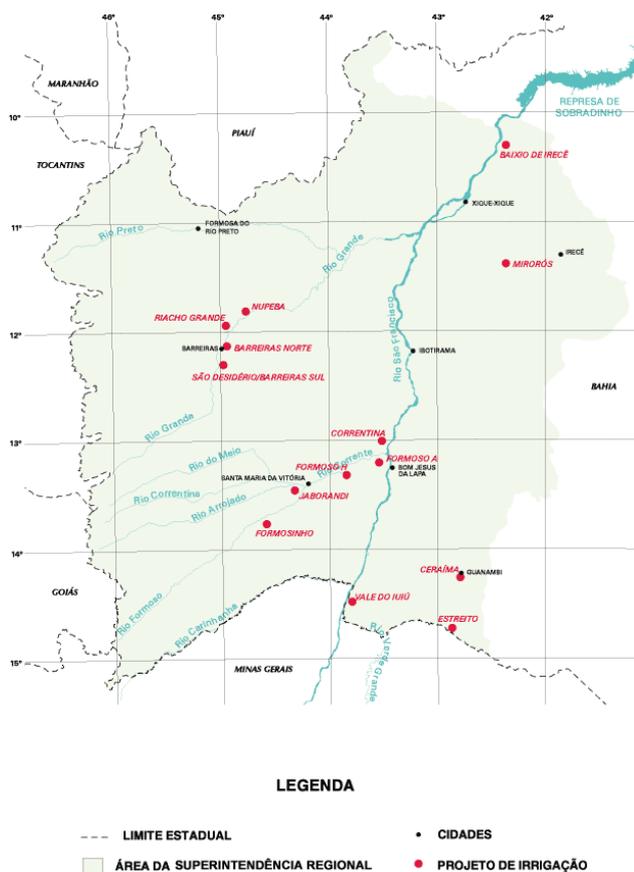


Figura 1 - Projetos de Irrigação na Área da 2ª Superintendência Regional.

O projeto Formoso A possui área total de 8.373 ha, encontrando-se em final de implantação e iniciado o processo de ocupação. A divisão da área do projeto está compreendida em 705 lotes de pequenos produtores e 112 lotes empresariais. Em 1998, uma área de 2.615 ha já tinha sido ocupada por 620 pequenos irrigantes, 3.084 ha por 68 empresas, 58 ha por 12 técnicos em ciências agrárias.

O projeto Formoso H abrange uma área total de 4.343 ha, encontrando-se em fase final de implantação e ocupação. A divisão da área do projeto estabelece 218 lotes para pequenos irrigantes, 52 lotes para técnicos em ciências agrárias, 25 lotes para microempresas e 43 lotes para empresas. Há uma área de 1.730 ha que constituem reserva legal e preservação permanente.

A principal fonte hídrica desse projeto é o rio Corrente. O projeto teve início de funcionamento em 1989 e início da co-gestão com o Distrito de Irrigação de Formoso (DIF) no mesmo ano.

Nas Figura 2 e 3 estão apresentados os croquis das áreas dos Perímetros Irrigados de Formoso A e Formoso H com a distribuição das áreas irrigáveis, de preservação permanente, de reservas legal, inundáveis e áreas construídas.

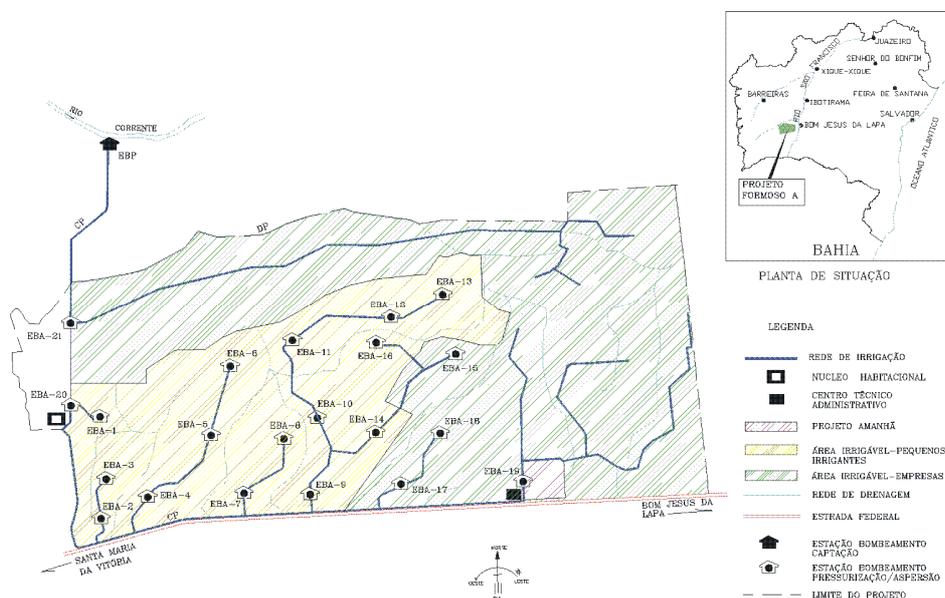


Figura 2 – Croqui do Perímetro Irrigado de Formoso A.

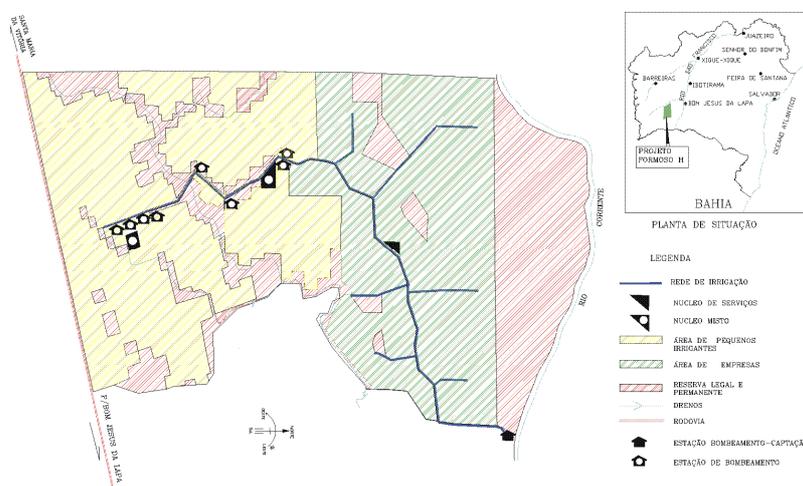


Figura 3 – Croqui do Perímetro Irrigado de Formoso H.

Caracterização climatológica

O clima da região, segundo a classificação de Thornthwaite, é semi-árido. Temperatura média anual 25,3°C. Pluviosidade média anual 830,5 mm, índice de aridez de 44,7; índice de umidade de 3,3 e índice hídrico de -23,5. Mais de 90% da precipitação ocorrem de novembro a março, demarcando duas estações climáticas distintas: a chuvosa e a seca. O clima no Vale do São Francisco (Oeste da Bahia) é influenciado por diferentes massas de ar, com movimentação geral de aproximadamente NE-SW na primavera e E-W no outono e inverno. A altitude é de aproximadamente 483,8 m.

Com uma evapotranspiração potencial média, segundo Hargreaves, para o posto de Bom Jesus da Lapa, da ordem de 1.880 mm anuais, o déficit hídrico médio é de 1.055 mm/ano.

Solos

Os solos da região tem formação a partir de coberturas detríticas, que está relacionada com depressões pediplanas do Vale do São Francisco com modelados de topografia aplainada, relevo plano e suave ondulado, onde se desenvolvem os solos classificados como: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (NQ), LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (LVAd), ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (PVAd) e ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico (PVAe), (Jacomine et al., 1976).

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) atualmente são classificados, respectivamente, como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (NQ), LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (LVAd), ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (PVAd) e ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico (PVAe).

Parâmetros avaliados

Granulometria:

Utilizaram-se amostras com estrutura deformada, retiradas por meio de trato tubular tipo sonda nas profundidades de 0-30 e 30-60 cm. Os locais de retiradas destas amostras simples foram obtidos de maneira aleatória, numa proporção de 3 por hectare, estas adicionadas a um balde. Ao final da coleta, retirou-se uma amostra composta para cada uma das profundidades. Após serem

secas ao ar, desagregadas e passadas por peneira com 2mm de abertura de malha, as amostras foram utilizadas para determinação da granulometria e densidade das partículas, com base em metodologia descrita no manual de métodos de análises físicas (EMBRAPA, 1997).

Curva de retenção, densidade do solo, porosidade, água disponível

Para determinação das curvas de retenção de água, densidade do solo e porosidade foram utilizadas amostras com estrutura indeformada, coletadas em camadas de solo. Foram retiradas duas amostras nas profundidades de 0-0,30 e 0,30-0,60m, por meio de um trado para amostras de solo indeformadas, com anéis de aço com 26,5mm de altura com volume de 50cm³. A escolha do ponto de amostragem foi realizada após percorrer o lote a fim de identificar o local de maior representatividade do mesmo. Para a coleta da amostra 0-30cm foi aberta uma trincheira até a profundidade de 15cm e então procedeu-se a coleta (Figura 4). Para a retirada da amostra de 30-60cm, a mesma trincheira foi reaberta, até a profundidade de 45cm. Após a coleta as amostras foram identificadas e embrulhadas em papel alumínio e postas individualmente em um saco plástico com objetivo de evitar a perda de umidade e assim acondicionadas em caixa de isopor.



Figura 4 – Coleta de amostra de solo indeformada.

Depois de feitas as coletas, as amostras foram devidamente enviadas para o IAC (Instituto Agrônomo - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais - Laboratório de Física do Solo), onde foram realizadas as análises.

Os ajustes das curvas de retenção da água no solo se deu com base na equação de van Genuchten (1980), equação (1)

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \left[\frac{1}{1 + (\alpha \psi_m)^n} \right]^m \quad (1)$$

onde θ_s e θ_r são as umidades na saturação e residual, respectivamente e α , n e m parâmetros de ajuste, os quais são obtidos neste trabalho, através do ajuste com a técnica de mínimos quadrados com a ferramenta Solver do Microsoft Excel. Considerou-se capacidade de campo (CC) a umidade do solo obtida com a aplicação da tensão de -10 kPa e, como ponto de murcha permanente (PMP), a obtida com a tensão de -1500 kPa. A água disponível foi determinada pela diferença entre CC e PMP. Para determinação da porosidade total, macro e microporosidade, utilizaram-se funis de placa porosa para a aplicação individual da tensão de -5 kPa.

Água disponível

Os valores de Água disponível (AD), Disponibilidade Total de Água (DTA), Capacidade Total de Água (CTA) e Capacidade Real de Água (CRA), foram calculados apartir das equações 2, 3, 4 e 5 respectivamente.

$$AD = \left(\frac{\theta_{ua} - \theta_{pmp}}{\theta_{cc} - \theta_{pmp}} \right) * 100 \quad (2)$$

$$DTA = \frac{(\theta_{cc} - \theta_{pmp})}{10} \quad (3)$$

$$CTA = DTA * Z \quad (4)$$

$$CRA = \frac{(\theta_{cc} - \theta_{ua}) \cdot Z}{10} \quad (5)$$

Onde θ_{cc} , θ_{pmp} e θ_{ua} são as umidade na capacidade de campo, umidade no ponto de mucha permanente e umidade atual (para o $\Psi_m = -500$ kPa), respectivamente e Z profundidade efetiva.

Quadro 1: Variáveis e indicadores usados no levantamento de alguns aspectos físicos, sócio-econômico e ambientais do Projeto Formoso.

VARIÁVEL	INDICADORES	PARÂMETROS			
SOLO	TEXTURA ¹	Granulometria	Classificação		
		Areia, silte e argila	Triângulo textural		
	COMPACTAÇÃO ²	TEXTURA	Valores de Densidade Global (Mg.dm ⁻³)		
			Normal	Levemente compactado	Muito Compactado
		Arenosa e/ou Franca	1,2-1,8	>1,8<2,0	>2,0
		Franco siltosa, franco argilo e/ou argilosa	1,0-1,6	>1,6<2,0	>2,0
	POROSIDADE ³	TEXTURA	Macroporosidade (m ³ .m ⁻³)		
		Arenosa, franca e/ou argilosa	0,20 a 0,30		
	LIMITE SUPERIOR DA ÁGUA DISPONÍVEL ⁴	TEXTURA	Tensão da água no solo (kPa)		
		Arenosa e/ou Franca	10		
		Franco siltosa, franco argilosa e/ou argilosa	30		
	LIMITE INFERIOR DE ÁGUA DISPONÍVEL ⁵	TEXTURA	Tensão da água no solo (kPa)		
Arenosa, franca e/ou argilosa		1500			
ÁGUA DISPONÍVEL ⁶	TEXTURA	CTA (mm)			
	Arenosa	12 a 24			
	Franca	12 a 48			
	Argilosa	36 a 72			

¹ Klute (1986), Lemos e Santos (1996); ² Brady (1989); ³ Danielson e Sutherland (1986); ⁴ Jamilson (1953) e Reichardt (1988); ⁵ Reichardt e Timm (2004) e ⁶ Bernardo et AL (2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição do tamanho das partículas “Granulometria”

Os dados da análise granulométrica permitiram separar os solos em três grupos distintos, quanto à textura: a) argilosa, argilo arenosa e franco argilo arenosa (Tabela 2). Os dados ora obtidos aproximaram-se da maioria daqueles citados por Jacomine et al. (1976), para os referidos solos.

Na Tabela 2, é possível observar que existe uma homogeneidade entre os teores granulométricos, tanto nas profundidades de 0-0,30m quanto nas profundidades de 0,30-0,60m, classificando assim, alguns lotes como franco argilo arenoso. Segundo REICHARDT (1990), os torrões mostram-se duros quando secos e quando molhados apresentam-se plásticos, podendo ser manuseados sem se romper.

Os demais lotes apresentam uma maior percentagem de argila em sua composição granulométrica e os teores granulométricos se mostram mais heterogêneos. Os solos dos locais de coleta são pedogeneticamente bem desenvolvidos e apresentam grande quantidade de frações de argila e areia fina na sua composição, principalmente nos de textura Franco Argila Arenosa.

Observa-se, no entanto, com base na segmentação da fração areia (Tabela 2), maior concentração de areia fina e areia grossa e grandes percentuais de argila na maioria dos lotes, o que deve contribuir para promover diferenciações nos atributos físicos dos solos avaliados. Diferenças entre solos a partir do fracionamento da areia total, foram também observadas por Souza et al (2001), que reforçam a contribuição dessa prática na distribuição do tamanho dos poros.

Tabela 2: Análise granulométrica do solo.

