

Análise Simulada na Recuperação de Solos Afetados por Sais e na Resposta Produtiva dos Cultivos

LAZARO NONATO VASCONCELLOS DE ANDRADE¹
DECIO EUGÊNIO CRUCIANI²

¹UNEB--Universidade do Estado da Bahia
Alameda Andrade, nº 97, Apto. 101-A, 40100-060, Salvador-BA
Invandra@e-net.com.br

²ESALQ/USP--Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Departamento de Eng^a Rural - Av. Pádua Diaz, 11 - Caixa Postal 9
13418-900, Piracicaba - SP

Abstract. A relationship between crop yield and irrigation water salinity is developed using a simulation model in LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algebrico) for the basin of the Salitre river in the state of Bahia, Brazil. The relationship can be used as a production function to quantify the economic ramifications of practices which increase irrigation water salinity.

Keywords: Simulation Model and Salinity Lands.

1 Introdução

Este trabalho utilizou um método de análise para determinar a resposta de produção de cultivos agrícolas à salinidade da água de irrigação e salinidade do solo. Foi utilizado o modelo preditivo de resposta produtiva dos cultivos agrícola à água de irrigação salina proposto por Prendergast (1993) com base no Software para Processamento de Informações Georreferenciadas - SPRING e na Linguagem Espacial de Geoprocessamento Algebrico - LEGAL (Câmara et al., 1996). A bacia hidrográfica do rio Salitre no Estado da Bahia foi a região estudada.

Linhas de ordenação para níveis aceitáveis de salinidade da água de irrigação foram estabelecidos e a resposta produtiva da cultura de tomate industrial (*Lycopersicon esculentum*) para a condicionante ambiental regionalizada foi verificada para o processo de lixiviação de sais do solo como fator limitante.

Assim, o método estabeleceu parâmetros quantitativos e qualitativos considerando aspectos agrícolas e econômicos de produção, procurou a racionalização da atividade produtiva de uma determinada cultura estabelecida em área com problema de salinização, e permitiu a verificação do grau de ação das variáveis envolvidas no processo produtivo, de forma a estabelecer a recuperação do solo degradado de forma regionalizada, além de determinar os níveis aceitáveis de rentabilidade por área cultivada.

2 Revisão de Literatura

Sheridan (1981) caracterizou a degradação das terras como tendo os seguintes sintomas: declinante nível do lençol freático, salinização da superfície do solo e da água, redução das águas superficiais, elevada erosão não natural do solo, e a vegetação nativa muito esparsa. Dregne (1983) indica que os maiores processos de desertificação de regiões áridas são a erosão hídrica, a erosão eólica, a

salinização, a saturação, e a compactação do solo. Além disso, o mecanismo de formação de pavimentos desérticos e de camadas de solos cimentadas por carbonato de cálcio, encontrados nos desertos e outras regiões áridas e semi-áridas, faz o solo mais vulnerável à erosão. Estes processos tornam a terra mais estéril, que fica com características semelhantes ao deserto.

A água de irrigação contém sais dissolvidos que se acumulam na zona radicular com a evapotranspiração das culturas (Et), que remove a água e deixa os sais na superfície e em todo o perfil do solo. Com quantidades excessivas de sais solúveis acumuladas na zona radicular, as plantas e árvores têm dificuldade de extrair água da solução salina aquosa do solo resultando na redução do crescimento e produtividade das plantas.

A salinidade excessiva pode ser controlada pela aplicação de um total adicional de água de irrigação chamado requerimento de lixiviação. O requerimento de lixiviação - “*Leaching Fraction*” (LF), é uma necessidade extra de água para expressar a lixiviação como uma fração da porcentagem de água aplicada que penetra no solo (DD). Como definido pelo *U.S. Salinity Laboratory* (Richards, 1954) é a fração de água de irrigação (DI) que deve penetrar abaixo da zona radicular para manter a salinidade em um nível específico

$$LF = \frac{DD}{DI} \quad (1)$$

O LF varia com a tolerância à salinidade pela cultura e a salinidade da água de irrigação. Pode referir-se a uma medida quantitativa da salinidade, ou ser determinante no cálculo da lixiviação de sais específicos.

