

Documentos

ISSN 0100-9729

Número 53

agosto, 1988

*DRENAGEM AGRÍCOLA: RELAÇÕES NA PRODUÇÃO
E PROCEDIMENTOS DE DIAGNÓSTICO*



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MA

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA

Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Arido-CPATSA

Petrolina, PE

DOCUMENTOS

ISSN 0100-9729

Número 53

agosto, 1988

**DRENAGEM AGRÍCOLA: RELAÇÕES NA PRODUÇÃO
E PROCEDIMENTOS DE DIAGNÓSTICO**

Carlos Reeder Valdivieso Salazar



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA
Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido - CPATSA
Petrolina, PE

© EMBRAPA, 1988

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à
EMBRAPA-CPATSA

BR 428, Km 152

Telefone: (081) 961-4411

Telex: 810016

Caixa Postal 23

56300 Petrolina, PE

Tiragem: 2.000 exemplares

Comitê de Publicações:

Terezinha Padilha Charles - Presidente

Aderaldo de Souza Silva

Clementino Marcos Batista de Faria

Clóvis Guimarães Filho

Eduardo Assis Menezes

Marco Antônio Drumond

Paulo César Fernandes Lima

Francisco Lopes Filho

Luiza Teixeira de Lima Brito

Severino Gonzaga de Albuquerque

Valdivieso Salazar, Carlos Reeder

Drenagem agrícola: relações na produção e procedimentos de diagnóstico. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1988.

36p. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 53).

Trabalho apresentado no III Seminário de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, BA, 1985.

1. Drenagem-Agricultura-Produtividade. 2. Drenagem-Diagnóstico-Procedimento. I. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE, ed. II. Título. III. Série.

CDD - 631.62

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	05
RESUMO/ABSTRACT	07
INTRODUÇÃO	09
DRENAGEM EM RELAÇÃO AO DESENVOLVIMENTO DAS CULTURAS	10
Aeração	10
Absorção de Nutrientes	12
Profundidade do Lençol e Produtividade	15
Salinidade	18
Benefícios da Drenagem	22
PROCEDIMENTO DE ESTUDOS	27
Linhas de Estudo	27
Solução Técnica	30
Viabilidade Econômica	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

APRESENTAÇÃO

A expansão da área irrigada no Nordeste do Brasil tem sido perceptivelmente acentuada nos últimos anos. A preocupação com o aumento da oferta de alimentos, decorrente tanto do crescimento interno populacional, como da necessidade de expansão da fronteira agrícola, tem provocado a adoção de modernas e avançadas tecnologias agrícolas, dentre elas os diferentes sistemas de irrigação.

Apesar da expansão da irrigação na região semi-árida brasileira, não se tem verificado uma preocupação paralela com a drenagem agrícola, registrando-se uma certa falta de conhecimentos nessa área e de sensibilidade quanto à sua importância.

Diante desse fato, é que o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) tem desenvolvido pesquisas visando um conhecimento dos mecanismos de interação da drenagem na função de produção.

O presente trabalho apresenta uma revisão das interações fisiológicas das plantas relacionadas com a drenagem do solo, bem como sugestões de estudos para diagnóstico e solução de problemas decorrentes de uma ineficiente drenagem.

LUIZ MAURÍCIO CAVALCANTE SALVIANO
Chefe do Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido

DRENAGEM AGRÍCOLA: RELAÇÃO NA PRODUÇÃO E PROCEDIMENTOS DE DIAGNÓSTICOS¹

Carlos Reeder Valdivieso Salazar²

RESUMO - A drenagem agrícola é de reconhecida importância na conservação ou recuperação do potencial de produção agrícola, principalmente em regiões áridas e semi-áridas sob irrigação. Os problemas de drenagem afetam o desenvolvimento normal das culturas com efeito direto na fisiologia do vegetal e indiretamente degradando as condições ótimas de ambiente (solo) do sistema radicular, inibindo o fornecimento de oxigênio e nutrientes, e gerando condições de toxidez. Uma revisão destas relações e efeitos é apresentada na primeira parte deste trabalho, visando contribuir ao entendimento dos mecanismos de interação da drenagem na função de produção. O planejamento de soluções a um problema de drenagem para uma área de produção agrícola, implica a definição dos requerimentos de drenagem das culturas, aspecto que ainda destaca-se pela exigüidade de estudos para condições e variedades locais. A relação de profundidade do lençol freático, ou indiretamente o regime do solo, com a produção, é uma maneira de

¹ Apresentado no II Seminário de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, BA, 07 a 11 de outubro 1985.

² Eng. Agrícola, M.Sc., Consultor em Irrigação e Drenagem Convênio IICA/EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropcuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, 56300 Petrolina, PE. End. Atual: SUDENE-Sala 129 (Convênio IICA/SUDENE)-Pça. J.G. de Souza s/n, Cidade Universitária, 50000 Recife, PE.

definir estes requerimentos de drenagem que devem paralelamente servir para inferir, ao menos preliminarmente, os benefícios da drenagem. Estes devem ser avaliados e finalmente definir a viabilidade do investimento. Neste trabalho apresentam-se também algumas referências ao efeito do lençol freático na produtividade e a aplicação de um método de avaliação da viabilidade da drenagem, a três casos típicos da região semi-árida (benefícios da drenagem). Na segunda parte deste trabalho, apresenta-se finalmente uma descrição esquemática dos procedimentos de estudo para diagnóstico, a problemas de drenagem.

Termos para indexação: drenagem agrícola, produção, lençol freático, benefício, diagnóstico.

DRAINAGE IN IRRIGATED AREAS: INTERACTIONS WITH PRODUCTION DIAGNOSIS AND SOLUTION PLANNING

ABSTRACT - Drainage for agriculture is of well known importance for the conservation or recovering of potential agricultural production mainly in arid and semi-arid regions, that is, under irrigation. Drainage problems affect the normal development of crops with direct effects on plant physiology and indirectly by deteriorating habitat (soil) conditions at root system inhibiting by this the oxygen and nutrient supply and also creating toxic effects. A review of relations and effects is presented in the first part of this paper aiming a contribution to the understanding of mechanism of interaction of drainage in production functions. The planning of solution to a drainage problem for an area of agricultural production implies a definition of crop drainage requirements, aspect still to be studied for

local conditions and crop varieties. The relations of water table depth, or indirectly soil water regime with crop production is an approach to define drainage requirements which may allow infer benefits of drainage. These benefits will have to be evaluated to finally define the feasibility of the investment. This paper also presents some references to the effect of water table on productivity and the application of a suitable methods to evaluate the feasibility of drainage to drainage to three typical cases of the semi-arid region (see benefits of drainage). The second part of this work deals with a description of basic studies for diagnosis and solution of drainage problems.

Index terms: drainage, irrigation, water table, productivity, drainage benefits, diagnosis.