Identificação Lote/prof. (m)	Frações da amostra total %			Comp. Granulometrica (tfsa g/Kg)				Classe Textural
	Calh. 200 - 20 mm	Casc. 20 - 2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05- 0,002 mm	Argila <0,002 mm	
391 / 0-0,30	0	0	100	210	220	140	430	Argila
468 / 0-0,30	0	0	100	130	170	190	510	Argila
919 / 0-0,30	0	0	100	230	210	140	420	Argila
1096/0-0,30	0	0	100	210	210	170	410	Argila
1448/0-0,30	0	0	100	210	210	170	410	Argila
1462/0-0,30	0	0	100	210	220	140	430	Argila
1537/0-0,30	0	0	100	220	220	140	420	Argila
1516/0-0,30	0	0	100	240	310	70	380	Argila Arenosa
1140 / 0-0,30	0	0	100	250	230	100	420	Argilo Arenosa
1152 / 0-0,30	0	0	100	480	320	50	150	Franco Arenosa
131 / 0-0,30	0	0	100	290	300	100	310	Franco Argila Arenosa
149 / 0-0,30	0	0	100	340	310	80	270	Franco Argila Arenosa
858 / 0-0,30	0	0	100	280	260	120	340	Franco Argila Arenosa
1585/0-0,30	0	0	100	250	410	70	270	Franco Argila Arenosa
391 / 0,30-0,60	0	0	100	190	200	150	460	Argila
468 / 0,30-0,60	0	0	100	110	170	160	560	Argila
919 / 0,30-0,60	0	0	100	220	220	90	470	Argila
1096/ 0,30-0,60	0	0	100	200	200	150	450	Argila
1448/ 0,30-0,60	0	0	100	200	200	150	450	Argila
1462/ 0,30-0,60	0	0	100	190	200	150	460	Argila
1537/ 0,30-0,60	0	0	100	170	240	80	510	Argila
858 / 0,30-0,60	0	0	100	250	230	90	430	Argila Arenosa
1516/ 0,30-0,60	0	0	100	210	300	70	420	Argila Arenosa
1140/ 0,30-0,60	0	0	100	230	220	130	420	Argilo Arenosa
1152/ 0,30-0,60	0	0	100	420	350	50	180	Franco Arenosa
131/ 0,30-0,60	0	0	100	260	300	90	350	Franco Argila Arenosa
149 / 0,30-0,60	0	0	100	290	330	40	340	Franco Argila Arenosa
1585/ 0,30-0,60	0	0	100	240	400	90	270	Franco Argila Arenosa

Densidade do Solo

As médias das densidades do solo para as diferentes profundidades foram, $1,60 \text{ Mg.m}^{-3}$ na profundidade de 0-0,30m e $1,47 \text{ Mg.m}^{-3}$ na profundidade 30-60cm, vistos na tabela 3, observa-se também os desvios que foram de 16,19 % para a profundidade de 0-0,30m e de 18,33 % na profundidade de 0,30-0,60m, sendo considerado alto, havendo uma grande variação entre os valores de densidade do solo, tendo essa variação devido as diferentes texturas do solo. Valores semelhantes foram encontrados por (SOUZA, 2007).

A densidade global do solo, juntamente com a porosidade, dá uma idéia do seu grau de compactação. A densidade global varia de valores menores que $1,0 \text{ Mg.m}^{-3}$, geralmente em solos turfosos, a valores de até $1,9 \text{ Mg.m}^{-3}$, para solos com elevado grau de compactação. Em latossolos não compactados, o valor da densidade global gira em torno de 1 a $1,3 \text{ Mg.m}^{-3}$. Esse termo é também inadequadamente denominado densidade aparente.

Pode-se observar também que os lotes com textura franco argilo arenosa, possuem valores de densidade do solo maior que os argilosos, considerados normais segundo (REINERT, 2006) (propriedades físicas) que diz que os valores normais para solos arenosos variam de 1,2 a $1,9 \text{ Mg.m}^{-3}$, enquanto solos argilosos apresentam valores mais baixos, de 0,9 a $1,7 \text{ Mg.m}^{-3}$. Valores de D_s associados ao estado de compactação com alta probabilidade de oferecer riscos de restrição ao crescimento radicular situam-se em torno de $1,65 \text{ Mg m}^{-3}$ para solos arenosos e $1,45 \text{ Mg.m}^{-3}$ para solos argilosos e também para a infiltração e armazenamento de água no solo.

Porosidade

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados de porosidade dos solos nos lotes avaliados, confirmando a predominância de solos de textura Franco Argilo Arenosa e Argilas, o que comprova os resultados observados na porosidade. Esses resultados permitem inferir que os solos apresentam presença significativa de microporos, maiores do que 50% da porosidade total, indicando que os solos sofreram adensamento.

Tabela 3: Densidade do solo, porosidade total, microporosidade e macroporosidade nos lotes do projeto formoso.

Identificação da amostra	Densidade do solo Mg.m ⁻³	Porosidade total	Microporosidade e Macroporosidade	
			m ³ m ⁻³	
Lote 131- Prof. 0,0-0,30 m	1,75	0,50	0,35	0,15
Lote 131 - Prof. 0,30-0,60 m	1,62	0,57	0,35	0,22
Lote 149 - Prof. 0,0-0,30 m	1,71	0,49	0,36	0,13
Lote 149 - Prof. 0,30-0,60 m	1,43	0,55	0,38	0,17
Lote 391 - Prof. 0,0-0,30 m	1,38	0,57	0,39	0,19
Lote 391 - Prof. 0,30-0,60 m	1,41	0,59	0,40	0,18
Lote 468 - Prof. 0,0-0,30 m	1,56	0,64	0,50	0,14
Lote 468 - Prof. 0,30-0,60 m	1,33	0,65	0,45	0,20
Lote 858 - Prof. 0,0-0,30 m	1,59	0,56	0,38	0,18
Lote 858 - Prof. 0,30-0,60 m	1,34	0,60	0,40	0,20
Lote 919 - Prof. 0,0-0,30 m	1,67	0,55	0,39	0,16
Lote 919 - Prof. 0,30-0,60 m	1,37	0,58	0,38	0,20
Lote 1096 - Prof. 0,0-0,30 m	1,37	0,62	0,39	0,23
Lote 1096 - Prof. 0,30-0,60 m	1,23	0,65	0,39	0,26
Lote 1448 - Prof. 0,0-0,30 m	1,70	0,50	0,28	0,22
Lote 1448 - Prof. 0,30-0,60 m	1,86	0,49	0,33	0,16
Lote 1516 - Prof. 0,0-0,30 m	1,64	0,57	0,36	0,21
Lote 1516 - Prof. 0,30-0,60 m	1,48	0,55	0,37	0,19
Lote 1585 - Prof. 0,0-0,30 m	1,85	0,50	0,31	0,19
Lote 1585 - Prof. 0,30-0,60 m	1,50	0,59	0,35	0,25
Lote 1462 - Prof. 0,0-0,30 m	1,61	0,56	0,34	0,21
Lote 1462 - Prof. 0,30-0,60 m	1,51	0,54	0,35	0,19
Lote 1537 - Prof. 0,0-0,30 m	1,40	0,65	0,45	0,21
Lote 1537 - Prof. 0,30-0,60 m	1,35	0,65	0,46	0,19
Lote 1140 - Prof. 0,0-0,30 m	1,41	0,61	0,38	0,24
Lote 1140 - Prof. 0,30-0,60 m	1,39	0,62	0,41	0,21
Lote 1152 - Prof. 0,0-0,30 m	1,82	0,45	0,27	0,18
Lote 1152 - Prof. 0,30-0,60 m	1,83	0,47	0,28	0,19

Em metade dos lotes avaliados, nas profundidades de 0,30-0,60, a macroporosidade é maior do que nas camadas superiores, indicando que a compactação ocorre apenas nas camadas superficiais, com exceção dos lotes 391, 1140, 1152, 1448, 1462, 1516 e 1537, onde a macroporosidade diminui com a profundidade ou continua a mesma que na camada de 0-0,30m.

Considerando os valores de densidade do solo observados, a predominância de textura argilosa, argilo arenosa e franco argilo arenosa, nos solos avaliados e, também, considerando que o cultivo é sob irrigação, é de esperar-se resistência mecânica do solo ao crescimento radicular.

A maioria dos dados de porosidade total observados (tabela 3) estão situados em torno do valor médio da faixa de 0,45 a 0,60 m³/m³, citada por Hillel (1970) e Kiehl (1979) como sendo aquela normalmente verificada para a maioria dos solos minerais.

Quanto à distribuição do tamanho dos poros, de maneira geral os solos apresentaram valores de macroporosidade superiores a 10%, que geralmente é considerado o limite abaixo do qual começam a ocorrer problemas de aeração e de crescimento radicular. O equilíbrio entre macroporosidade (poros > 0,05 mm) e microporosidade (poros < 0,05 mm) também pode ser considerado satisfatório em todos os solos, permitindo-se pressupor uma boa redistribuição da água ao longo do perfil, sem que ocorram problemas de aeração para as raízes. A possibilidade de que ocorram tais problemas é maior nos solos, com predominância de microporosidade sobre macroporosidade.

De acordo com (REINERT, 2006), em solos arenosos há predominância de macroporos, enquanto em solos argilosos a tendência é predominar microporos. Nesse aspecto, a origem do tamanho de poros relaciona-se ao tamanho de partículas e são considerados de natureza textural ou porosidade textural.

Observa-se nos lotes, a microporosidade variando de 59,32% a 78,5%, e macroporosidade variando entre 21,5 % e 41,37% da porosidade total, onde, o máximo de microporos e o mínimo de macroporos foi observado no lote 468, profundidade 0-0,30m, e o contrário no lote 1585 na profundidade de 0,30-0,60cm.

Segundo Kiehl (1979), o volume e a natureza da porosidade de um solo estão correlacionados com outras propriedades, como a textura, a estrutura, a densidade aparente, a umidade do solo, etc., influenciando direta ou indiretamente, na infiltração, na permeabilidade ao ar e à água, na temperatura, na tensão da água e no crescimento das plantas.

Retenção de água no solo

As curvas de retenção de água apresentadas nas tabelas 4 e 5 são típicas de solos argilosos, em que o conteúdo de água do solo está situado entre 0 e -300 kPa.

Tabela 4: Parâmetros da equação de Van Genuchten ajustados com os dados da análise do solo, para a profundidade de 0-0,30 m.

LOTE	θ_s	θ_r	α	n	m	r^2
131	0,3765	0,1954	1,5433	2,1098	0,5260	0,7967
149	0,3576	0,1700	0,9987	1,8766	0,4671	0,8586
319	0,3867	0,1985	1,4330	2,0109	0,5027	0,8437
468	0,5149	0,3023	2,1230	1,7194	0,4184	0,8634
858	0,3776	0,1507	1,3299	2,0987	0,5235	0,8380
919	0,4027	0,2351	1,6506	1,6548	0,3957	0,8286
1096	0,3940	0,2135	1,4506	1,5488	0,3543	0,8178
1140	0,3794	0,2012	1,5059	1,4883	0,3281	0,8459
1152	0,2794	0,1020	1,6506	1,6548	0,3957	0,8638
1448	0,2940	0,0720	1,8506	1,5488	0,3543	0,8035
1516	0,3740	0,1919	1,5327	1,5710	0,3634	0,8024
1585	0,3402	0,1209	1,3274	1,6874	0,4073	0,7365
1462	0,3679	0,1651	1,6519	1,4085	0,2900	0,8208
1573	0,5050	0,2103	2,0986	1,3738	0,2721	0,7361

Tabela 5: Parâmetros da equação de Van Genuchten ajustados com os dados da análise do solo, para a profundidade de 0,30-0,60 m.

LOTE	θ_s	θ_r	α	n	m	r^2
131	0,3676	0,1530	1,5433	2,1098	0,5260	0,8176
149	0,3776	0,1507	1,3299	2,0987	0,5235	0,8032
319	0,4038	0,1985	1,3433	2,0010	0,5003	0,8499
468	0,4581	0,2159	1,9508	1,5412	0,3511	0,8236
858	0,3943	0,1599	1,3004	2,1001	0,5238	0,8257
919	0,3971	0,1898	1,8327	2,1912	0,5436	0,8065
1096	0,4097	0,1790	1,2345	1,7891	0,4411	0,8272
1140	0,4209	0,1898	1,4532	1,7128	0,4162	0,8335
1152	0,3020	0,0819	1,8765	1,5712	0,3636	0,8267
1448	0,3402	0,0919	1,7653	1,7102	0,4153	0,8029
1516	0,3786	0,1906	1,5123	1,7662	0,4338	0,7988
1585	0,3578	0,1109	1,4512	1,6624	0,3985	0,8381
1462	0,3592	0,1200	1,4955	1,4233	0,2974	0,8343
1573	0,4658	0,2159	1,8508	1,4123	0,2919	0,8180

Pode-se verificar nas tabelas 4 e 5 a partir dos parâmetros que as curvas apresentam uma mesma tendência, com isso, podemos definir a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente para todos os lotes nas duas profundidades, onde apresentaram bom ajuste ($r^2 > 0,79$) a uma equação exponencial.

A partir da análise granulométrica do solo e das curvas de retenção, considerou-se como indicativo do ponto de murcha permanente o teor de água retida no solo sob tensão de -1500 KPa e, o da capacidade de campo, o retido a -10 KPa, segundo Richards (1947), para solos argilosos.

Com relação a tal atributo, Libardi (2002) ressalta a importância de estudos detalhados da caracterização hídrica dos solos, em particular no que diz respeito às propriedades de retenção (curva de retenção) de água no solo; alerta, ainda, que os estudos devem ser realizados por longo período para que se tenha uma idéia correta do regime hídrico no perfil.

Tais dados serão muito úteis no manejo da irrigação, de forma a melhorar a eficiência no uso da água, além de evitar o consumo elevado de energia, encharcamento e aeração deficiente para o sistema radicular das plantas, além de lixiviação de nutrientes.

Água disponível no solo

Nas tabelas 6 e 7, pode-se observar os valores de percentagem de água disponível nas respectivas tensões e umidades.

A quantificação da água disponível às plantas, situada entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), é necessária para o manejo da água do solo em agricultura irrigada, com reflexos nos cálculos da lâmina de água de irrigação; contudo, esses limites têm sido objetos de crítica e estudos (Reichardt, 1988; Carlesso, 1995; Souza & Reichardt, 1996).

Todos os lotes do projeto, por se tratar de solos com classes texturais tendendo de argiloso à franco argilo arenoso, têm o mesmo comportamento, sendo que só apresentam água disponível para as plantas até a tensão de -100 KPa. Em todos os lotes, os mesmos apresentam até 8% de água disponível, sendo que as plantas já estão sofrendo com déficit hídrico. A capacidade de campo nos perfis dos lotes foi definida em tensão de -10 kPa.

A umidade média para o potencial matricial de -10 kPa, representando a condição de capacidade de campo foi de $0,265 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^3$ para a profundidade de 0-0,30 m e de $0,26 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^3$ para a profundidade de 0,30-0,60 m. Já os valores de umidade para o potencial matricial de -1500 kPa, assumido como ponto de murcha permanente foi de $0,185 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^3$ para a profundidade de 0-0,30 m e de $0,165 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^3$ para a profundidade de 0,30-0,60 m.

Tabela 6: Valores de umidade e distribuição de água disponível no perfil do solo em todos os lotes do perímetro na profundidade de 0 - 0,30m.