O LF pode ser calculado pela razão entre a condutividade elétrica da água de irrigação (ECwi) pela condutividade elétrica da água de drenagem abaixo da zona radicular (ECwd). Na prática o valor de ECwd não é facilmente mensurável, e o *U.S. Salinity Laboratory* recomenda utilizar a condutividade elétrica média da solução extraída do solo (ECe) e o ECwi para determinar o LF, de forma que

$$LF = \frac{ECwi}{5(ECe) - ECwi} \quad (2)$$

A redução no crescimento das culturas não ocorrerá se um determinado limite for mantido. Caso contrário, verifica-se uma redução linear da produção em relação a um aumento da salinidade da solução do solo (Sammis & Herrera, 1996).

A produção de culturas agrícolas sob condições de salinidade depende da tolerância das culturas aos sais e da salinidade na zona radicular, o último sendo determinado pelo LF. As equações de lixiviação expressam a salinidade da zona radicular em termos de salinidade da água aplicada e o requerimento de lixiviação. A escolha de uma equação particular dependerá de condições localizadas.

Existe uma série de equações que procuram descrever o fenômeno da lixiviação de sais no solo, como a equação de Rhoads (1974)

$$\frac{Cs}{Ci} = 0,5K \left(1 + \frac{1}{LF}\right) \quad (3)$$

onde Cs é a média linear da salinidade do solo na zona radicular (dS/m), Ci é a salinidade média da água aplicada (dS/m), K é um coeficiente empírico na equação, e LF é o requerimento de lixiviação.

Um outro exemplo é a equação de Bernistein & Francois (1973)

$$\frac{\langle C \rangle}{C_i} = \ln\left(1 + \frac{1}{LF}\right) \quad (4)$$

onde $\langle C \rangle$ é a salinidade média na zona radicular (dS/m), C_i é a salinidade média da água aplicada, e o LF é o requerimento de lixiviação.

Uma equação que também utiliza o requerimento de lixiviação (LF) e os parâmetros de salinidade do solo, é a equação de Hoffman & Van Genuchten (1983)

$$\frac{C_s}{C_i} = \frac{1}{LF} + \left(\frac{\delta}{z} LF\right) \left\{ \ln\left[LF + (1 - LF) \exp\left(\frac{z}{\delta}\right)\right] \right\} \quad (5)$$

onde C_s é a média linear da salinidade do solo na zona radicular (dS/m), C_i é a salinidade média da água aplicada (dS/m), δ/z é uma relação empírica, e LF é o requerimento de lixiviação.

O modelo descritivo desenvolvido por Prendergast (1993) para quantificar os efeitos da salinidade da água de irrigação na produção das culturas é ilustrado na **Figura 1**. Condições de fluxo contínuo são assumidas (steady state), e toda a quantidade de água foi expressa como lâmina aplicada.

A concentração de sais da água salina aplicada (C_i) em dS/m, para o modelo, pode ser determinada pela salinidade média da água de irrigação e chuva infiltrada, onde a chuva tem distribuição espacial e temporal durante a estação de crescimento da cultura. Esta C_i pode ser calculada como

$$C_i = \frac{[(R - R_o) \cdot C_r + W \cdot C_w]}{(R - R_o + W)} \quad (6)$$

onde R é a chuva durante a estação de crescimento (m), R_o é a chuva escoada superficialmente (m), C_r é a salinidade da chuva (dS/m), W é a lâmina de irrigação (m), e C_w é a salinidade da água de irrigação infiltrada (dS/m).