INTRODUÇÃO

Nas áreas agrícolas de regiões úmidas, problemas de excessos de umidade têm sido responsáveis por quedas significativas da produtividade. Igualmente, na agricultura de regiões áridas e semi-áridas, a introdução da irrigação trouxe vantagens e benefícios na produção de alimentos mas, ao mesmo tempo, foi sucedida pela formação e elevação do lençol freático criando condições desfavoráveis para o desenvolvimento das culturas. Lençol freático demasiado alto e por períodos prolongados, afeta a produção e, em muitos casos, o problema se agrava com a salinização do solo.

No Nordeste do Brasil, uma média de 30% das áreas irrigadas, no perímetro de rios e riachos intermitentes, principalmente de solos aluviais, apresentam problemas de

salinidade (Goes 1978). Tabela 1. O processo de lavagem dos sais para o melhoramento desses solos implica na necessidade de boas condições de drenagem natural ou artificial.

Nos oxissolos da região, em geral pouco profundos, as condições de drenagem natural são limitadas por camadas de impedimento tipo fragipam e pelo manto rochoso de relevo ondulado formando bacia. Nestes solos a irrigação forma em curto tempo um lençol freático e as chuvas, mesmo que escassas e esporádicas podem criar condições de excessos de umidade por tempo prolongado. Foi observado, por exemplo, no Perímetro de Irrigação de Bebedouro, em Petrolina, PE e no de Tatauí, Sobradinho, BA, que sem irrigação e três ou mais meses após as chuvas os solos permaneciam com umidade próxima de capacidade de campo a partir de 30cm de profundidade. Em solos de drenagem impedida, a evaporação é via importante de evacuação da umidade, mas uma vez seca a camada superficial o gradiente de evaporação é interrompido, e esta camada passa a agir com funções de "mulching". Medidas de drenagem artificial são necessárias para melhorar o regime de umidade destes solos.

DRENAGEM EM RELAÇÃO AO DESENVOLVIMENTO DAS CULTURAS

Aeração

Umidade excessiva na zona das raízes e por períodos prolongados impede o intercâmbio do dióxido de carbono originado nas raízes, e de outros organismos vivos no solo com o oxigênio da atmosfera. Sem aeração, o desenvolvimento da maioria das plantas se reduz (Goor 1979). O crescimento e produção das culturas têm sido relacionados à velocidade de difusão do oxigênio (Vdo) no solo, observando-se um valor mínimo de Vdo abaixo do qual a planta é sufocada e morre. Na maioria das plantas, este valor é

TABELA 1. Salinidade dos Solos no Nordeste do Brasil.

	(1)	(2)	(3)	(4)	
	Área Irrigada (ha)	Área de baixa Produtividade p/sais	Área Abandonada	Área Salinizada	$\% \left(\frac{4}{1}\right) 100$
Morada Nova-CE	2.880	815	285	1.100	38
Vaza-Barris-BA	1.016	120	33	153	15
Ceraima-BA	614	176	116	292	47
Lima Campos-CE	502	41	0	41	8
Arcoverde-PB	321	32	73	105	33
Caldeirão-PÉ	416	23	29	52	12
Boa Vista-PE	154	41	0	41	27
Sumé-PB	147	74	15	89	61
Cachoeira-BA	142	37	6	43	30
São Gonçalo-PB	1.340	-	-	375	28
Moxotó	-	-	-	-	-
TOTAIS	7.532	1.359	557	2.291	30,4

de $3,5$ a $4 \times 10^{-7} \text{ g/cm}^2\text{-min}$ (Yap 1974). Este parâmetro V_d tem íntima relação com as características texturais e estruturais dos solos e com a profundidade do lençol freático. As plantas segundo a sua espécie, variedade e estágio de crescimento mostram diferentes graus de sensibilidade às deficiências de oxigênio. Plantações de videira observadas no médio São Francisco têm seu desenvolvimento praticamente paralisado por efeito dos excessos de umidade provocados por chuvas, afetando a produção com quedas de até 80%.

A Figura 1 mostra a elevação do lençol freático afetada por drenagem artificial, apresentando-se mais elevado a medida que se afasta do dreno. Do mesmo modo, o teor de umidade acima do lençol é maior quanto maior for a distância do dreno (Fig. 2); inversamente, o fornecimento de oxigênio (nível de aeração) é menor quando se afasta do dreno. A distribuição de umidade no perfil comportou-se como dependente do espaçamento entre drenos (Valdivieso et al. 1986) (Fig. 3).

Os processos de fixação do N e nitrificação são de natureza aeróbica favorecidos com um adequado equilíbrio entre O_2 e CO_2 (Yap 1974).

Absorção de Nutrientes

Alguns autores têm determinado que, por cada centímetro de aprofundamento do lençol, 1kg de N/ha torna-se disponível para as plantas (Yap 1974). Quanto mais profundo está o lençol, maior é a penetração das raízes e maior a disponibilidade de nutrientes para absorção, principalmente quando os nutrientes são deslocados para camadas mais profundas. As relações de absorção de nutrientes com a profundidade do lençol foram estudadas para citros por Minessy et al. 1971 e Goor (1979), sob condições de campo

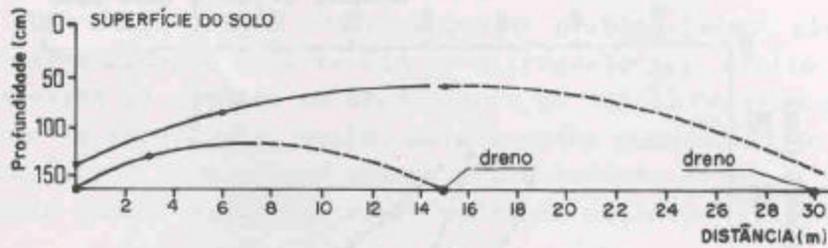


FIG. 1. Perfil do lençol freático entre drenos subterrâneos.

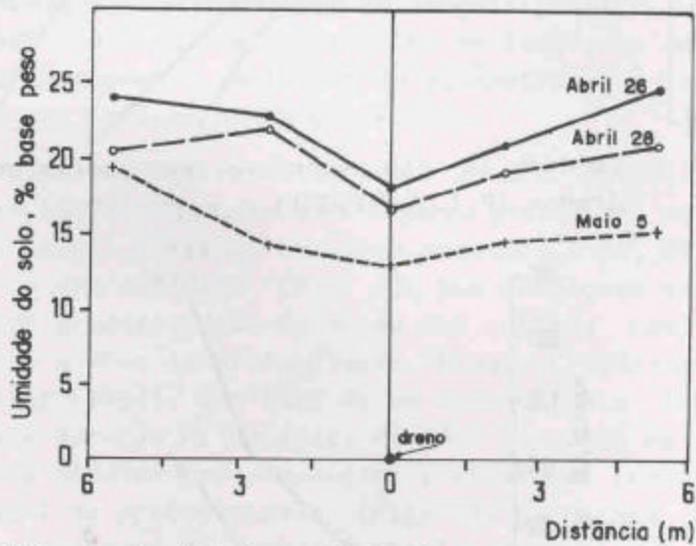


FIG. 2. Perfil de umidade do solo em função da drenagem.

na República Árabe Unida e são ilustradas na Figura 4, onde se observa que a absorção dos elementos aumenta com a profundidade do lençol, principalmente no caso do Ca e N.