LOTES										
ψ_m (KPa)	131		149		391		858		919	
	Θ_{ua}^1 (m ³ /m ³)	AD %	θ_{ua}	AD %						
0	0,36765	-	0,37764	-	0,40386	-	0,39430	-	0,39717	-
10	0,26406	100,00	0,28260	100,00	0,32109	100,00	0,21078	100,00	0,27844	100,00
30	0,19135	34,26	0,1989	36,25	0,24790	39,79	0,21078	100,00	0,21664	30,11
60	0,17102	15,88	0,17371	17,02	0,223759	19,92	0,18414	46,96	0,20164	13,15
100	0,16323	8,84	0,16388	9,53	0,21373	11,67	0,17376	26,29	0,19624	7,04
300	0,15599	2,29	0,15465	2,50	0,20360	3,34	0,16401	6,88	0,19151	1,69
500	0,15468	1,10	0,15295	1,20	0,20157	1,67	0,16222	3,32	0,19071	0,79
800	0,15397	0,47	0,15204	0,51	0,20043	0,73	0,16126	1,41	0,19030	0,32
1000	0,15375	0,26	0,15175	0,29	0,20004	0,42	0,16096	0,79	0,19017	0,18
1500	0,15346	0,00	0,15137	0,00	0,19954	0,00	0,16056	0,00	0,19001	0,00
ψ_m (KPa)	1096		1140		1152		1448		1516	
	Θ_{ua} (m ³ /m ³)	AD %	θ_{ua}	AD %						
0	0,40971	-	0,42097	-	0,30209	-	0,3402	-	0,37862	-
10	0,33416	100,00	0,33827	100,00	0,21889	100,00	0,2370	100,00	0,30607	100,00
30	0,25783	49,60	0,26814	51,14	0,16205	55,67	0,16614	49,51	0,24793	48,33
60	0,22592	28,53	0,23864	30,59	0,13667	35,88	0,13801	29,48	0,22499	27,95
100	0,21057	18,39	0,22392	20,34	0,12299	25,20	0,12411	19,58	0,21397	18,16
300	0,19231	6,33	0,20542	7,45	0,10390	10,31	0,10670	7,18	0,20070	6,36
500	0,18789	3,41	0,20065	4,12	0,09833	5,98	0,1022	3,97	0,19743	3,46
800	0,18512	1,59	0,19755	1,96	0,09446	2,96	0,09927	1,89	0,19536	1,62
1000	0,18413	0,93	0,19640	1,16	0,09296	1,78	0,09819	1,12	0,19461	0,95
1500	0,18272	0,00	0,19473	0,00	0,09067	0,00	0,09662	0,00	0,19354	0,00

¹ Θ_{ua} = umidade atual; AD = água disponível

Tabela 7: Valores de umidade e distribuição de água disponível no perfil do solo em todos os lotes do perímetro na profundidade de 0,30 - 0,60m.

LOTES										
ψ_m (KPa)	131		149		391		858		919	
	Θ_{ua}^1 (m ³ /m ³)	AD %	θ_{ua}	AD %						
0	0,50226	-	0,48640	-	0,57248	-	0,56116	-	0,54901	-
10	0,28916	100,00	0,30585	100,00	0,30577	100,00	0,33733	100,00	0,33974	100,00
30	0,22469	30,88	0,2329	45,38	0,23682	35,21	0,26588	41,36	0,28911	49,40
60	0,21069	15,88	0,20847	27,05	0,21977	19,18	0,24568	24,78	0,27216	32,46
100	0,20412	8,84	0,19484	16,84	0,21125	11,18	0,23453	15,64	0,26178	22,07
300	0,19801	2,29	0,17956	5,39	0,20272	3,17	0,22179	5,18	0,24816	8,46
500	0,19690	1,10	0,17613	2,82	0,20103	1,58	0,21883	2,75	0,24447	4,77
800	0,19631	0,47	0,17407	1,28	0,20008	0,69	0,21702	1,26	0,24200	2,31
1000	0,19612	0,26	0,17336	0,74	0,19977	0,39	0,21638	0,74	0,24107	1,38
1500	0,19588	0,00	0,17237	0,00	0,19935	0,00	0,21548	0,00	0,23969	0,00
ψ_m (KPa)	1096		1140		1152		1448		1516	
	Θ_{ua} (m ³ /m ³)	AD %	θ_{ua}	AD %						
0	0,61964	-	0,614085	-	0,45037	-	0,49917	-	0,56620	-
10	0,33917	100,00	0,32776	100,00	0,21271	100,00	0,21310	100,00	0,31471	100,00
30	0,28768	55,71	0,28038	58,38	0,15912	49,40	0,15255	53,77	0,26211	54,12
60	0,2679	38,69	0,26135	41,67	0,14118	32,46	0,13075	37,12	0,24263	37,13
100	0,25487	27,49	0,24839	30,28	0,13018	22,07	0,11656	26,31	0,23002	26,14
300	0,23625	11,46	0,22896	13,22	0,11577	8,46	0,09648	10,96	0,21234	10,71
500	0,23070	6,69	0,22286	7,86	0,11186	4,77	0,09050	6,39	0,20717	6,21
800	0,22679	3,33	0,21844	3,98	0,10925	2,31	0,08630	3,18	0,20358	3,07
1000	0,22526	2,02	0,21667	2,43	0,10827	1,38	0,08465	1,93	0,20218	1,85
1500	0,22292	0,00	0,21391	0,00	0,10681	0,00	0,08213	0,00	0,20006	0,00

¹ Θ_{ua} = umidade atual; AD = água disponível

Adotando-se os valores obtidos em cada curva de retenção apresentada, pode-se calcular a Disponibilidade Total de Água (DTA), visto na Tabela 8. Em média, a DTA desses solos variou de 1,0 a 0,45 mm.cm⁻¹. De uma maneira geral, verificou-se que não houve grandes variações na capacidade de água disponível nos solos nas profundidades avaliadas. Entretanto, deve-se atentar de maneira criteriosa para a análise das curvas de retenção de água, dentro das faixas de potencial matricial que permitem às culturas exteriorizar máxima produtividade. Analisando-se a faixa de potencial matricial entre -10 a -100 kPa, verificou-se que a disponibilidade de água é muito pequena, caracterizando a necessidade de grande acuidade no manejo da irrigação. Estas estimativas permitem inferir que o manejo da irrigação deve seguir o critério de aplicação de água em menores volumes com maior frequência, maximizando o aproveitamento da água pelas culturas e minimizando as perdas por percolação profunda.

Tabela 8: Valores de Disponibilidade total de água (DTA), Capacidade total de água (CTA) e Capacidade Real de Água (CRA).

LOTES	DTA (mm.cm ⁻¹)	CTA (mm)	CRA (mm)
131	0,45	27	3
149	0,65	39	9
391	0,85	51	18
468	0,70	42	15
858	0,60	36	12
919	0,60	36	6
1096	0,70	42	12
1140	0,80	48	6
1152	0,75	45	9
1448	0,75	45	9
1462	0,80	48	3
1516	0,75	45	3
1537	1,00	60	6
1585	0,75	45	6

Conclusões

Os atributos físicos e hídricos do solo estudados permitiram uma melhor caracterização dos lotes estudados.

Os valores obtidos para capacidade de campo e ponto de murcha em cada amostra foram semelhantes nas duas profundidades estudadas.

A água retida a 0,30 e 0,60m de profundidade, a uma tensão de -100 kPa, é um bom indicativo do momento correto para iniciar as irrigações em todos os lotes; nestas condições há redução na altura de planta e no índice de área foliar, sem redução na produtividade.

Os solos analisados apresentam uma boa capacidade de armazenamento de água (DTA), entretanto quando se estabelece a lâmina de reposição baseando-se no potencial matricial adequado para uma boa exteriorização da produtividade das culturas, verificou-se que a capacidade real de água (CRA) a ser reposta é muito pequena, o que levaria ao estabelecimento de turnos de rega com intervalos entre um a dois dias.

Conclui-se que os solos amostrados apresentam dentro da normalidade, levando a se ter preocupação com o seu manejo para evitar a compactação e que a disponibilidade de água (amplitude de 0,45 mm/cm a 1,00 mm/cm) que depende da diferença entre a capacidade de campo, além da densidade aparente do solo, que variou de 1,23 a 1,86 kg/dm³.

Pode-se concluir que para o manejo adequado da água deve-se basear na capacidade de retenção de água de cada solo, instalando-se tensiômetros nas áreas de produção.

Bibliografia

CARLESSO, R. **Absorção de água pelas plantas: Água disponível versus extraível e a produtividade das culturas.** Ciência Rural, Santa Maria, v.25, p.183-88, 1995.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

HILLEL, D.; KRENTOS, V.D. & STYLIANOU, Y. Procedure and test of an internal drainage method for measuring soil hydraulic characteristics in situ. **Soil Science Society of America Journal**, 114:395-400, 1972.

JACOMINE, P. K. T. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem esquerda do Rio São Francisco, Estado da Bahia**. Recife: Embrapa-Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos/Sudene-Divisão de Recursos Renováveis, 1976. 404 p. (Boletim Técnico, 38).

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia – relação solo-planta**. SÃO PAULO, CERES, 1978. p 262.

KLEIN; V.A, REICHERT, J.M; REINERT, D.J, Água disponível em um Latossolo Vermelho argiloso e murcha fisiológica de culturas, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.10, n.3, p.646–650, 2006 Campina Grande, PB.

FERNANDES, M. R. **Alterações em propriedade de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, fase cerrado, decorrentes da modalidade de uso e manejo**. 1982. 65p. Tese (Magister Scientiae), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 1982.

LIBARDI, P. L., **Dinâmica da água nos solos de tabuleiro**. In: Araújo, Q. R. de. (org.). 500 anos de uso do solo no Brasil. Ilhéus: UESC, 2002. p.581-596.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. 2.ed. Piracicaba, 2000. 509p.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advanced Soil Science**., 1:277-294, 1985.

REICHARDT, K. Capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, p.211-216, 1988.

REICHARDT, K.. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Editora Manoele Ltda, 1990.

REINERT , D.F; REICHERT, J.M.; **Propriedades físicas do solo**, Ed 1, Santa Maria – RS, UFSM, 2006.

RICHARDS, L.A. Pressure membrane apparatus construction and use. **Agricultural Engineering**, v.28, p.451-454, 1947.

SOUZA, L. D.; REICHARDT, K. Estimativas da capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.183- 189, 1996.

SOUZA, L. da S., BORGES, A.L., CORDEIRO, Z.J.M. **Atributos físicos de solos cultivados com bananeira, sob irrigação, em áreas de produção integrada, no Projeto Formoso, Bom Jesus da Lapa, Bahia.** In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS e SEMINÁRIO SOBRE SISTEMA AGROPECUÁRIO DE PRODUÇÃO INTEGRADA, 10. e 2., 2008, Ouro Preto. **Anais...** Viçosa: UFV, 2008. 1 CD-Rom.

SOUZA, L. da S.; SOUZA, L.D.; CALDAS, R.C. **Identificação da coesão com base em atributos físicos convencionais em solos dos Tabuleiros Costeiros.** In: Cintra, F.L.D; Anjos, J.L. dos; Ivo, W.M.P. de M. (eds) Workshop Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros, Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p.169-190.

TORMENA, C.A.; da SILVA, A.P; GONÇALVES, A.C.A; FOLEGATTI M.V. Intervalo ótimo de potencial da água no solo: um conceito para avaliação da qualidade física do solo e manejo da água na agricultura irrigada, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p.286-292, 1999 Campina Grande, PB, DEAg/UFPB

van Genuchten, M.T. van. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal, Madison**, v.44, p.892-898, 1980.

VAZ, C. M. P.; IOSSI, M. F.; NAIME, J. M.; MACEDO, A. **Validação de modelos para estimativa indireta da capacidade de retenção da água nos solos.** São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2004. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Comunicado Técnico, 61).

CAPITULO 2

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA EM SOLOS DO PERÍMETRO IRRIGADO DO FORMOSO, BOM JESUS DA LAPA, BAHIA

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA EM SOLOS DO PERÍMETRO IRRIGADO DO FORMOSO, BOM JESUS DA LAPA- BAHIA

Autor: Ronaldo Pedreira dos Santos

Orientador: Francisco Adriano de C. Pereira, Dr.

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi caracterizar quimicamente os solos do Perímetro Irrigado do Formoso em Bom Jesus da Lapa, BA, visando fornecer subsídios para um adequado manejo de culturas e do solo. Foram coletadas amostras compostas em 14 lotes nas profundidade de 0-30 cm e 30 a 60 cm, em pontos aleatórios, abrangendo toda a superfície do perímetro. Foram avaliados teores de pH, macronutrientes (Ca, Mg, P, K e Na), além da percentagem de saturação de alumínio (m%), soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (CTC) e percentagem de saturação de bases (V). Apenas dois lotes e na profundidade de 30-60 cm (1516 e 1585) possuem teores não desejáveis de alumínio, em torno de 50%. Quanto aos nutrientes, observou-se que, com exceção do fósforo, todos apresentaram-se em níveis adequados, fazendo-se necessário a aplicação de superfosfato simples ou super fosfato tripro.

PALAVRAS-CHAVE: Fertilidade do solo, fósforo e correção.

CHEMICAL IN SOIL OF THE FORMOSO IRRIGATED PERIMETER, BOM JESUS DA LAPA, BAHIA

Author: Ronaldo Pedreira dos Santos

Advisor: Francisco Adriano de C. Pereira, Dr.

ABSTRACT: The objective of this work was chemically characterize the soil of the Irrigated Perimeter of Formoso in Bom Jesus da Lapa, BA, to provide adequate subsidies for crop management and soil. Composite samples were collected on 14 lots in the depth of 0-30 cm and 30 to 60 cm, at random, covering the whole surface of the perimeter. We assessed levels of pH, macronutrients (Ca, Mg, P, K and Na), plus the percentage of aluminum saturation (m%), total bases (S), cation exchange capacity (CEC) and percentage of saturation bases (V). Only two lots and the depth of 30-60 cm (1516 and 1585) are not desirable levels of aluminum, about 50%. As for nutrients, it was observed that with exception of phosphorus, all

submit themselves to appropriate levels, making it necessary to the application of single superphosphate or triple super phosphate.

Key-words: Soil fertility, phosphorus and correction.

INTRODUÇÃO

Não se pode ignorar a importância de solos férteis. Em ambientes naturais, sem limitação de chuvas, eles sustentam ecossistemas com florestas exuberantes, ricos em flora e fauna. Quando usados para a agricultura, permitem a obtenção de colheitas fartas, sem uso de fertilizantes, pelo menos enquanto a riqueza natural do solo em nutrientes para as plantas persistir.

Apesar de ser praticada há mais de um século, ainda se observa que não existe uma conscientização da maioria dos produtores quanto à importância da análise química do solo como ferramenta indispensável para orientar práticas de correção e a adubação, quando da implantação e/ou manutenção de qualquer cultivo. (CARVALHO, 2005)

Razões para caracterizar esta importância não faltam, considerando-se que a calagem e adubação, responsáveis por até 100% do aumento da produtividade dos cultivos, dependem do conhecimento prévio das características químicas do solo. E só a análise química do mesmo permitirá também a identificação de barreiras químicas, a exemplo do alumínio, que poderão prejudicar o desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

Segundo Malavolta, (1989), o conhecimento dos teores de nutrientes disponíveis no solo orientam na formulação das recomendações mais acertadas para a adubação das plantas, evitando-se o desperdício e o uso inadequado de adubos e corretivos e prejuízo, que haveria tanto nas despesas com adubação como na redução das colheitas.

As pesquisas mundiais indicam que, num curto prazo, nenhum outro fator causará maior impacto no aumento da produção agrícola do que o uso racional de fertilizantes e corretivos. Por isso é importante que o produtor torne o uso desta prática habitual e rotineira, não negligenciando, e fazendo a análise química do seu solo com antecedência que lhe permita a escolha de um bom calcário, para que sua incorporação ocorra antes da aração e/ou gradagem e adubação.