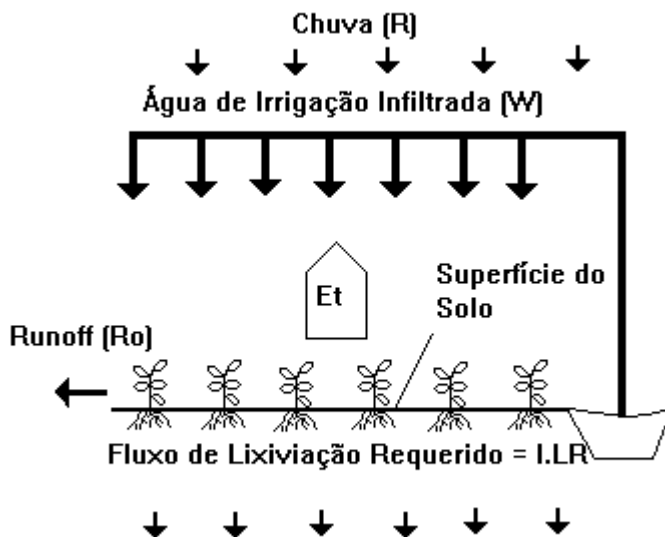


Figura 1 - Modelo conceitual para culturas irrigadas. As águas que entram são a chuva e a irrigação, que são então utilizadas pelas culturas como evapotranspiração ou provendo a lixiviação abaixo da zona radicular. Alguma chuva é perdida por runoff (Prendergast, 1993).

A lâmina de irrigação requerida depende do uso da água pela cultura, a qual pode ser estimada para um máximo de produção. Este máximo de produção é alcançado quando a evapotranspiração atual (**ETa**) for igual à evapotranspiração máxima (**ETm**). As medidas de evapotranspiração são determinadas a partir da evaporação de tanque classe A (**Ep**), multiplicada por um coeficiente de tanque de 0,85, e um coeficiente de cultura (**Kc**) (Doorembos & Kassam, 1974; Doorembos & Pruit, 1977), de forma que

$$\mathbf{ETm} = \mathbf{0,85.Kc.Ep} \quad (7)$$

O efeito da salinidade da água pode ser estimado por uma faixa de níveis de salinidade na zona radicular. Alguns destes níveis resultará na redução da produção e na redução do uso da água pela cultura. A redução na evapotranspiração pode ser razoavelmente estimada pela hipótese de que o uso da água está linearmente relacionado à produção (Doorembos & Kassam, 1974; Hanks, 1974; Stewart et al. 1977), que é,

$$\left(1 - \frac{\mathbf{Ya}}{\mathbf{Ym}}\right) = \mathbf{Ky} \cdot \left(1 - \frac{\mathbf{ETa}}{\mathbf{ETm}}\right) \quad (8)$$

onde **Ya** e **Ym** são a produção atual e máxima e **Ky** é um fator de resposta de produção. Uma maior sensibilidade da produção ao stress hídrico ocorre com valores altos de **Ky**.

Prendergast (1993) desenvolveu uma equação geral que permite estabelecer a produção relativa de uma determinada cultura à salinidade da água de irrigação considerando diferentes LF, a qual engloba alguns dos conceitos anteriormente mencionados, de forma que

$$\mathbf{Y} = \mathbf{1 + 0,01 * B * A - 0,002 * B * K * \left(1 + \frac{1}{LF}\right) * \left[Cw - \frac{(R - Ro)(Cw - Cr)Ky(1 - LF)}{0,85 * Kc * Ep * (Y + Ky - 1)}\right]} \quad (9)$$

onde **Y** é a produção relativa da cultura, **B** é a redução de produção fracionária por unidade de aumento da salinidade na zona radicular (dS/m), **A** é o limite de salinidade na zona radicular de produção de uma cultura na equação de Maas e Hoffman (1977) (dS/m), **K** é o coeficiente empírico da equação de lixiviação de Rhoads (1974), **Cw** salinidade média da água de irrigação (dS/m), **R** é a lâmina de chuva durante a estação de crescimento (m), **Ro** é o escoamento superficial ou Runoff (m), **Cr** salinidade da água de chuva (dS/m), os outros parâmetros foram anteriormente definidos.

3 Materiais e Métodos

Uma característica preliminar da Bacia Hidrográfica do Rio Salitre é a exiguidade de reservas hídricas aliada a fatores climáticos adversos, que acarretam sérios problemas de desgaste na economia hídrica regional promovendo paulatina degradação dos reduzidos recursos.

A análise das características climáticas e fluviomorfológicas da Bacia assume importância fundamental no estudo das potencialidade dos recursos naturais. A potencialidade hídrica, representada pelas vazões em trânsito nos cursos d'água, depende essencialmente do clima e das características físicas da Bacia contribuinte. Torna-se fácil, portanto, compreender a ênfase atribuída a esses dois fatores como preliminar de qualquer estudo hidrológico.