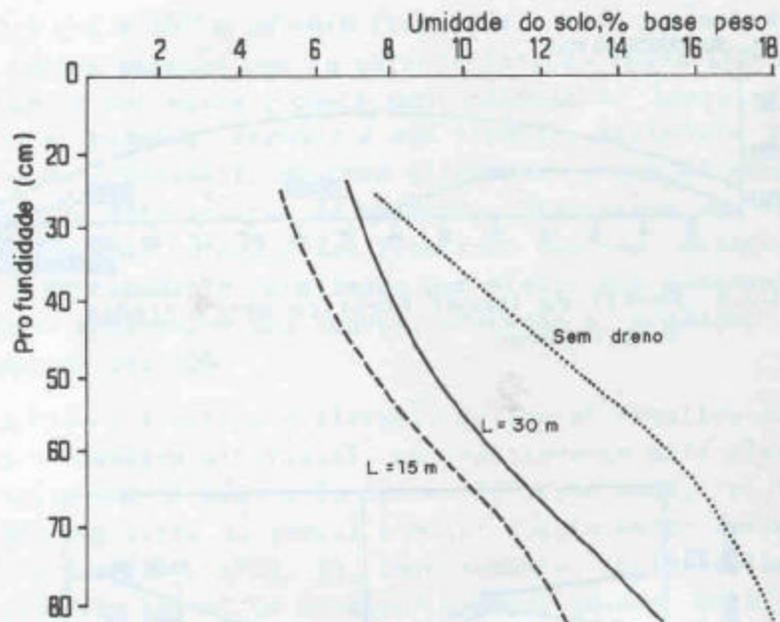


FIG. 3. Umidade do solo segundo o espaçamento entre drenos (P.I. MANIÇOBA).

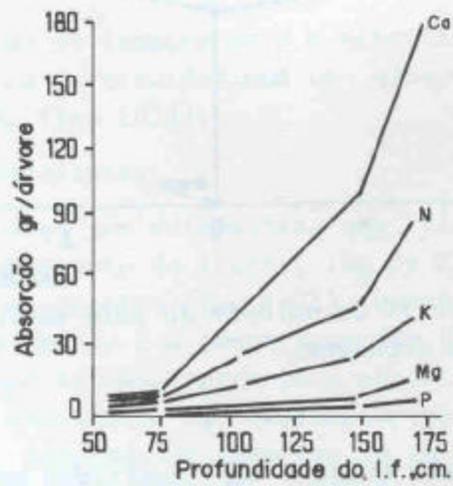


FIG. 4. Absorção de nutrientes com lençol freático a diferentes profundidades

Van Hoorn (1958) observou que as plantas ficam cloróticas indicando deficiência de nitrogênio por efeito de excessos de umidade em decorrência de lençol freático próximo da superfície. Assim, para a mesma quantidade de nitrogênio disponível no solo a produtividade de grãos foi maior quanto maior foi a profundidade do lençol (Fig. 5).

A cana-de-açúcar por exemplo, pode apresentar clorose e morte principalmente das folhas inferiores, resultante da deficiente absorção de nitrogênio, por alagamento prolongado.

Profundidade do Lençol e Produtividade

O efeito da profundidade do lençol freático na produtividade é difícil de quantificar em condições de campo, devido ao número e variedade de parâmetros e à interação destes que influem na produtividade.

A nível de laboratório Hiler et al. (1970) citado por Yap (1974) trabalharam com sorgo granífero em lisímetros e lençol freático estático regulado a 30, 60, 90 e 120cm de profundidade (Fig. 6). Nas condições do estudo, a máxima produtividade do sorgo foi obtida com lençol freático a 90cm de profundidade. Visser (1958) citado por Wesseling (1974), com base em um levantamento intensivo de longa duração na Holanda, dividiu os solos em sete diferentes classes para descrever o efeito da profundidade do lençol na produtividade (Fig. 7). As curvas mostram uma profundidade de lençol "umbral", no qual são obtidas as melhores produtividades. Lençol freático menos ou mais profundo daquele valor, implica em produtividades menores. Segundo as curvas, o efeito é menos pronunciado a profundidades maiores que o umbral.

Williamson & Kriz (1970) apresentam relações da produtividade de algumas culturas com a profundidade de lençol freático (Fig. 8). Estes valores têm procedência diversa

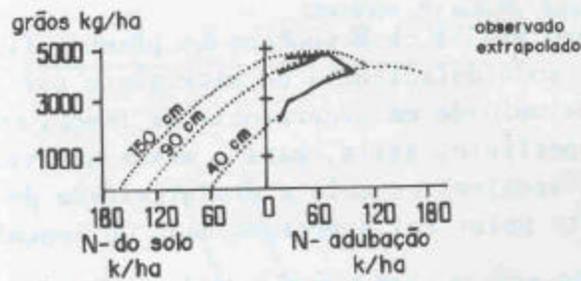


FIG. 5. Disponibilidade de N e profundidade de grãos a diferentes profundidades do lençol freático.

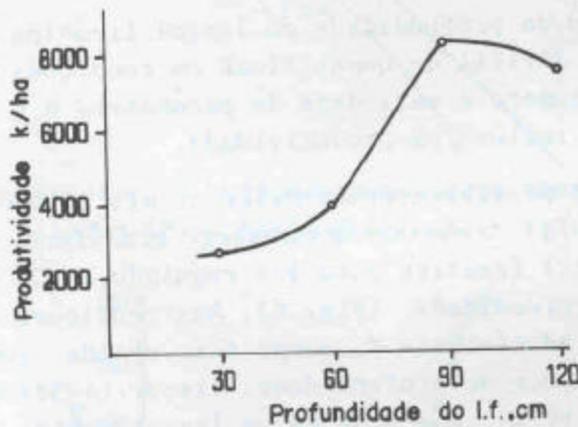


FIG. 6. Produtividade do sorgo granífero com lençol freático a diferentes profundidades.

mas podem ser considerados na ausência de informação local. Uma observação importante nessas relações é que todas as culturas representadas na Figura 8 atingem sua maior produtividade com o lençol freático a profundidades maiores de 60cm. Acima deste nível a produtividade cai consideravelmente.