De acordo com Ribeiro (1999), a análise química dos solos tem grande importância para conhecimento de quais culturas se adaptam a determinadas características químicas e de nutrientes do solo. Por exemplo, se faltar cálcio, disponível para as plantas a raiz das plantas perdem a semi-permeabilidade e tornam-se mais permeáveis, perdendo a seletividade das raízes, permitindo a passagem de íons nutritivos ou não. Essa seletividade da raiz é definida pela quantidade de oxigênio presente, quanto maior for o abastecimento de oxigênio, melhor será a seletividade.

Uma agricultura moderna exige o uso de corretivos e fertilizantes em quantidades adequadas, de forma a atender a critérios racionais, que permitam conciliar o resultado econômico positivo com a preservação dos recursos naturais do solo e do meio ambiente e com a elevação constante da produtividade das culturas. (RAIJ, 1991)

A fertilização do solo pode parecer de fácil entendimento, entretanto as respostas das culturas às adubações têm indicado o contrário, pois as causas de malogro são várias. Para que se tenha uma maior resposta às adubações e conseqüentemente um maior coeficiente e aproveitamento do elemento pela planta, deve-se atentar para os seguintes pontos: ter pleno conhecimento dos materiais fertilizantes que vão ser empregados (características físicas, químicas e físico-químicas); determinar de forma coerente as quantidades dos adubos nitrogenado, fosfatado, e potássico (recomendações de adubação/análise química do solo); escolher sempre a época mais devida e o modo de aplicação que se adequem melhor. Como também é de suma importância que o comportamento químico desses adubos no solo seja bem entendido.

O sucesso da agricultura irrigada depende, além da qualidade da água fornecida às plantas, da drenagem da área e do manejo da fertilidade do solo (Chaves, et al., 2004). Segundo Mello et al. (1983), um solo pode ser considerado fértil, quando, além de conter quantidades suficientes e em proporções adequadas dos nutrientes essenciais às plantas e livre de elementos tóxicos, apresentar, também, propriedades físicas satisfatórias.

A interpretação correta da análise é de grande importância para que a restituição de elementos nutritivos que foram retirados do solo por colheitas

anteriores ou perdidos de diferentes modos sejam repostos de forma a mais aproximada das necessidades da cultura.

Embora possa parecer tarefa fácil, muitos erros na prática da adubação são provenientes de uma má interpretação da análise, às vezes ocorrendo por falta de conhecimento do assunto ou negligência de quem faz a interpretação dos parâmetros analisados.

Objetivou-se, com este trabalho, realizar a caracterização química de solos nos Perímetros Irrigados do Vale da CODEVASF, no Estado da Bahia, visando diagnosticar a situação em que se encontram e oferecer subsídios que possibilitem a recomendação do manejo mais adequado do mesmo contribuindo para ajustes no sistema de produção irrigado, como, por exemplo, a melhora na produtividade das fruteiras.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

O estudo foi realizado em lotes irrigados representativos do Projeto Formoso, cultivados com culturas anuais e perenes, situados em perímetro da CODEVASF, Bahia. Algumas das culturas exploradas são, banana, melancia, goiaba, limão e cacau, como visto na tabela 1.

Tabela 1: Descrição dos lotes representativos do Perímetro Irrigado de Formoso.

LOTES	ÁREA (ha)	ÁREA IRRIGADA (ha)	SISTEMA	CULTURA
131	5,25	3,00	Microaspersão	banana
149	4,00	4,00	Microaspersão / Aspersão convencional	banana/cacau
391	4,50	4,50	Microaspersão	banana
468	4,30	4,30	Microaspersão / Aspersão convencional	banana
858	4,00	1,50	Microaspersão / Aspersão convencional	banana
919	4,30	2,20	Microaspersão / Aspersão convencional	banana
1096	4,00	4,00	Microaspersão / Aspersão convencional	banana
1448	3,50	3,50	Microaspersão / Aspersão convencional	banana
1462	6,32	6,32	Microaspersão	melancia/goiaba/limão
1516	6,20	5,00	Microaspersão / Aspersão convencional	banana/cacau
1537	6,50	6,50	Aspersão convencional	melancia

1585	6,50	6,50	Microaspersão	banana
1152	73		Microaspersão	Uva, mamão, banana, cacau
1140	120	103	Microaspersão	Banana, coco, manga

O Perímetro Irrigado de Formoso agrupa dois projetos de irrigação da CODEVASF e do Vale do Parnaíba, o Projeto Formoso A e o Projeto Formoso H; os mesmos localizam-se no Pólo de Desenvolvimento de Formoso/Correntina, Bahia, que abrange mais quatro perímetros: Correntina, Formosinho, Jaborandi, Vale do Iuiú. O Perímetro situa-se no município de Bom Jesus da Lapa, na bacia do Rio Corrente, médio São Francisco, no oeste baiano, com capacidade de uma área irrigável de 12.716 ha, englobando os dois projetos. Os lotes avaliados correspondem a aproximadamente 2% do projeto.

Na Figura 1 está apresentada a localização dos Perímetros Irrigados, o qual faz parte dos Projetos de Irrigação da Área da 2ª Superintendência Regional da CODEVASF.

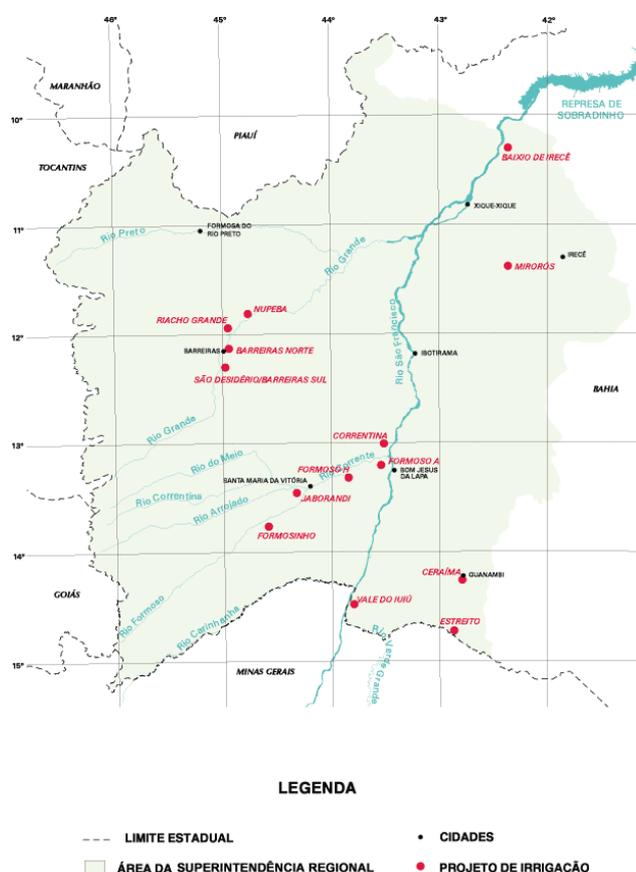


Figura 1 - Projetos de Irrigação na Área da 2ª Superintendência Regional.

O projeto Formoso A possui área total de 8.373 ha, encontrando-se em final de implantação e iniciado o processo de ocupação. A divisão da área do projeto está compreendida em 705 lotes de pequenos produtores e 112 lotes empresariais. Em 1998, uma área de 2.615 ha já tinha sido ocupada por 620 pequenos irrigantes, 3.084 ha por 68 empresas, 58 ha por 12 técnicos em ciências agrárias.

O projeto Formoso H abrange uma área total de 4.343 ha, encontrando-se em fase final de implantação e ocupação. A divisão da área do projeto estabelece 218 lotes para pequenos irrigantes, 52 lotes para técnicos em ciências agrárias, 25 lotes para microempresas e 43 lotes para empresas. Há uma área de 1.730 ha que constituem reserva legal e preservação permanente.

A principal fonte hídrica desse projeto é o rio Corrente. O projeto teve início de funcionamento em 1989 e início da co-gestão com o Distrito de Irrigação de Formoso (DIF) no mesmo ano.

Nas Figura 2 e 3 estão apresentados os croquis das áreas dos Perímetros Irrigados de Formoso A e Formoso H com a distribuição das áreas irrigáveis, de preservação permanente, de reservas legal, inundáveis e áreas construídas.

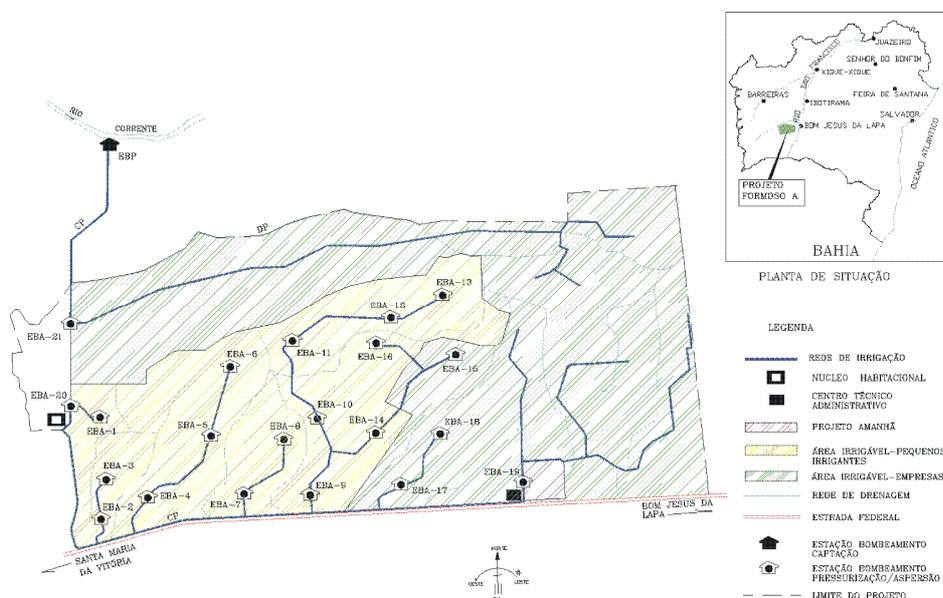


Figura 2 – Croqui do Perímetro Irrigado de Formoso A.

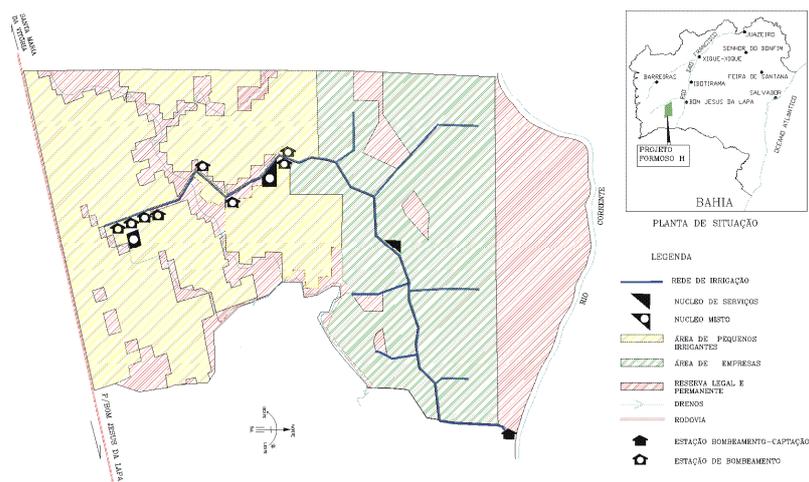


Figura 3 – Croqui do Perímetro Irrigado de Formoso H.

Caracterização climatológica

O clima da região, segundo a classificação de Thornthwaite, é semi-árido. Temperatura média anual 25,3°C. Pluviosidade média anual 830,5 mm, índice de aridez de 44,7; índice de umidade de 3,3 e índice hídrico de -23,5. Mais de 90% da precipitação ocorrem de novembro a março, demarcando duas estações climáticas distintas: a chuvosa e a seca. O clima no Vale do São Francisco (Oeste da Bahia) é influenciado por diferentes massas de ar, com movimentação geral de aproximadamente NE-SW na primavera e E-W no outono e inverno. A altitude é de aproximadamente 483,8 m.

Com uma evapotranspiração potencial média, segundo Hargreaves, para o posto de Bom Jesus da Lapa, da ordem de 1.880 mm anuais, o déficit hídrico médio é de 1.055 mm/ano.

Solos

Os solos da região tem formação a partir de coberturas detríticas, que está relacionada com depressões pediplanas do Vale do São Francisco com modelados de topografia aplainada, relevo plano e suave ondulado, onde se desenvolvem os solos classificados como: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (NQ), LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (LVAd), ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (PVAd) e ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico (PVAe), (Jacomine et al., 1976).

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) atualmente são classificados, respectivamente, como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (NQ), LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (LVAd), ARGISSOLO VERMELHOAMARELO Distrófico (PVAd) e ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico (PVAe).

Parâmetros avaliados

Química do solo:

Para caracterização química dos solos foram retiradas amostras deformadas com trado tubular tipo sonda (Figura 4) nas profundidades de 0-30 e 30-60 cm, em pontos aleatórios, na proporção de 3 pontos/hectare. Após homogeneização foi obtida para cada profundidade uma amostra composta para análise.



Figura 4 – Coleta de amostra de solo deformada.

Tabela 2: Interpretação dos valores de m%.

m%	Classificação
0-15	Baixo (não prejudicial)
16-35	Médio (levemente prejudicial)
36-50	Alto (prejudicial)
>50	Muito Alto (muito prejudicial)

Fonte: Malavolta (1989)

Tabela 3: Valores de S, CTC e V encontrados em solos.

Cmol/dm³		Interpretação
< 2,5	S	Baixa
2,6 a 5,5		Média
> 5,5		Alta
< 5,0	CTC	Baixa
5,1 a 15,0		Moderada
15,0 a 50,0		Alta
> 50,0	V	Muito alta
(%)		Interpretação
< 50		Baixa
51 a 70	V	Média
71 a 80		Boa
> 80		Alta

Fonte: Seminário de Fertilidade do Solos, Manaus, 1992

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Química do Solo

Nas Tabelas 4 e 5 estão apresentadas as informações das análises químicas nas profundidades de 0-0,30 e 0,30-0,60m respectivamente. Neste trabalho, foram utilizadas variáveis de fertilidade do solo (pH em água, teor de matéria orgânica do solo, teores de P e K assimilável, teor de alumínio trocável, acidez potencial e teores de cálcio e magnésio trocáveis) para inferir a capacidade do solo.

Tabela 4: Análise química do solo de lotes do Perímetro Irrigado Formoso na profundidade de 0-0,30m.

Lote	pH (H ₂ O)	*mg/dm ³ P	* cmol _c /dm ³ de solo									%			*g/dm ³ M.O
			K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	Na ⁺	S.B	t	T	V	M	PST	
131	6,1	6,0	0,06	4,7	1,1	0,0	2,0	0,03	5,9	5,9	7,9	75	0	0	14
149	6,5	18,0	0,08	4,7	1,0	0,0	1,6	0,03	5,8	5,8	7,4	78	0	0	12
391	7,0	27,0	0,25	8,3	1,6	0,0	1,5	0,05	10,3	10,3	11,8	87	0	1	17
468	7,1	4,0	0,27	11,6	2,8	0,0	1,6	0,04	14,7	14,7	16,3	90	0	0	27
858	7,0	5,0	0,16	9,2	2,0	0,00	1,5	0,04	11,4	11,4	12,9	88	0	0	24,0
919	6,5	15,0	0,09	6,6	1,2	0,0	1,8	0,04	7,9	7,9	9,7	81	0	0	17
1096	7,0	3,0	0,08	8,7	1,0	0,0	1,6	0,04	9,8	9,8	11,4	86	0	0	19
1140	5,9	50,0	0,67	8,0	1,2	0,0	3,1	0,09	9,9	9,9	13,0	76	0	1	18
1152	7,1	17,0	0,54	4,5	1,6	0,0	1,3	0,02	6,6	6,6	7,9	84	0	0	17
1448	6,6	4,0	0,06	3,5	0,4	0,0	1,3	0,03	4,0	4,0	5,3	75	0	1	12
1462	6,6	20,0	0,36	4,5	1,5	0,0	1,5	0,03	6,4	6,4	7,9	81	0	0	17
1516	6,2	6,0	0,25	4,4	1,4	0,0	1,8	0,04	6,1	6,1	7,9	77	0	1	14
1537	6,2	9,0	0,50	6,1	0,9	0,0	2,0	0,02	7,5	7,5	9,5	79	0	1	19
1585	6,2	4,0	0,09	3,1	1,0	0,0	1,6	0,04	4,2	4,2	5,8	72	0	1	11
MÁXIMO	7,1	50	0,67	11,6	2,8	0	3,1	0,09	14,7	14,7	16,3	90	0	1	27
MINIMO	5,9	3	0,06	3,1	0,4	0	1,3	0,02	4	4	5,3	72	0	0	11
MÉDIA	6,6	13,4	0,2	6,3	1,3	0,0	1,7	0,0	7,9	7,9	9,6	80,6	0,0	0,4	17,0
DP	0,41	12,94	0,20	2,52	0,57	0,00	0,45	0,02	2,99	2,99	3,10	5,58	0,00	0,51	4,49
CV (%)	6,27	96,38	81,29	40,14	42,82	-	26,01	44,16	37,93	37,93	32,20	6,92	-	119,83	26,41

Tabela 5: Análise química do solo de lotes do Perímetro Irrigado Formoso na profundidade de 0,30-0,60m.

Lote	pH (H ₂ O)	*mg/dm ³ P	* cmol _c /dm ³ de solo										%			*g/dm ³ M.O
			K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	Na ⁺	S.B	t	T	V	M	PST		
131	5,9	2	0,06	3,7	1,0	0,0	1,8	0,04	4,8	4,8	6,6	73	0	1	-	
149	5,8	4	0,03	3,0	0,9	0,1	1,6	0,02	3,9	4,0	5,6	70	2	0	-	
391	6,9	5	0,09	7,3	1,2	0,0	1,5	0,05	8,7	8,7	10,2	85	0	1	-	
468	6,3	1,0	0,06	8,2	1,1	0,0	1,8	0,03	9,4	9,4	11,2	84	0	0	-	
858	6,1	1	0,05	5,8	1,0	0,0	1,8	0,03	6,9	6,9	8,7	79	0	0	-	
919	6,0	2	0,04	5,8	1,2	0,0	1,9	0,03	7,0	7,0	8,9	79	0	0	-	
1096	6,8	1,0	0,06	6,7	0,9	0,0	1,6	0,05	7,7	7,7	9,3	83	0	1	-	
1140	7,4	28	0,44	9,6	1,1	0,0	1,3	0,06	11,1	11,1	12,4	90	0	0	-	
1152	6,5	3	0,49	2,5	1,2	0,0	1,4	0,01	4,2	4,2	5,6	75	0	0	-	
1448	6,5	5,0	0,04	3,2	0,4	0,0	1,3	0,02	3,6	3,6	4,9	74	0	1	-	
1462	5,5	3	0,23	3,1	1,2	0,01	1,7	0,03	4,5	4,6	6,3	72	2	0	-	
1516	5,0	2,0	0,08	2,2	1,1	0,6	2,3	0,03	3,4	4,0	6,3	54	15	0	-	
1537	5,2	2	0,32	4,0	1,4	0,1	2,7	0,02	5,7	5,8	8,5	67	2	1	-	
1585	5,0	1	0,06	1,8	1,0	0,5	1,6	0,03	2,9	3,4	5,0	58	15	1	-	
MÁXIMO	7,4	28	0,49	9,6	1,4	0,6	2,7	0,06	11,1	11,1	12,4	90	15	1	-	
MINIMO	5	1	0,03	1,8	0,4	0	1,3	0,01	2,9	3,4	4,9	54	0	0	-	
MÉDIA	6,1	4,3	0,1	4,8	1,1	0,1	1,7	0,0	6,0	6,1	7,8	74,5	2,6	0,4	-	
DP	0,73	6,97	0,16	2,45	0,23	0,20	0,38	0,01	2,53	2,43	2,40	10,12	5,33	0,51	-	
CV (%)	12,01	162,54	107,87	51,27	22,02	211,16	21,98	42,59	42,24	39,90	30,73	13,58		119,83	-	

pH, teor de alumínio trocável e saturação por alumínio (m%)

Alguns solos dos lotes avaliados possuem pH denominado ácidos húmicos variando de 5,0 a 6,8 sendo classificada como: de levemente ácido a normal. O pH tende a diminuir à medida que aumenta a profundidade. Estudando o perímetro irrigado de Formoso, Rota et al (2007), encontrou valores de pH variando de 5,8 a 7,9, sendo classificada com acidez média a alcalinidade média. O pH tem efeito indireto sobre a concentração de elementos nutritivos, a disposição das plantas e à atividade da matéria orgânica. A matéria orgânica é responsável pela bioestrutura e toda produtividade dos solos.

O ideal é não termos a presença do alumínio, pois além da sua ação retrogradante em relação ao fósforo no solo seja qual for o teor de alumínio, o que irá diminuir a disponibilidade daquele nutriente para planta, também se deve levar em conta que o alumínio pode ser fitotóxico a depender da sua saturação.

A maioria dos solos encontrados no perímetro, não possui toxicidade por alumínio, apenas dois lotes na profundidade de 0,30-0,60m (1516 e 1585) possuem teores não desejáveis de alumínio, em torno de 50%, sendo classificados como álicos segundo a classificação de Malavolta (1989), de acordo com a tabela 2, esses mesmos resultados foi observado por Silva (2001), Chaves et al. (2004) e Chaves et al. (2005), trabalhando em áreas de outros perímetros irrigados da região Nordeste brasileira

Matéria Orgânica

Como esperado, a matéria orgânica só foi encontrado na profundidade de 0-0,30m, em teores considerados de médio a alto segundo a classificação espessa por Tomé Junior (1997).

Bases trocáveis, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions total (T) e saturação por bases (V%)

O fósforo é muito importante para o crescimento das culturas, e pode-se supor que seja necessário para o crescimento radicular. O fósforo presente nos solos do Perímetro Irrigado de Formoso tem a tendência de diminuir com a profundidade, isso dificultaria o crescimento radicular e, portanto a dificuldade de absorção de outros nutrientes necessário ao desenvolvimento maior produtividade

das culturas implantadas na área. O potássio, assim como o fósforo, no perímetro, também diminui com a profundidade na maioria dos lotes.

Pode-se considerar o nível crítico (NC) de fósforo em torno de 10 mg/dm^3 , o que significa que abaixo desse valor o coeficiente de resposta a adubação fosfatada é superior a 90%. Isso não quer dizer que não se faça adubações com valores acima de 10 mg/dm^3 , entretanto as respostas serão menores quando os teores desse elemento for igual ou superior ao seu nível crítico. Na tabela 5 pode-se visualizar que 50% dos lotes avaliados, apresentam valores de fósforo abaixo do NC, o que significa dizer que será necessário uma correção na adubação desses lotes.

A maior amplitude de variação observada nos lotes foi para os teores de fósforo e potássio, que variaram de $3,0$ à $50,0 \text{ mg/dm}^3$ e $0,06$ à $0,67 \text{ cmolc/dm}^3$ (tabela 04), respectivamente. De acordo com Souza et al.; (1998); Salviano et al.; (1998), Oliveira et al.; (2000); Silva (2001), esta variação pode ser explicada em função da diversidade dos materiais de origem dos solos, e por ter a maioria deles ficado na faixa de $0,4$ à $0,8 \text{ cmolc/dm}^3$, todos os teores foram classificados como sendo médios.

Para maior entendimento da reposição do cálcio e magnésio ou não, deve-se ter pleno conhecimento sobre o nível crítico de cálcio + magnésio que é de $2,0 \text{ cmolc/dm}^3$ de solo. Levando-se em consideração os valores gerais desses elementos no solo são expressados como: baixo $< 2,0 \text{ cmolc/dm}^3$ de solo, médio entre $2,0$ a $4,0 \text{ cmolc/dm}^3$ de solo e alto $> 4,0 \text{ cmolc/dm}^3$ de solo.

Todos os teores de Ca e de Mg foram classificados como altos apesar de ter ocorrido uma grande amplitude de variação como pode ser observado pelos valores máximo e mínimo (Tabelas 4 e 5). Considerando o que preconiza Raij (1981) para o Ca e Mg, que 2 a 3 cmolc/dm^3 de terra e em torno de 4 cmolc/dm^3 , respectivamente, são adequados para o desenvolvimento das culturas, pode-se afirmar que no solo da área de estudo não existe deficiência destes elementos para as plantas.

De acordo com Raij (1983), no Brasil tem sido preconizada a elevação dos teores de cálcio e magnésio a 2 ou 3 cmolc/dm^3 de terra através da calagem, em casos em que os teores desses elementos são muito baixos, mesmo que os solos apresentam teores baixos de alumínio. A justificativa tem sido o fornecimento de cálcio e magnésio como nutrientes.

Segundo Malavolta (1967), o cálcio é o mais importante nutriente para a planta, pois a absorção de outros nutrientes depende da quantidade de cálcio presente. A maioria dos solos do perímetro possui boas quantidades de cálcio. A ausência desse nutriente provoca sintomas de deficiência e intoxicação provocadas por altos teores de alumínio e magnésio.

A soma de bases (SB) é um dado importante, pois indica a pobreza ou riqueza do solo dos nutrientes, $Ca + Mg + K + (Na)$ (cmolc/dm³), os lotes estão classificados como de média a alta.

Um valor baixo da CTC do solo indica que o mesmo não suportaria adubações ou calagens pesadas, havendo grandes perdas de nutrientes por lixiviação. A CTC dos solos dos lotes avaliados estão variando de 5,0 à 16,3 cmolc/dm³ de solo, estando classificadas como de moderada a alta de acordo com a tabela 3, valores correspondentes foram encontrados por ROTA(2007) em lotes do perímetro do Formoso.

Em relação aos valores de V, de acordo com a tabela 4 e 5, à maioria dos lotes estão classificados como de boa a alta percentagem de saturação de bases, apenas os 1516 e 1585 estão na faixa média. Sendo classificados como solos eutróficos.

Conclusão

Com exceção do fósforo, todas as propriedades químicas do solo do Perímetro Irrigado do Formoso, relacionadas com a fertilidade do solo encontram-se em níveis adequados para a maioria das culturas. Faz-se necessário a aplicação de fósforo na área estudada.

Bibliografia

CARVALHO, J.C.R.; SOUSA,C.S.;SOUSA,C.S. **Fertilizantes e Fertilização**, UFBA, DQAS, 2005

CHAVES, L.H.G.; CHAVES, I.B.; VASCONCELOS, A.C.F.; LEÃO, A.B. Avaliação de potássio, matéria orgânica e fósforo em Neossolos dos perímetros irrigados Engenheiro Arcoverde e São Gonçalo, PB. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.5, n.2, 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação, 1999. 412 p.

JACOMINE, P. K. T. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem esquerda do Rio São Francisco, Estado da Bahia**. Recife: Embrapa-Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos/Sudene-Divisão de Recursos Renováveis, 1976. 404 p. (Boletim Técnico, 38).

MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989, 201 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**, 2ª edição. São Paulo: Agronômica Ceres, 1967. 606p.

MELLO, F. A. F., BRASIL SOBRINHO, M. O. C.; ARZOLA, S.; SILVEIRA, R. I.; COBRA NETTO, A. & KIEHL, J. C. **Fertilidade do solo**. São Paulo, Nobel, 1983, 400p.

OLIVEIRA, M. **Os Solos e Ambientes Agrícolas no Sistema Piranhas-Açu/RN**. Mossoró, ESAM/FGD, 2000, p. 38-45.

RAIJ, B. V. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: POTAFOS, 1987. 142p.

RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1983. 142 p.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo; Piracicaba: CERES, POTAFOS, 1991. 343 p.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G. ALVAREZ, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes** em Minas Gerais. Viçosa, 1999. 359 p.

ROTA, M.A.; MARQUES, D.K.S. **Atributos químicos dos solos em áreas de produtores vinculados à Produção Integrada de Banana no Projeto Formoso, Bahia**. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/atributos/index.htm>. Acesso em: 6/2/2009

SALVIANO, A. A. C.; VIEIRA, S. R. & SPAROVEK G. Variabilidade espacial e atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. R. □ rás. **Ci. Solo**. v.22, 115-122, 1998.

SILVA, P. C. M. **Avaliação e variabilidade espacial de propriedades químicas do solo da “Extensão Maria Tereza”- Perímetro irrigado Senador Nilo Coelho, Petrolina-Pe**. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 2001. 104p. (Tese de Mestrado).

SOUZA, L. S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo em relação a sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.22, 77-86, 1998.

TOMÉ Jr, J.B. **Manual de interpretação de análise de solo**. Guaíba, Agropecuária, 1997. 247p.

CAPITULO 3

UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM LOTES DO PERÍMETRO IRRIGADO DO FORMOSO EM BOM JESUS DA LAPA- BAHIA

UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM LOTES DO PERÍMETRO IRRIGADO DO FORMOSO EM BOM JESUS DA LAPA- BAHIA

Autor: Ronaldo Pedreira dos Santos

Orientador: Francisco Adriano de C. Pereira, Dr.

RESUMO: A uniformidade de aplicação de água em áreas irrigadas influencia diretamente o manejo, a qualidade, a eficiência e o custo da irrigação, assim como o desempenho da cultura no campo. Uma baixa uniformidade de distribuição de água faz com que determinadas plantas irrigadas pelo sistema recebam mais água do que outras. No presente trabalho, objetivou avaliar a qualidade da irrigação com base em indicadores de performance (CUC, CUD, CUE e CV) em dois sistemas de irrigação (microaspersão e aspersão convencional), onde, no sistema de irrigação por microaspersão, a maioria dos lotes foram classificados como excelente a bom, tendo como média da UD = 85,91%, demonstrando que a aplicação de água encontra-se otimizada. Já no sistema de aspersão convencional, no espaçamento 12 x 12m foram encontrados os melhores resultados, e nos outros dois espaçamentos (12 x 18m e 18 x 18m), os piores, sendo que, no espaçamentos de 18 x 18m, onde, 71% dos lotes avaliados, os coeficientes de uniformidade encontrados foram inferiores ao menor valor aceitável (CUC < 70%), onde 15% dos lotes foram classificados como inaceitável e 72% como ruim. Em relação aos sistemas avaliados, o sistema de irrigação por microaspersão mostrou-se mais eficiente que o da irrigação por aspersão convencional.