Por outra parte, Risseuw & Bazan (1973) propõem um mé

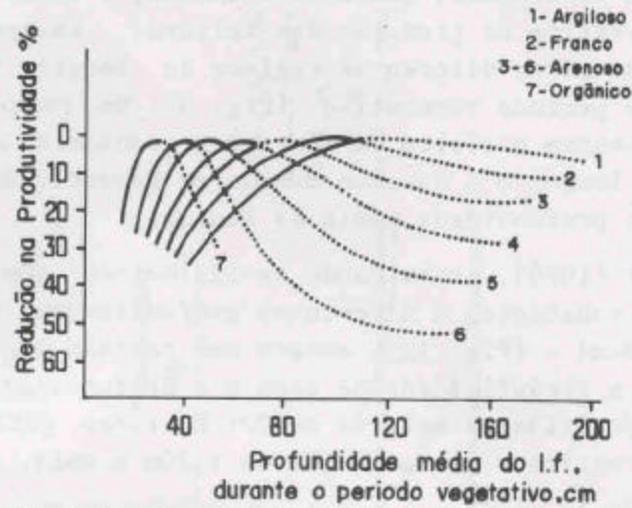


FIG. 7. Produtividade das culturas a diferentes profundidades do lençol freático.

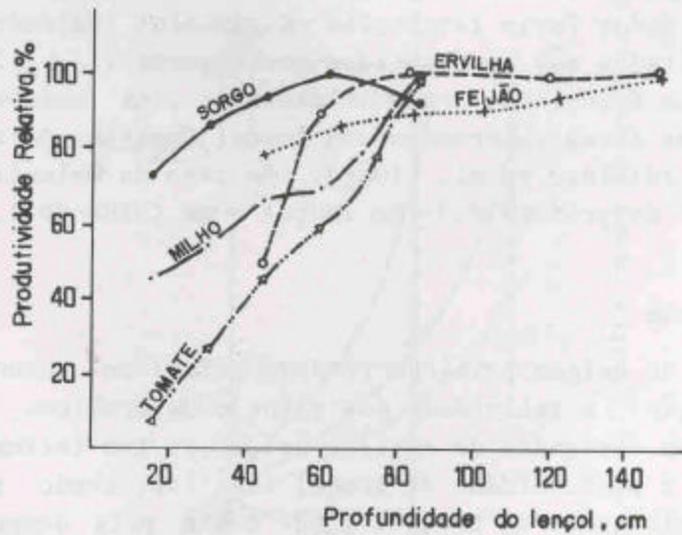


FIG. 8. Produtividade de algumas culturas e profundidade do lençol freático.

todo para determinar, quantitativamente, a influência do regime freático na produção das culturas, mostrando os efeitos de cinco diferentes regimes do lençol freático durante o período vegetativo (Fig. 9). Os referidos autores destacam o efeito de elevações eventuais e esporádicas do lençol e a duração destas na produtividade, em relação à profundidade média do lençol.

Carter (1976), trabalhando em lisímetros com lençol freático constante, a diferentes profundidades (60, 80, 100 e 120cm) - (Fig. 10), obteve uma relação linear direta entre a produtividade de cana e a profundidade do lençol. Produtividades maiores de 70t/ha foram obtidas com lençol freático à profundidade de 1,20m a mais.

Em trabalhos do autor no médio São Francisco tem-se observado, preliminarmente, as relações de produtividade da melancia e da cana-de-açúcar com profundidade do lençol; os dados foram levantados em parcelas indicadoras e os resultados são apresentados nas Figuras 11 e 12. No médio São Francisco, produtividades de cana maiores de 7t/ha/mês foram observadas com lençol freático maior que 90cm, Valdivieso et al. (1985). No caso da melancia, o "umbral" de profundidade do lençol é em torno de 1,20m.

Salinidade

Seja de origem primária (pedogenético) ou secundária (irrigação), a salinidade dos solos é um problema comum nas áreas irrigadas de regiões áridas, e tem íntima relação com a profundidade do lençol freático, sendo responsável pela queda da produtividade e até pela degradação das terras levando ao seu abandono: Medidas de drenagem são necessárias para a recuperação dos solos com problemas de sais.

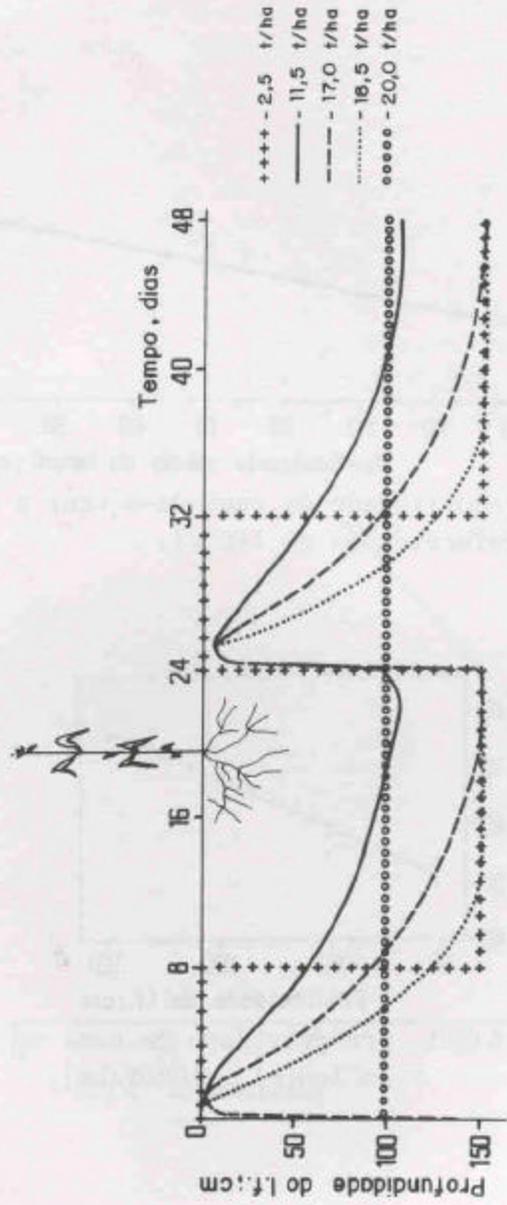


FIG. 9. Diferentes casos de regimes de lençol.

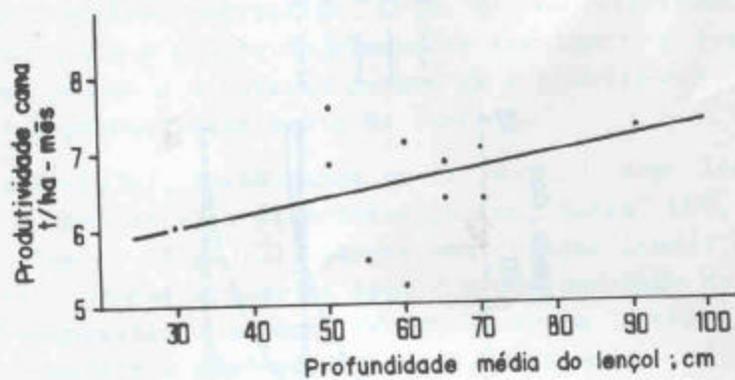


FIG. 10. Produtividade da cana-de-açúcar a diferentes profundidades de lençol.

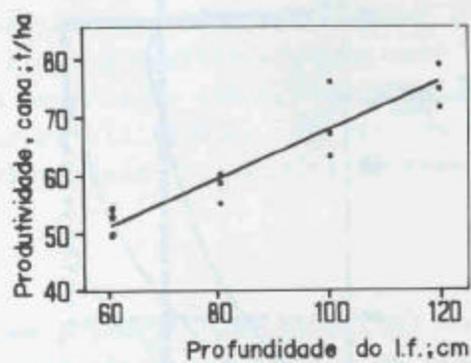


FIG. 11. Produtividade da cana em função do lençol (AGROVALE).

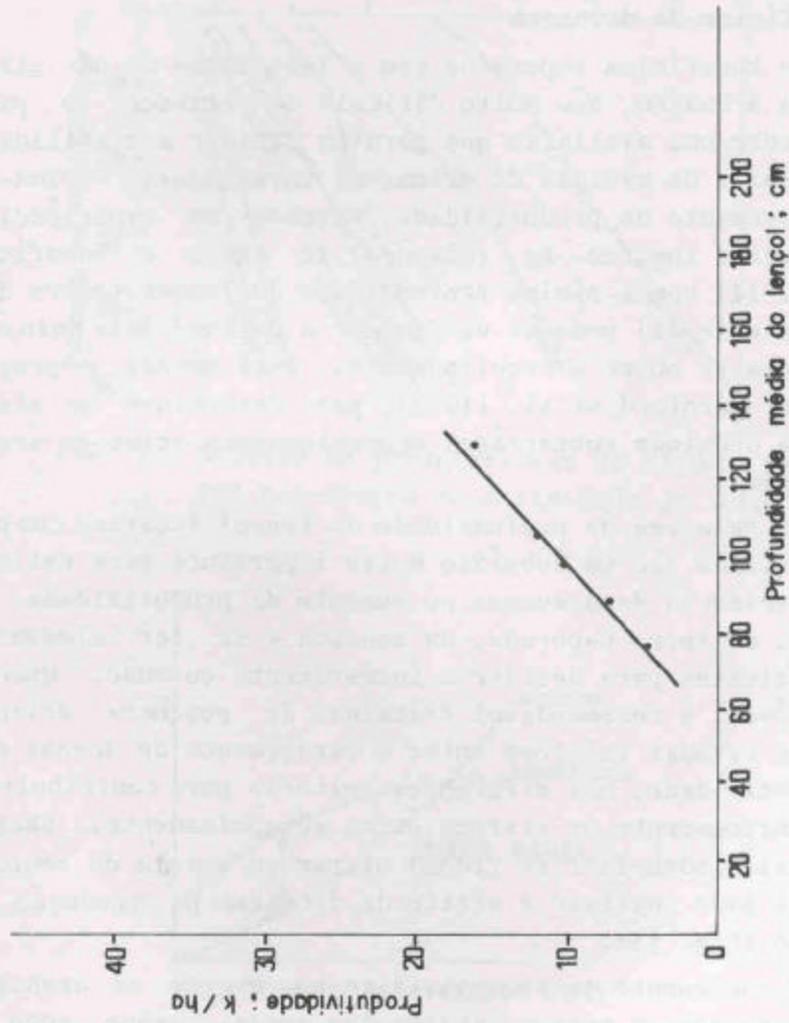


FIG. 12. Produtividade da melancia em função do lençol (P.I. Bebedouro).

A Figura 13 mostra o efeito de diferentes graus de salinidade na produtividade de algumas culturas importantes na região, graficado a partir de dados de Bernstein (1974).

Benefícios da drenagem

Os benefícios esperados com a instalação de um sistema de drenagem, são muito difíceis de predizer, e para proceder uma avaliação que permita decidir a viabilidade econômica de medidas de drenagem, normalmente, estima-se o incremento de produtividade, baseado em experiências de outros lugares. Em relações de custo e benefício (Fig. 14) com a mínima profundidade do lençol (entre drenos paralelos) pode-se determinar a profundidade $H_{min\acute{o}ti}$ para se obter a receita máxima; este método é proposto por Durnford et al. (1982), para determinar um sistema de drenagem subterrânea economicamente ótimo em áreas irrigadas.

As relações de profundidade do lençol freático com produtividade são um subsídio muito importante para estimar a eficiência da drenagem no aumento da produtividade, isto é, do lucro esperado, de maneira a se ter elementos suficientes para decidir o investimento ou não. Quando possível, é recomendável trabalhos de pesquisa orientados a estudar relações entre o espaçamento de drenos e a produtividade, nas diferentes culturas para contribuir no dimensionamento do sistema ótimo economicamente. Skaggs & Nassehzadeh-Tabrizi (1982) usaram um modelo de computadores para analisar o efeito da drenagem na produção de milho (Fig. 15).

O incremento da produtividade por efeito da drenagem está sujeito a outros fatores dos quais, alguns, como o clima, não são controláveis, e podem influir positiva ou negativamente, evidenciando ou mascarando o efeito da drenagem. Para ilustrar o potencial da drenagem subterrânea

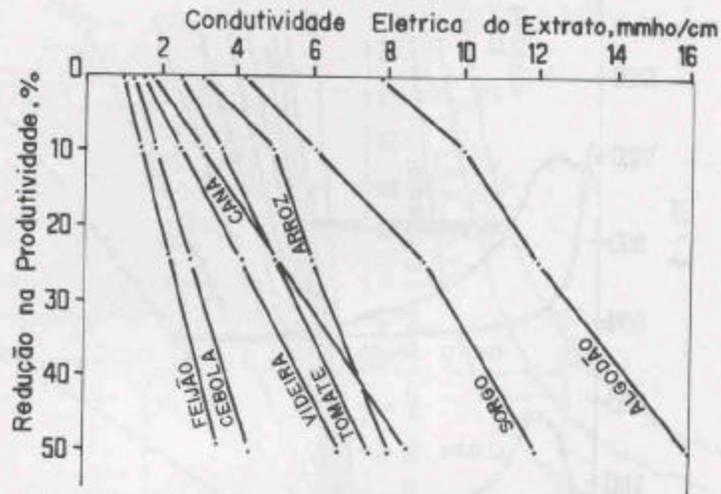


FIG. 13. Redução da produtividade de algumas culturas por efeito da salinidade do solo.

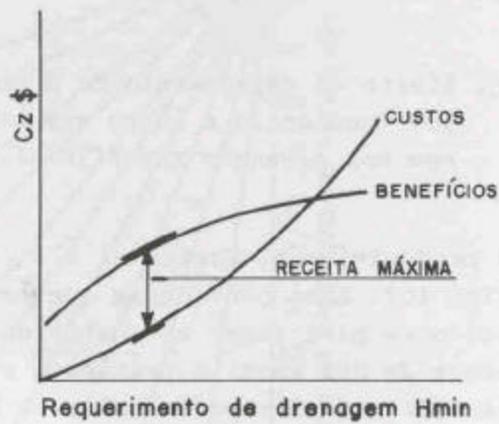


FIG. 14. Relação entre profundidade de drenagem, custos e benefícios.