PALAVRAS-CHAVE: microaspersão, aspersão convencional, uniformidade e perímetro irrigado

UNIFORMITY OF APPLICATION OF WATER IN THE IRRIGATED PERIMETER LOTS OF GOOD IN THE FORMOSO JESUS DA LAPA, BAHIA

Author: Ronaldo Pedreira dos Santos

Advisor: Francisco Adriano de C. Pereira, Dr.

ABSTRACT: The uniformity of water application in irrigated crops influences directly the management, the quality, the efficiency and the cost of irrigation, reflecting in the yield of the crop. A low uniformity of water distribution means that some plants irrigated by the system receive more water than others. In the present

study to evaluate the quality of irrigation based on indicators of performance (CUC, CUD, CUE and CV) in two irrigation systems (spinners and irrigation conventional), where, in the micro irrigation system, the majority of lots were classified as excellent to good, with the average of UD = 85.91%, demonstrating that the application of water is optimized. Already in conventional sprinkler system in the spacing 12 x 12m were the best results, and the other two spacings (12 and 18 x 18m x 18m), the worst, which in the space of 18 x 18m, where 71% lots evaluated, the coefficient of uniformity were below the lowest acceptable (CUC <70%), where 15% of the lots were classified as unacceptable and 72% as bad. For the systems studied, the micro irrigation system was more efficient than the conventional sprinkler irrigation.

Key words: spinners, irrigation conventional, uniformity, irrigation district

INTRODUÇÃO

A disponibilidade do recurso água é cada vez mais preocupante e, com a utilização da técnica da irrigação, essa disponibilidade tende a se agravar, tornando-se cada vez mais necessário o uso criterioso dessa técnica, com altos níveis de uniformidade e eficiência no uso da água. Para atender a essas exigências, as preocupações com a qualidade da irrigação se fazem necessárias tanto no processo de planejamento e de operação dos sistemas, como no manejo das irrigações.

A demanda hídrica para irrigação supera a soma de todas as demandas dos demais setores usuários da água no contexto de uma bacia hidrográfica. Em termos globais, 70% dos recursos hídricos disponíveis são derivados para irrigação, em detrimento dos demais setores. Na medida em que estes se desenvolvem, a disponibilidade de água para irrigação tende a diminuir no futuro. Por outro lado, a importância da agricultura irrigada é inegável, tendo em vista que 36% da produção mundial de alimentos e fibras originam-se de áreas irrigadas que correspondem apenas 15% da área total cultivada (PAZ, 2003).

A grande quantidade de água requerida para irrigação, o decréscimo de sua disponibilidade e o alto custo da energia necessária à sua aplicação têm aumentado o interesse pela racionalização desse recurso na agricultura, objetivando minimizar as suas perdas (AZEVEDO et al., 1999).

Nenhum sistema de irrigação é capaz de aplicar água com perfeita uniformidade. Em geral, o aumento da uniformidade de distribuição da água requer investimentos na melhoria do sistema, em manutenção e em mão-de-obra para o manejo racional da irrigação (DUKE et al., 1992; HEERMANN et al., 1992).

O critério de adotar-se valores de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) ao redor de 80% em projetos de irrigação por aspersão é amplamente aceito. Segundo Keller e Bliesner (1990), mesmo reconhecendo a relatividade das definições de “alta” e “baixa” uniformidades, valores de CUC acima de 85% seriam recomendáveis para culturas sensíveis e de raízes rasas, entre 75% e 83% para culturas com sistema radicular de média profundidade, e acima de 70% para o caso de sistemas radiculares profundos.

Eljanini (1963) informa que o valor do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, da ordem de 84%, geralmente é considerado satisfatório. Merriam et al. (1973) recomendam que, para culturas de alto valor econômico e com sistema radicular pouco profundo, o coeficiente de uniformidade de Christiansen deve ser superior a 88%; para culturas com sistema radicular medianamente profundo, o CUC deve variar entre 82 e 88% e, para culturas com sistema radicular profundo, em locais onde a quantidade de chuva é substancial, o CUC pode variar entre 70 e 82%.

Christiansen (1942) e Daker (1970) afirmam que o rendimento da cultura está relacionado com a uniformidade de distribuição da água aplicada, enquanto Jensen et al. (1967) mencionam que a avaliação do desempenho do sistema de irrigação também serve para calcular o tempo de irrigação e a lâmina de água aplicada.

Christiansen (1942), Merriam et al. (1973) e Hart et al. (1979) mencionam que o desempenho do sistema de irrigação por aspersão pode ser analisado pela uniformidade de distribuição e pela eficiência de aplicação de água, entre outros fatores.

Christiansen (1942) afirma que o objetivo principal da irrigação por aspersão é distribuir água no solo na forma de chuva de baixa intensidade, de tal maneira que possa ser infiltrada sem escoamento superficial. A uniformidade de distribuição vai depender do perfil de distribuição produzido pelo aspersor que, por sua vez, é função da velocidade do vento, da pressão de serviço, da

uniformidade de rotação, da altura de elevação e do diâmetro do bocal e espaçamento entre aspersores.

A uniformidade de distribuição de água é um dos poucos parâmetros de avaliação da irrigação, que muitos especialistas na área consideram importantes para a averiguação do desempenho dos sistemas. O termo uniformidade é aplicado aos parâmetros de desempenho associados à variabilidade da lâmina de água ao longo da superfície do terreno irrigado (RESENDE et al., 2002).

Várias pesquisas têm demonstrado que a uniformidade de aplicação de água relaciona-se com o rendimento da cultura (Gohring e Wallender, 1987; Mantovani, 1993). Porém, em condições de limitada disponibilidade de água, a uniformidade pode ser compensada por um manejo eficiente da lâmina a ser aplicada, proporcionando, dessa maneira, melhor eficiência na sua utilização

A eficiência de irrigação é um conceito largamente utilizado, tanto em projetos quanto no manejo de sistemas de irrigação. Segundo Keller e Bliesner (1990), o conceito de eficiência abrange dois aspectos básicos: a uniformidade de aplicação e as perdas, que podem ocorrer durante a operação do sistema. Para que a eficiência possa atingir valores altos, é necessário que as perdas durante a operação sejam as menores possíveis e maiores a uniformidade de aplicação e distribuição.

A realidade da agricultura irrigada brasileira tem demonstrado que não é raro encontrar-se projetos de irrigação, públicos ou privados, sem o apropriado planejamento e que, depois de implantados, são conduzidos sem a preocupação com o manejo e operações adequadas, resultando em baixa eficiência e comprometendo a expectativa de aumento da produtividade (Ferreira, 1993).

Objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade da irrigação com base em indicadores de performance (uniformidade, eficiência) nas condições atuais de manejo e operação dos sistemas de irrigação adotados no Perímetro Irrigado do Projeto Formoso do Vale da CODEVASF no Estado da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

O estudo foi realizado em lotes irrigados representativos do Projeto Formoso, cultivados com culturas anuais e perenes, situados em perímetro da

CODEVASF , Bahia. Algumas das culturas exploradas são, banana, melancia, goiaba, limão e cacau, como visto na tabela 1.

Tabela 1: Descrição dos lotes representativos do Perímetro Irrigado de Formoso.

LOTES	ÁREA (ha)	ÁREA IRRIGADA (ha)	SISTEMA	CULTURA
131	5,25	3,00	Microaspersão	Banana
149	4,00	4,00	Microaspersão / Aspersão convencional	banana/cacau
391	4,50	4,50	Microaspersão	Banana
468	4,30	4,30	Microaspersão / Aspersão convencional	Banana
858	4,00	1,50	Microaspersão / Aspersão convencional	Banana
919	4,30	2,20	Microaspersão / Aspersão convencional	Banana
1096	4,00	4,00	Microaspersão / Aspersão convencional	Banana
1448	3,50	3,50	Microaspersão / Aspersão convencional	Banana
1462	6,32	6,32	Microaspersão	melancia/goiaba/limão
1516	6,20	5,00	Microaspersão / Aspersão convencional	banana/cacau
1537	6,50	6,50	Aspersão convencional	Melancia
1585	6,50	6,50	Microaspersão	Banana
1152	73		Microaspersão	Uva, mamão, banana, cacau
1140	120	103	Microaspersão	Banana, coco, manga

O Perímetro Irrigado de Formoso agrupa dois projetos de irrigação da CODEVASF e do Vale do Parnaíba, o Projeto Formoso A e o Projeto Formoso H; os mesmos localizam-se no Pólo de Desenvolvimento de Formoso/Correntina, Bahia, que abrange mais quatro perímetros: Correntina, Formosinho, Jaborandi, Vale do Iuiú. O Perímetro situa-se no município de Bom Jesus da Lapa, na bacia do Rio Corrente, médio São Francisco, no oeste baiano, com capacidade de uma área irrigável de 12.716 ha, englobando os dois projetos. Os lotes avaliados correspondem a aproximadamente 2% do projeto.

Na Figura 1 está apresentada a localização dos Perímetros Irrigados, o qual faz parte dos Projetos de Irrigação da Área da 2ª Superintendência Regional da CODEVASF.

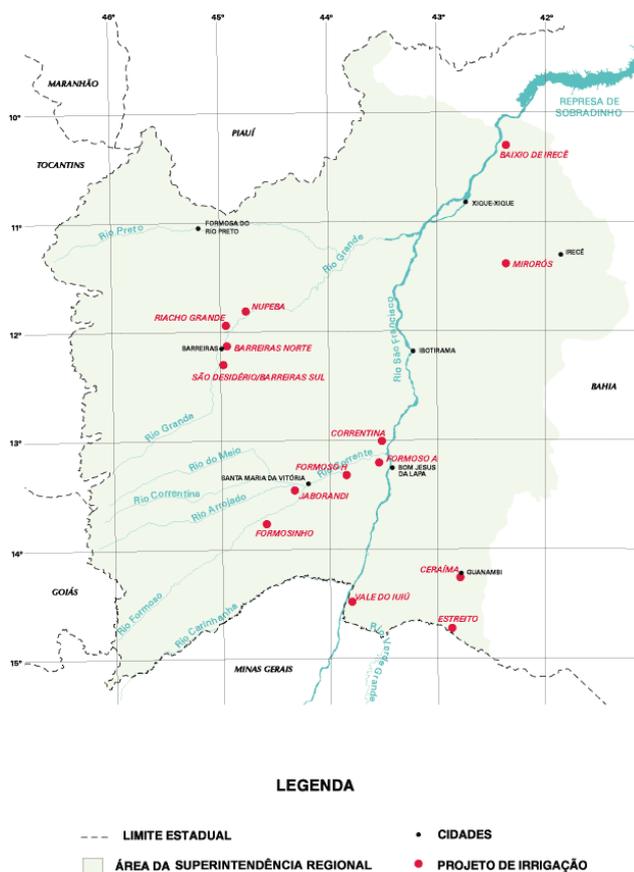


Figura 1 - Projetos de Irrigação na Área da 2ª Superintendência Regional.

O projeto Formoso A possui área total de 8.373 ha, encontrando-se em final de implantação e iniciado o processo de ocupação. A divisão da área do projeto está compreendida em 705 lotes de pequenos produtores e 112 lotes empresariais. Em 1998, uma área de 2.615 ha já tinha sido ocupada por 620 pequenos irrigantes, 3.084 ha por 68 empresas, 58 ha por 12 técnicos em ciências agrárias.

O projeto Formoso H abrange uma área total de 4.343 ha, encontrando-se em fase final de implantação e ocupação. A divisão da área do projeto estabelece 218 lotes para pequenos irrigantes, 52 lotes para técnicos em ciências agrárias, 25 lotes para microempresas e 43 lotes para empresas. Há uma área de 1.730 ha que constituem reserva legal e preservação permanente.

A principal fonte hídrica desse projeto é o rio Corrente. O projeto teve início de funcionamento em 1989 e início da co-gestão com o Distrito de Irrigação de Formoso (DIF) no mesmo ano.

Nas Figura 2 e 3 estão apresentados os croquis das áreas dos Perímetros Irrigados de Formoso A e Formoso H com a distribuição das áreas irrigáveis, de preservação permanente, de reservas legal, inundáveis e áreas construídas.

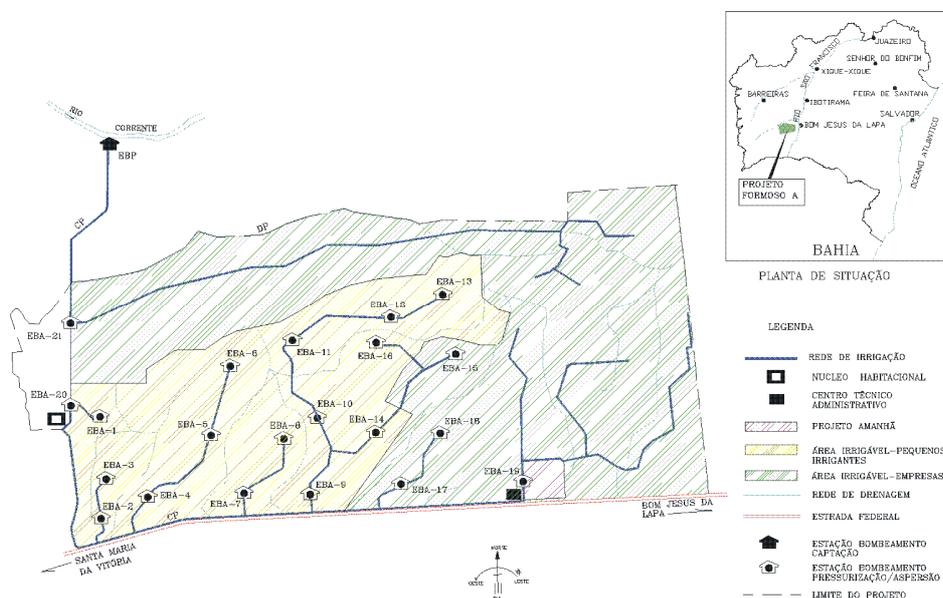


Figura 2 – Croqui do Perímetro Irrigado de Formoso A.

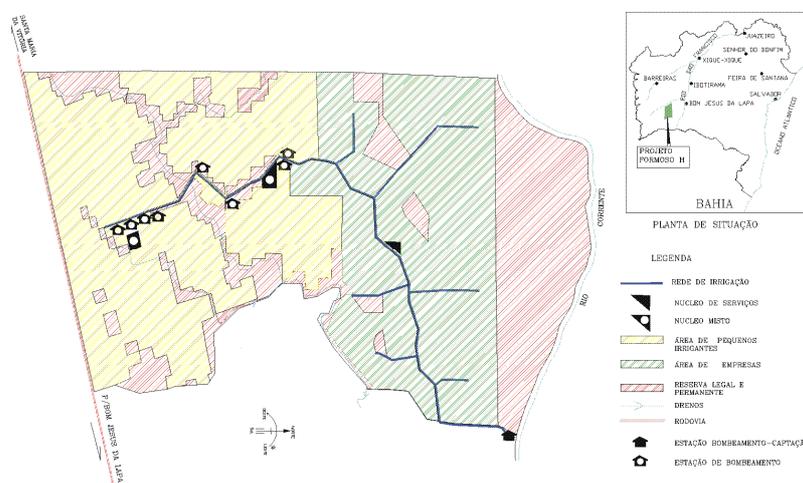


Figura 3 – Croqui do Perímetro Irrigado de Formoso H.