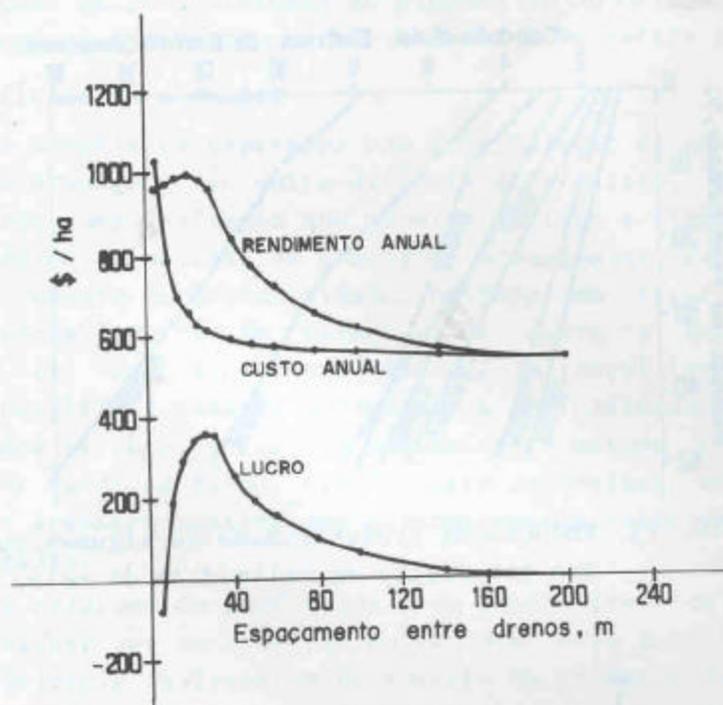


FIG. 15. Efeito do espaçamento de drenagem no custo, rendimento e lucro num barro arenoso com boa drenagem superficial.

no aumento de produtividade, Carter et al. (1982) usam um nomograma (Fig. 16). Eles consideram que se os benefícios são suficientes para pagar os custos da drenagem subterrânea em menos de dez anos, a prática é viável. Entrando no nomograma por um lado com um valor de incremento da produtividade e por outro com um espaçamento entre drenos, determina-se, por intersecção, o tempo necessário para amortização (anos), se o valor obtido for menor que dez o projeto é viável.

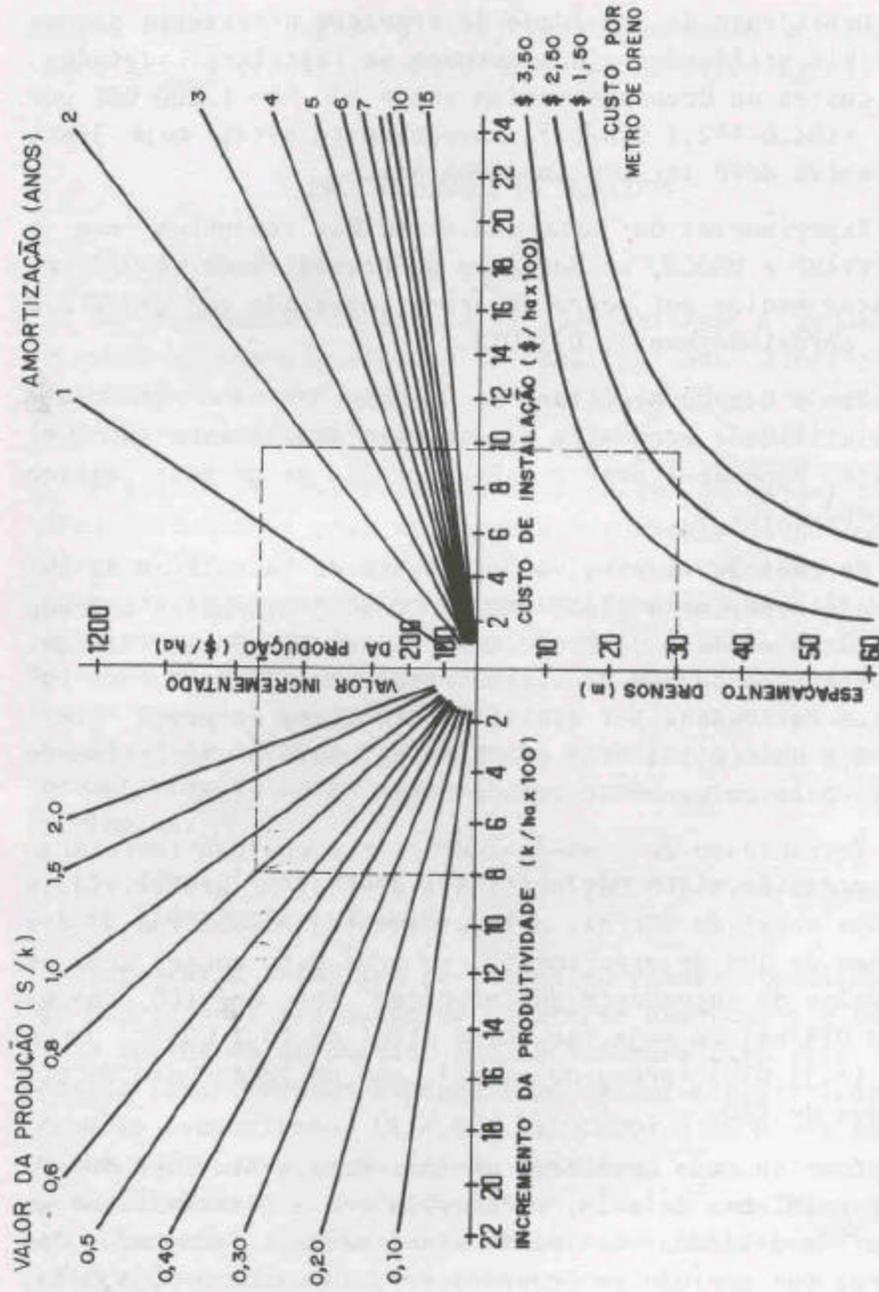


FIG. 16. Nomograma para estimar o potencial da drenagem subterrânea.

Dependendo da densidade de drenagem necessária dos materiais utilizados e dos métodos de instalação adotados, os custos de drenagem variam entre 800 e 1.400 US\$ por ha, (104,6-182,1 OTN/ha), investimento este, cuja justificativa deve ser bem fundamentada.

Experiências do autor em trabalhos conjuntos com a CODEVASF e DNOCS, no Nordeste do Brasil, indicam que os custos médios por metro de dreno instalado são de US\$ 2,0 ou aproximadamente, 0,3 OTN.

Com o uso do nomograma da Figura 16, foi analisada a viabilidade econômica da drenagem subterrânea para videira, cana-de-açúcar e a recuperação de um solo salino improdutivo.

No caso da videira, onde o custo de instalação da cultura é superior a 4.000 US\$/ha (520,3 OTN/ha) e a produtividade média é de 8.000kg/ha, considerando um sistema de drenagem de 30m de espaçamento, um incremento de 10% na produtividade por efeito da drenagem, ao preço atual de 0,8 US\$ (0,104 OTN) por kilo de uva, o investimento será pago em menos de dois anos.

Tratando-se de cana-de-açúcar, com custo de instalação da ordem de 1.500 US\$/ha (195,1 OTN/ha) e produtividade média anual de 80t/ha, o investimento num sistema de drenagem de 30m de espaçamento, só será pago em dez anos se o valor do incremento da produção for de 100 US\$/ha (13 OTN/ha) ou seja, ao custo atual de 10,4 US\$/t de cana (1,35 OTN) (preço no campo), com um incremento da produção de 14%.

Como no caso anterior, um solo totalmente improdutivo por problemas de sais, recuperado com a instalação de um sistema de drenos de 30m de espaçamento e plantado com arroz (no período de recuperação), ao custo de 0,3 US\$/kg,

(C,04 OTN/kg), pagará o investimento em menos de quatro anos caso a produtividade seja acima de 1.000 kg/ha.

PROCEDIMENTO DE ESTUDOS

a) Linhas de Estudo

No organograma da Figura 17 apresenta-se a seqüência e inter-relações de estudos necessários nas disciplinas envolvidas, para diagnosticar o problema de drenagem e analisar possíveis soluções.

O estudo ou investigações de drenagem devem dar subsídios suficientes para explicar a natureza e causa do problema e isto, por sua vez, é base para a escolha de soluções mais acertadas tecnicamente (Smedema & Rycroft 1983). Igualmente, devem dar informação para avaliar os efeitos nocivos do problema, caracterizando a área afetada, destacando períodos de excessos de água e a freqüência de ocorrência e os efeitos nas culturas em relação a produção e produtividade, assim como nas operações e calendários agrícolas.

As disciplinas envolvidas são topografia, solo, água, clima hidrologia e planta.

Topografia - implica no estudo do relevo, localização de depressões, avaliação de coletores existentes e possíveis pontos de evacuação. São necessários para este propósito levantamentos topográficos plani-altimétricos a escalas convenientes (1:5.000, 1:10.000) e ao nível de detalhe suficiente, como sejam, estradas, canais, construções, divisão parcelar, curvas de nível a cada 25 ou 50cm etc, bem como, perfis longitudinais de "talweges" naturais e drenos importantes existentes.

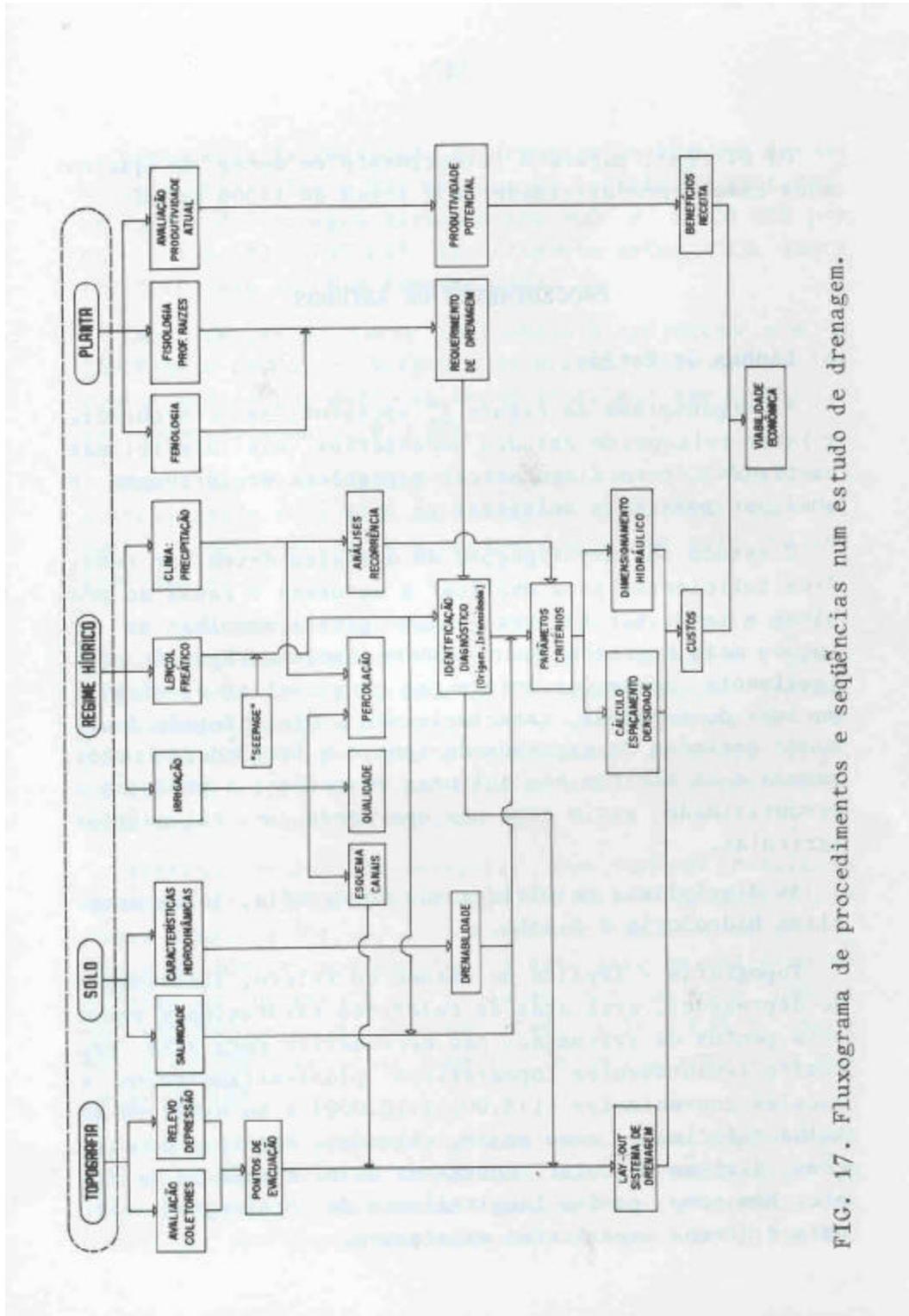


FIG. 17. Fluxograma de procedimentos e seqüências num estudo de drenagem.

Solo - contempla um diagnóstico de salinidade e a determinação das características hidrodinâmicas dos solos ou seja identificação de camadas de impedimento, determinação da infiltração, condutividade hidráulica e da porosidade drenável, assim como constantes hídricas e características de retenção e distribuição de umidade no solo. O estudo de solos culmina com a classificação da drenabilidade dos mesmos e o diagnóstico da salinidade.