Caracterização climatológica

O clima da região, segundo a classificação de Thornthwaite, é semi-árido. Temperatura média anual 25,3°C. Pluviosidade média anual 830,5 mm, índice de

aridez de 44,7; índice de umidade de 3,3 e índice hídrico de -23,5. Mais de 90% da precipitação ocorrem de novembro a março, demarcando duas estações climáticas distintas: a chuvosa e a seca. O clima no Vale do São Francisco (Oeste da Bahia) é influenciado por diferentes massas de ar, com movimentação geral de aproximadamente NE-SW na primavera e E-W no outono e inverno. A altitude é de aproximadamente 483,8 m.

Com uma evapotranspiração potencial média, segundo Hargreaves, para o posto de Bom Jesus da Lapa, da ordem de 1.880 mm anuais, o déficit hídrico médio é de 1.055 mm/ano.

Solos

Os solos da região tem formação a partir de coberturas detríticas, que está relacionada com depressões pediplanas do Vale do São Francisco com modelados de topografia aplainada, relevo plano e suave ondulado, onde se desenvolvem os solos classificados como: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (NQ), LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (LVAd), ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (PVAAd) e ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico (PVAe), (Jacomine et al., 1976).

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) atualmente são classificados, respectivamente, como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (NQ), LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (LVAd), ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (PVAAd) e ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico (PVAe).

Parâmetro avaliado

Caracterização dos lotes avaliados

Os testes de campo para avaliação da irrigação foram conduzidos em lotes de, onde em geral apenas um único tipo de sistema pressurizado de irrigação é encontrado, ou seja, aspersão convencional ou microaspersão. Quatorze lotes foram avaliados contemplando as principais áreas e culturas em exploração no perímetro. Nestes lotes, 6 sistemas avaliados foram apenas aspersão convencional e 4 apenas microaspersão, sendo que, 7 desses lotes contém os dois sistemas.

Procedimento para teste dos sistemas de irrigação

Para avaliação do sistema de irrigação convencional fez-se uso de seguinte metodologia: foram distribuídos 24 pluviômetros, sendo 12 de cada lado em relação a linha de distribuição distanciados 0,5 metros em relação a esta e 1 metro entre pluviômetros, com objetivo de trabalharmos com a média do volume coletado em dois pluviômetros. Estes foram distribuídos em 3 posições ao longo da linha de distribuição, ficando assim distribuídos entre os aspersores 1 e 2; 5 e 6; 8 e 9. Para os aspersores selecionados foram coletados dados de pressão por meio de manômetro de glicerina diretamente no bocal do aspersor. A vazão foi medida utilizando-se um tubo coletor o qual conduziu toda a água aspergida para um balde de 13 litros, onde, simultaneamente cronometrou-se o tempo para completar este volume; para cada medição foi realizada três repetições.

Para o sistema de irrigação por microaspersão foi utilizada a seguinte metodologia: A coleta de dados foi feita em seis laterais, três à direita e três à esquerda da tubulação de distribuição, ou seja, as primeiras laterais, as laterais medianas e as últimas laterais. Em cada uma das laterais, foram selecionados três emissores, o primeiro, o mediano e o penúltimo emissor. Com o auxílio de um manômetro, cronômetro e coletores foram obtidas as pressões e as vazões de cada emissor selecionado. Para cada medição foi realizada três repetições.

O procedimento descrito acima foi utilizado com objetivo de encontrar o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), uniformidade de distribuição de água com base no menor quartil (UD) e eficiência de aplicação da água.

Com base nos dados obtidos na avaliação do desempenho dos sistemas de irrigação, indicadores de performance foram calculados.

Indicadores de desempenho

Para avaliação do desempenho dos sistemas de irrigação utilizou-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen (Christiansen, 1942) e a uniformidade de distribuição de água (UD) (Keller & Bliesner, 1990) definida matematicamente a seguir:

$$CUC = 100. \left[\frac{1 - \left(\sum_{j=1}^n |L_j - L_m| \right)}{\sum_{j=1}^n L_j} \right] \quad (1)$$

onde CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (%); L_j = lâmina d'água no coletor de ordem j (mm) com todos os coletores, regularmente espaçados no campo; L_m = média das lâminas coletadas (mm) e n = número de coletores.

$$UD = 100. \left(\frac{L_{25}}{L_{mc}} \right) \quad (2)$$

onde UD = uniformidade de distribuição do menor quartil (%); L_{25} = média dos 25% menores valores de lâmina coletada (mm); L_{mc} = lâmina média coletada (mm).

$$CUE = (1 - CVT) * 100 \quad (3)$$

Onde CUE = Coeficiente de Uniformidade Estatístico de Irrigação, em % (ASAE, 1996), e CVT - Coeficiente de Variação Total de Vazão na Subunidade (ASAE, 1996), dado pela seguinte equação;

$$CVT = \frac{S_x}{X_m} \quad (4)$$

em que: S_x - Desvio padrão das vazões medidas, kPa; X_m - média das lâminas coletadas, mm;

Para a avaliação a partir das informações de uniformidade obtidas nos testes realizados nos sistemas de aspersão e microaspersão, considerou-se o grau de aceitabilidade proposto pela NRCS (1997) como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Classificação dos Coeficientes de Uniformidade.

Classe	UC¹ (%)	UD² (%)	UE³ (3)
Excelente	Acima de 90	Acima de 84	100 – 95
Bom	80 – 90	68 – 84	90 – 85
Rezoalvel	70 – 80	52 – 68	80 – 75
Ruim	60 – 70	36 – 52	70 – 65
Inaceitável	Abaixo de 60	Abaixo de 36	Abaixo de 60

Fonte: (1) Smajstria et al. (1990), citados por Almeida (1997), (2) Bernado (2005), (3) ASAE (1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Irrigação por microaspersão

Os resultados obtidos para o comportamento da pressão, vazão e de alguns coeficientes de uniformidade nos oito lotes de aplicação de água encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3: Pressão de operação e vazão do aspersores e indicadores de performance (CUC, UD, CUE e CVT) para a irrigação por microaspersão no Projeto de Irrigação de Formoso, Bahia.

LOTES	PRESSÃO EMISSOR (kPA)	VAZÃO EMISSOR (L/h)	CUC (%)	UD (%)	CUE (%)	CVT (%)
131	128,31	84,18	87,10	79,18	79,43	20,57
391	196,68	127,67	82,16	70,17	76,13	23,87
858	172,85	100,24	93,42	89,09	85,49	14,51
919	183,06	73,14	91,93	86,68	82,83	17,17
1140	107,33	43,11	95,12	93,94	90,91	9,09
1152	156,12	52,83	91,50	86,58	86,14	13,86
1462	129,72	61,42	93,11	89,09	87,67	12,33
1585	149,01	65,60	94,69	92,56	91,98	8,02
Máximo	196,68	127,67	95,12	93,94	91,98	23,87
Mínimo	107,33	43,11	82,16	70,17	76,13	8,09
Média	152,89	76,02	91,13	85,91	85,07	14,92
Desvio padrão	30,40	27,44	4,40	7,77	5,43	5,43

A velocidade média do vento foi desconsiderada, uma vez que estão dispostos entre as linhas de plantio de uma cultura de porte alto. A ação do vento pode tornar desuniforme a distribuição da água na área irrigada (Frizzone, 1992), especialmente quando aplicada por sistemas de aspersão sobrecopa, no caso do projeto, o sistema de irrigação, está aplicando água por sistema de microaspersão subcopa.

Observa-se que o CUC variou de 82,16% a 95,12%, com média de 91,13%, seguindo a UD a mesma tendência, com máximo de 93,94%, mínimo de 70,17% e média de 85,91%. Os menores valores de CUC (82,16% e 87,10%) foram obtidos nos sistemas de irrigação dos lotes 391 e 131, respectivamente.

Com os altos indicadores de uniformidade vistos na Tabela 3, espera-se que as perdas de água por percolação profunda sejam insignificativas nos lotes avaliados, além de não gerar problemas de molhamento deficitário nos setores da área (Keller & Bliesner, 1990; Wilson & Zoldoske, 1997).

Os resultados dos coeficientes de uniformidade (Tabela 3) indicam tratamentos com elevados valores de CUC, acima de 90 % em 75% dos lotes, o que representa uma classificação excelente para esses tratamentos, de acordo com a Tabela 2. Verifica-se, ainda, que as variações no UD permitem classificar os mesmos como bons. Este fato demonstra que a dispersão das lâminas de irrigação ao longo dos setores encontrava-se bastante reduzida, significando que a aplicação de água em média estava bastante uniforme.

O valor obtido do CUE corrobora com os resultados dos coeficientes de uniformidade (Tabela 3), alcançando a classificação de razoável (lotes 391 e 131) a bom (demais lotes), confirmando a qualidade da aplicação de água em todos os oito lotes preconizados. Para Bralts e Kesner (1983), numa linha lateral o coeficiente de variação de vazão dos emissores, resultantes apenas dos efeitos hidráulicos é, em geral, da ordem de 3,7 a 7,8%. O CVT (Tabela 0) variou de 9,09% a 23,87%. Este fato decorre de variações de vazão de 10% a 20%, normalmente utilizados em projetos de irrigação. Zanini et al. (1998), avaliando um sistema de irrigação por microaspersão em cultura de bananeira, encontraram CVT de 8,5% a 11,0%. Em relação ao CVT nos lotes estudados, o resultado obtido de 23,87% foi considerado alto, como era esperado devido à elevada variação de pressão.

A Figura 4 apresenta o comportamento dos coeficientes de uniformidade avaliados e sua variação entre os lotes, referentes a microaspersão. Observou-se que os coeficientes CUE e UD seguiram as mesmas tendências de CUC, sendo que os valores de UD e CUE foram sempre menores. Observa-se também que os lotes 1140 e 1585 foram os que apresentam menores CVT.

Relacionando-se CUC e CUD, Rezende (1992) afirma que o fato de CUD ser sempre menor que CUC é inerente às variáveis das equações utilizadas na

determinação desses coeficientes, pois no cálculo de CUD consideram-se apenas 25% da área que recebeu menos água. Essas conclusões foram afirmadas por Keller & Bliesner (1990) acrescentando que CUD pode estar relacionado a CUC, pela expressão:

$$\text{CUD} = 100 - 1,59 (100 - \text{CUC}).$$

Segundo Hart (1961) quando as lâminas de irrigação têm distribuição normal, $\text{CUD} = \text{UDH}$.

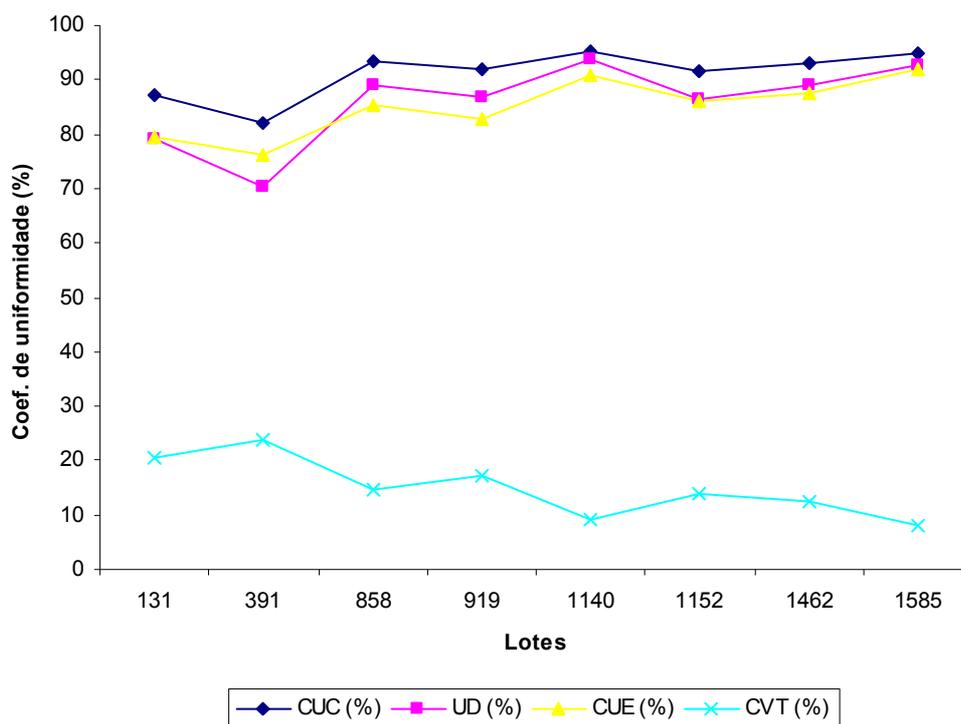


Figura 4: Variação dos coeficientes de uniformidade

Os valores e classificação do UD obtidos nos sistemas de irrigação por microaspersão dos lotes estudados são apresentados na Tabela 2. O valor médio de UD foi de 85,91%, variando de 70,17% a 93,94%.

Em 25% dos sistemas avaliados o coeficiente de uniformidade de distribuição de água, segundo a ASAE (1996), pode ser classificado como “bom” e em 75% o valor foi considerado “excelente”.

Os dois lotes empresariais (1140 e 1152), foram considerados como excelente, segundo a tabela de classificação de uniformidade de distribuição.

Tabela 4: Valores e classificação do UD em lotes irrigados por microaspersão no Perímetro de Formoso.

LOTES	UD (%)	Classificação	Fração dos lotes
391	70,17	Bom	25%
131	79,18		
1152	86,58	Excelente	75%
919	86,68		
858	89,09		
1462	89,09		
1585	92,56		
1140	93,94		
Média UD		85,91	

Irrigação por aspersão convencional

Os resultados obtidos para o comportamento dos coeficientes de uniformidade nos sete lotes de aplicação de água encontram-se na Tabela 5, 6 e 7.

Podemos verificar nas tabelas 5, 6 e 7, que os piores resultados foram encontrados principalmente nos lotes 149 e 468, em todos os espaçamentos, esse baixos rendimentos, estão relacionados à adutora (4") e as linhas de distribuição (3") que apresentavam vazamentos devido a borracha de vedação encontrar-se desgastada, e os aspersores apresentavam bocais desgastado o que conferiu uma variação de vazão, porém, os lotes 858 e 919, foram os que apresentam melhores valores de CUC nos 3 espaçamentos.

Observa-se na tabela 5 que, segundo a classificação de Christiansen, que os valores de CUC, para os espaçamentos 12 x 12m, em 57% dos lotes encontram-se em condições razoáveis, onde, os demais lotes encontram-se bons.

Tabela 5: Média dos resultados obtidos dos coeficientes de uniformidade de Christiansen dos sistemas de irrigação por aspersão convencional, para espaçamento de 12 x 12m no Perímetro Irrigado de Formoso.

LOTES	CUC (%) 12 X 12	Classificação	Fração dos lotes (%)
1448	71,30	Razoável	57,0
149	73,45		
1096	73,97		
468	79,87		
1516	81,93	Bom	43,0
919	85,13		
858	87,30		

Em 28,5% dos sistemas avaliados por aspersão convencional com espaçamento (12 x 18m) o coeficiente de uniformidade de Christiansen, proposto por NRCS (1997), pode ser classificado como “ruim”, e em 43% o valor foi considerado “razoável”, e em 28,5% considerado como bom, visto na tabela 6.

Tabela 6: Média dos resultados obtidos dos coeficientes de uniformidade de Christiansen dos sistemas de irrigação por aspersão convencional, para espaçamento de 12 x 18m no Perímetro Irrigado de Formoso.