Regime Hídrico - com o objetivo de identificar a origem do problema, intensidade e localização de áreas afetadas, faz-se uma análise dos componentes hídricos principalmente irrigação, precipitação, evapotranspiração, capilaridade e drenagem (balanço hídrico), para avaliar a contribuição destas aos problemas. Informações sobre a qualidade da água de irrigação e do lençol são também levantadas para diagnosticar problemas existentes ou potenciais de salinização. Em função das contribuições, a profundidade e flutuações do lençol freático são levantadas para identificar fontes de recarga, e quantificar fluxo subterrâneo. Elementos importantes no levantamento do lençol são os poços de observação e piezômetros. A informação obtida é processada e apresentada como mapas de isohipsas (curvas de igual nível do lençol) e isobatas (curvas de igual profundidade do lençol), e hidrogramas.

Planta - os aspectos fenológicos da(s) cultura(s) e do desenvolvimento em relação ao clima são observados referindo-se a etapas críticas do problema (máximas chuvas, salinidade excessiva, etc.), à idade da planta e estágios sensíveis no desenvolvimento. Do mesmo modo, determinam-se as necessidades de umidade e a profundidade efetiva das raízes, visando definir os requerimentos de drenagem

da(s) cultura(s) considerada(s). Também, avalia-se a produtividade atual com o objetivo de justificar ou evidenciar a necessidade de drenagem.

b) Solução Técnica

Com a caracterização da drenabilidade, do diagnóstico de salinidade, do estudo do lençol, e dos requerimentos de drenagem, definem-se os parâmetros e critérios de drenagem, profundidade requerida do lençol, tempo máximo para rebaixar o lençol a níveis requeridos, profundidade de instalação dos drenos e capacidade necessária do sistema. Estes elementos são necessários para o cálculo da densidade de drenagem (espaçamento) e da capacidade hidráulica dos drenos.

Por outro lado, o estudo topográfico, o esquema de irrigação existente e o diagnóstico de salinidade e drenagem (estudo do lençol) são combinados para se proceder ao traçado do lay-out do sistema de drenagem tecnicamente viável, bem como alternativas de solução. Devem ser consideradas aqui outras medidas complementares que possam diminuir as necessidades de drenagem, como por exemplo: melhoras no sistema de condução, distribuição e aplicação de água de irrigação (eficiência).

c) Viabilidade Econômica

Definida a solução técnica e possíveis alternativas, pode-se estimar os custos. Por outro lado, os benefícios da drenagem podem também ser estimados em função da produtividade atual e de funções de produção do lençol. A comparação dos custos e benefícios expressos em relações tais como B/C ou taxa interna de retorno, são os elementos para justificar ou não, economicamente, a solução ou a alternativa considerada para decidir o investimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNSTEIN, L. Crop growth and salinity. In: SHILFGAARD, J.V.ed. *Drainage for agriculture*. Madison, American Society of Agronomy, 1974. p.39-54 (ASA. Agronomy, 17).
- CARTER, C.E. Drainage parameters for sugarcane in Louisiana. In: NATIONAL DRAINAGE SYMPOSIUM, 3, Chicago, Illinois, 1976. *Proceedings...* St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers, 1977. p.135-8. (ASAE. Publication, 1-77).
- CARTER, C.E.; McDANIEL, V. & BENGTSON, R.L. Potential for subsurface drainage in the lower Mississippi valley. In: NATIONAL DRAINAGE SYMPOSIUM, 4, Chicago, Illinois, 1982. *Advances in drainage: proceedings*. St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers, 1982. p.23-33. (ASAE. Publication, 12-82).
- DURNFORD, D.S.; PODMORE, T.H. & RICHARDSON, E.V. Drainage: an incremental net benefit approach for optimal design. In: NATIONAL DRAINAGE SYMPOSIUM, 4, Chicago, Illinois, 1982. *Advances in drainage: proceedings*. St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers, 1982. p.42-9. (ASAE. Publication, 12-82).
- GOES, E.S. de. O problema de salinidade e drenagem em projetos de irrigação do Nordeste e a ação da pesquisa com vistas a seu equacionamento. In: REUNIÃO SOBRE SALINIDADE EM ÁREAS IRRIGADAS, Fortaleza, CE, 1978. *Anais...* s.l., SUDENE, 1978. p.4-24.

- GOOR, G.A.W. van de. Plant growth in relation to drainage. In: INTERNATIONAL INSTITUTE FOR LAND RECLAMATION AND IMPROVEMENT, Wageningen, Netherlands. Drainage principle and applications. Wageningen, 1979. v.1, p.91-122. (ILRI. Publication, 16).
- RISSEUW, I. & BAZAN, A. Método para determinar cuantitativamente la influencia de un régimen freático sobre la producción de los cultivos. Bol. Tec. Inst. Cent. Invest. Azucareras, Trujillo, Peru, 2(1):42-8, 1973.
- SKAGGS, R. W. & NASSEHZADEH-TABRIZI, A. Optimizing drainage system design for corn. In: NATIONAL DRAINAGE SYMPOSIUM, 4, Chicago, Illinois, 1982. Advances in drainage: proceedings. St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers, 1982. p.50-61. (ASAE. Publication, 12-82).
- SMEDEMA, L.K. & RYCROFT, D.W. Land drainage: planning and design of agricultural drainage systems. Ithaca, Cornell University Press, 1983. 376p.
- VALDIVIESO S., C.R.; SUGUINO, H.H.; CORDEIRO, G.G. & CALDAS, W.J. Drenagem subterrânea no Perímetro Irrigado de Maniçoba: critérios de dimensionamento e avaliação de desempenho. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 7, Brasília, DF, 1986. Anais... Brasília, ABID, 1986. v.2, p.645-62.
- VALDIVIESO S., C.R.; CORDEIRO, G.G. & PLASCENCIA, V. Investigações de drenagem para cana-de-açúcar; AGROVALE, área 5. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1985. n.p.

- VAN HOORN, J.W. Results of a ground water level experimental field with arable crops on clay soils. *Neth. J. Agric. Sci.*, 6(1):1-10, 1958.
- WESSELING, J. Crop growth and wet soils. In: SHILFGAARD, J.V.ed. *Drainage for agriculture*. Madison, American Society of Agronomy, 1974, p.7-37. (ASA. Agronomy, 17).
- WILLIAMSON, R.E. & KRIZ, G.J. Response of agricultural crops to flooding, depth-of water table and soil gaseous composition. *Trans. ASAE*, 13(2):216-20, 1970.
- YAP SALINAS, L.H. Efectos del nivel freático en la producción de cultivos. s.l., Universidad Nacional Agraria "La Molina", Departamento de Recursos de Agua y Tierra, 1974. 50p. (Publicacion, 37).

Composição: Margarida Maria Lima do Nascimento Santiago
Arte-final: José Cletis Bezerra
Normatização bibliográfica: SID/CPATSA