LOTES	CUC (%) 12 X 18	Classificação	Fração dos lotes (%)
468	62,63	Ruim	28,5
149	67,35		
1448	72,17	Razoável	43,0
1096	72,23		
1516	79,27		
919	85,17	Bom	28,5
858	85,70		

Apenas o lote 468 nos sistemas com espaçamento de 18 x 18m, foi considerado como inaceitável, porém, em 57,0% dos lotes o sistema foi considerado como ruim, e somente os lotes 919 e 858 tiveram uma classificação razoável, visto na tabela 7.

Tabela 7: Média dos resultados obtidos dos coeficientes de uniformidade de Christiansen dos sistemas de irrigação por aspersão convencional, para espaçamento de 18 x 18m no Perímetro Irrigado de Formoso.

LOTES	CUC (%) 18 X 18	Classificação	Fração dos lotes (%)
468	51,00	Inaceitável	14,5
1096	63,70	Ruim	57,0
149	64,45		
1448	67,37		
1516	69,67		
919	77,03	Razoável	28,5
858	79,70		

Os baixos valores de CUC, também podem ser observados na figura 5, que representam esquematicamente em 3D a simulação da uniformidade de distribuição no lote 468, onde é possível observar que no espaçamento 12m x 18m, há uma maior aplicação de água no centro dos aspersores, já no espaçamento 18m x 18m, no centro aspersores não há aplicação de água, tornando os sistema deficitário, demonstrando a desuniforme aplicação da água na superfície do solo (CUC = 46,5% e 56,2%), resultados semelhantes foram encontrados por ROCHA et al (1999).

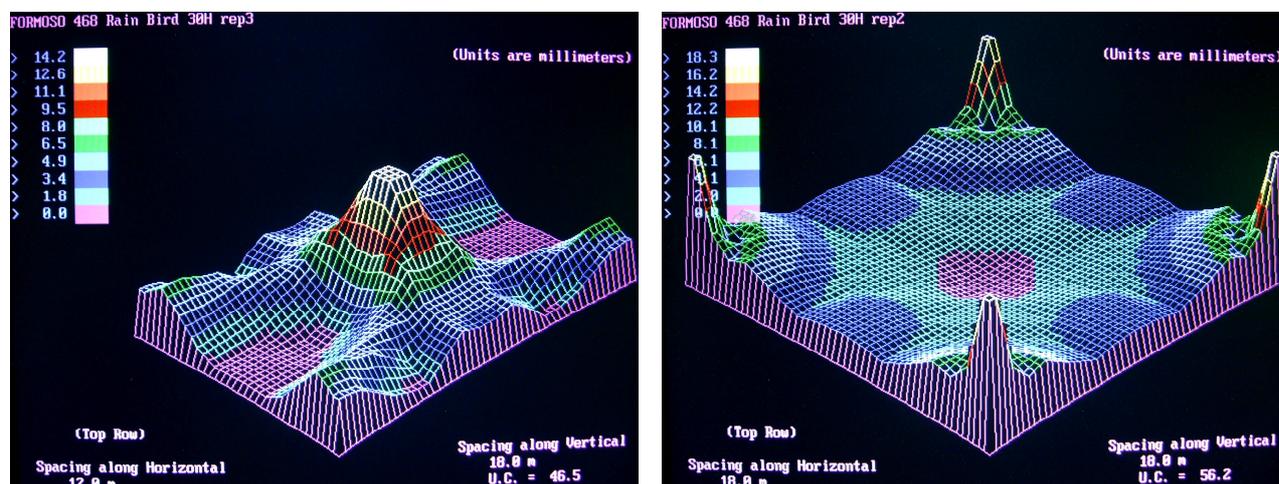


Figura 5: Desenho esquemático em 3D da simulação da Uniformidade de precipitação com os espaçamentos, 12m x 18m e 18m x 18m no lotes 468, obtido com o programa Catch 3D.

Com os resultados da performance do aspersor, em condições normais de operação no campo, foi confeccionado o gráfico (Figura 6) que mostra a média do

perfil de distribuição de água do emissor. Nota-se que os mesmos apresentam perfil ligeiramente decrescente, a medida que se distancia do emissor, onde os maiores valores de intensidade de precipitação se encontram na região mais próxima ao microaspersor, enquanto que, aproximadamente, 70% do volume aplicado incide a partir de 1,0 m a 9,0 m de distância do emissor (Figura 6). Segundo Armoni (1986), esse tipo de distribuição é melhor adaptado para emissores que trabalham com sobreposição.

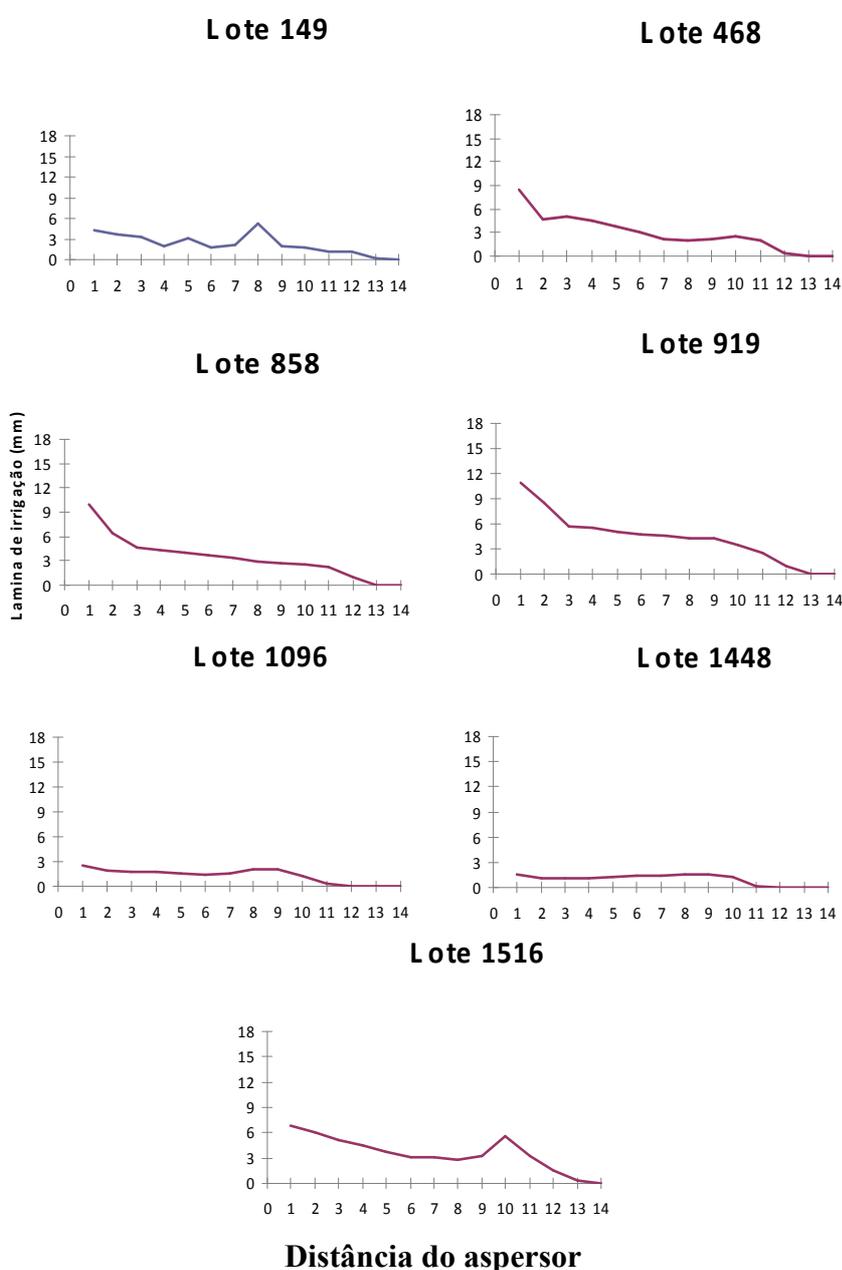


Figura 6: Perfil de distribuição do aspersor em condições de campo.

CONCLUSÕES

Com os resultados do trabalho, foi possível evidenciar que o sistema de irrigação localizada estudado indica boa performance do microaspersor, a maioria dos lotes foram classificados como excelente a bom, além de elevada eficiência tendo como média da UD = 85,91%, demonstrando que a aplicação de água encontra-se otimizada.

Nas atuais condições de dimensionamento, operação e manejo da irrigação pressurizada, em relação aos sistemas avaliados, o sistema de irrigação por microaspersão mostrou-se mais eficiente que o da irrigação por aspersão convencional.

Os sistemas de irrigação por aspersão convencional apresentaram valores de coeficiente de uniformidade abaixo dos padrões recomendados.

Em relação ao sistema de aspersão convencional, os melhores resultados obtidos foi no de espaçamento 12 x 12m, nos outros dois espaçamentos, foram encontrados os piores resultados, tais que, mudanças operacionais devem ser implementadas para a efetiva melhoria da irrigação por aspersão.

Os piores resultados foram encontrados nos espaçamentos de 18 x 18m, onde, 71% dos lotes avaliados, os coeficientes de uniformidade encontrados foram inferiores ao menor valor aceitável (CUC < 70%), onde 15% dos lotes foram classificados como inaceitável e 72% como ruim.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, F. T. **Avaliação dos sistemas de irrigação pressurizados e do manejo da água na cultura da banana no Projeto Gorutuba**. 1997. 96p. Dissertação Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Field evaluation of microirrigation Systems**. St. Joseph, 1996.

ARMONI, S. **Micro-sprinkler irrigation**. Kibuts Dan: Dan Sprinkler, 1986. 91p.

AZEVEDO, H.J. et al. Influência de elementos do clima e da pressão de operação do aspersor no desperdício de água, em um sistema de irrigação por alta pressão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.18, n.4, p.53-62, 1999.

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

BRALTS, V. F.; KESNER, C. Drip irrigation field uniformity estimation. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 24, n. 5, p.1369-1374. 1983.

CHRISTIANSEN, E.J. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of Califórnia, 1942, 124p. (University of Califórnia. Bulletin 670).

DAKER, A. **A água na agricultura: irrigação e drenagem**. 3. ed. Rio de Janeiro: F. Bastos, 1970. 453p.

DUKE, H.R.; HEERMANN, D.F.; DAWSON, L.J. Appropriate depths of application for scheduling center pivot irrigations. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.35, n.5, p.1457-1467, 1992.

ELJANANI, S. **El riego por aspersion**. Curso sobre utilización del água para la agricultura en zonas Áridas. Cooperación OEA/Estado de Israel, Herzelia, Israel. 1963. 81p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação, 1999. 412 p.

FERREIRA, E.J. **Análise técnica e econômica do projeto de irrigação do Jaíba, MG**. 159f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

FRIZZONE, J. A. **Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência**. Piracicaba: ESALQ, 1992, 53 p. (Séria Didática).

GOHRING, R.T.; WALLENDER, W.W. Economics of sprinkler irrigation systems. **Trans. ASAE**, St. Joseph, v.30, n.4, p.1083-1089, 1987.

HART, W.E. Overhead irrigation pattern parameters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.42, n.7, p.354-355, 1961.

HART, W.E.; PERI, G.; SKOGERBOE, G.V. Irrigation performance: an evaluation. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**. v.105, n.3, p.275-288, 1979.

HEERMANN, D.F.et al. Distribution functions to represent center-pivot water distribution. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.35, n.5, p.1465-1472, 1992.

JACOMINE, P. K. T. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem esquerda do Rio São Francisco, Estado da Bahia**. Recife: Embrapa-Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos/Sudene-Divisão de Recursos Renováveis, 1976. 404 p. (Boletim Técnico, 38).

KELLER, J., BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990. 649p.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990.

MANTOVANI, E. C. **Desarrollo y evaluacion de modelos para el manejo del riego: estimation de la evapotranspiracion y efectos de la uniformidad de aplicacion del riego sobre a produccion de los cultivos.** 1993. Tesis (Doctor) - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Agronomos, Universidade de Córdoba, Córdoba, 1993.

MERRIAM, J.L.; KELLER, J.; ALFARO, J. **Irrigation system evaluation and improvement.** Logan: Utah State University, 1973. 368p.

PAZ, V.P.S.; OLIVEIRA, A.S.; PEREIRA, F.A.C. Irrigação: tecnologia e produtividade. **Bahia Agrícola**, Salvador, v.5, n.3, p. 30 – 37, 2003.

REZENDE, GONÇALVES, R. et al. Influência da aplicação de água na uniformidade da umidade no perfil do solo. **Acta Scientiarum.**, Maringá, v. 24, n.5, p. 1553-1559, 2002

ROCHA, E.M. de M.; COSTA, R.N.T; MAPURUNGA.S.M.S; CASTRO, P.T. UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POR ASPERSÃO CONVENCIONAL NA SUPERFÍCIE E NO PERFIL DO SOLO, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.2, p.154-160, 1999 Campina Grande, PB, DEAg/UFPB

WILSON, T.P.; ZOLDOSKE, D.F. **Evaluating sprinkler irrigation uniformity.** Fresno: Center for Irrigation Technology, 1997. 6p. (CATI Publication 970703). (<http://www.cati.csufresno.edu/cit/rese/97/970703> acesso em 21.02.2006)

ZANINI, J. R.; PAVANI, L. C.; TAROZZO, M. Avaliação da vazão de um sistema de irrigação por microaspersão em cultura de bananeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Resumos...** Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998, v. 2, p. 290-292.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo, sobre a avaliação e a qualidade da irrigação do Projeto Formoso em Bom Jesus da Lapa - Bahia, permitiu uma análise sobre a caracterização físico-hídrica e química, além de recomendações nas melhorias de uniformidades de aplicação de água, principalmente nos sistemas de irrigação por aspersão convencional.

Permitiu também, oferecer aos irrigantes, uma melhor capacidade do manejo da irrigação, baseados em dados de disponibilidade total de água no solo e capacidade real de água no solo, contribuindo para facilitação de cálculos como turno de rega, irrigação real necessária e água disponível no solo. Além de subsídios para instalação de tensiômetros nas áreas de produção, podendo realizar a irrigação no momento correto a partir das capacidades de retenção de água no solo e das curvas de retenção.

Embora sejam de caráter geral, mostraram a realidade da irrigação que está sendo praticada no Perímetro Irrigado, considerando que os sistemas foram montados sem nenhum conceito de básico de irrigação, ou seja, comprimento de laterais, vazão e pressão do emissor, tamanho de bloco, perdas de carga localizada etc.

Com a necessidade de cada vez mais suprir as exigências nutricionais das culturas dentro do processo produtivo, aumentando a produtividade e diminuindo os custos com fertilizantes, pode-se realizar uma melhor caracterização química desses solos, contribuindo para uma recomendação de adubação em níveis adequados para as plantas, não caindo nos princípios das leis de mínimo (Liebig), nem de máximo (Bondoff).

É necessário um acompanhamento dos sistemas de irrigação, principalmente, aspersão convencional, visando melhorar a qualidade de irrigação no perímetro, evitando assim desperdícios de água e gastos com

energia, para que possa ocorrer uma redução nos custos e aumento significativo nas receitas.

Os resultados levantados neste trabalho, devem ser implementados pela assistência técnica, principalmente por meio da realização de cursos de capacitação junto aos agricultores, instalação de quadras demonstrativas e acompanhamento do manejo da irrigação com base nas características físico-hídricas e químicas dos solos e das características hidráulicas dos sistemas de irrigação.