A partir destas considerações iniciais foram criados vários Planos de Informações - PI' s com os dados disponíveis (SEPLANTEC, 1986) utilizando-se o SPRING. De uma forma resumida os PI' s criados e de importância para aplicação no modelo de Prendergast estão listados na **Tabela 1**.

Localização e Forma da Bacia.

A bacia do rio Salitre faz parte da bacia do rio São Francisco e se encontra localizada entre as latitudes 9°27' e 11°30' Sul e entre as longitudes 40°22' e 41°30' Oeste, limitada pelas bacias dos rios Tourão e Jacaré.

O seu curso d'água principal - o rio Salitre - nasce na Chapada Diamantina, no município de Morro do Chapéu e deságua no rio São Francisco, 20km a montante da cidade de Juazeiro.

A área da bacia foi avaliada em 14.510 km² sendo que a topografia muito plana e a ausência de rede hidrográfica no seu trecho inferior podem prejudicar a precisão desta estimativa.

Seu perímetro está em torno de 640 km e o comprimento do rio Salitre tem um total de 270 km. A **Figura 2** mostra as feições desta bacia hidrográfica com o cruzamento de dois planos temáticos solos e salinidade potencial das águas superficiais, formando um PI temático da suscetibilidade dos solos à salinidade das águas de superfície e subterrâneas da bacia.

Tabela 1 - Nome das categorias, planos de informação e descrição de geo-campos e geo-objetos criados para formar o banco de dados georreferenciados da bacia do rio Salitre.

Categorias	Planos de Informação	Modelo e Descrição
Solo	classes	Temático - classes de solos da bacia
Cobertura_Vegetal	cob_veget_87	Temático - cobertura vegetal da bacia
Isoietas_e_Declives	isoietas	Numérico - amostras de precipitação pluviométrica
“	evaporação	Numérico - amostras de evaporação de tanque
Defict_Hídrico	defict_hídrico	Numérico - grade retangular defict hídrico
Zoneam_da_Salinidade	sal_hidric	Temático - teor de sólidos dissolvidos das águas
Permeabilidade	permeabilidade	Temático - permeabilidade dos solos
Suscetib_Solos	suscetib_solos87	Temático- suscetibilidade dos solos ao teor da água
“	Solo_Salinity	Temático - cruzamento classes x sal_hidric LEGAL
Manejo	asilpas87	Temático - proposta de manejo 1987
Drenagem	hidrografia	Rede - rede hidrográfica da bacia
“	hidrogrf_100	Rede - rede hidrográfica no baixo salitre
Geologia	geologia2	Temático - formações geológicas da bacia
Imagem_AVHRR	AVHRR_jun92a_m1	Imagem - AVHRR do baixo salitre NDVI jun/92
Imagem_TM	Imagem_TM3_baixo	Imagem - baixo salitre Landsat TM banda 3
“	Imagem_TM4_baixo	Imagem - baixo salitre Landsat TM banda 4
“	Imagem_TM5_baixo	Imagem - baixo salitre Landsat TM banda 5
“	IVDN	Imagem - LEGAL NDVI TM3 x TM4
Produção	Prod_rel_LF10%	Temático - produção para LF10% LEGAL
“	Prod_rel_LF5%	Temático - produção para LF5% LEGAL
“	Prod_rel_LF1%	Temático - produção para LF1% LEGAL
Climatologia	Ep	Temático - dados de evaporação
“	R	Temático - dados de chuva

O Plano Temático da **Figura 2** evidencia que 46% das terras, aproximadamente 6.680 km², desta bacia hidrográfica pode ser classificada como tendo uma forte ou moderada suscetibilidade a sofrer um

processo de salinização, uma vez que seus solos apresentam pouca profundidade, baixa permeabilidade, forte encrostamento superficial, alto teor de sais e reduzidos teores de matéria orgânica.

As águas superficiais da bacia oscilam entre 0,75 dS/m a 2,50 dS/m, enquanto que os poços subterrâneos podem atingir até 8 dS/m. Os dados presentes são ainda muito escassos, de forma que não se pode estabelecer conclusões muito precisas, necessitando-se portanto de detalhamento das informações. Como área de fronteira agrícola, faz-se urgente trabalhos e estudos sobre as demandas hídricas uma vez que o conflito pela água tem sido maior que o conflito pelas terras.

Zoneamento da suscetibilidade Solo - Água

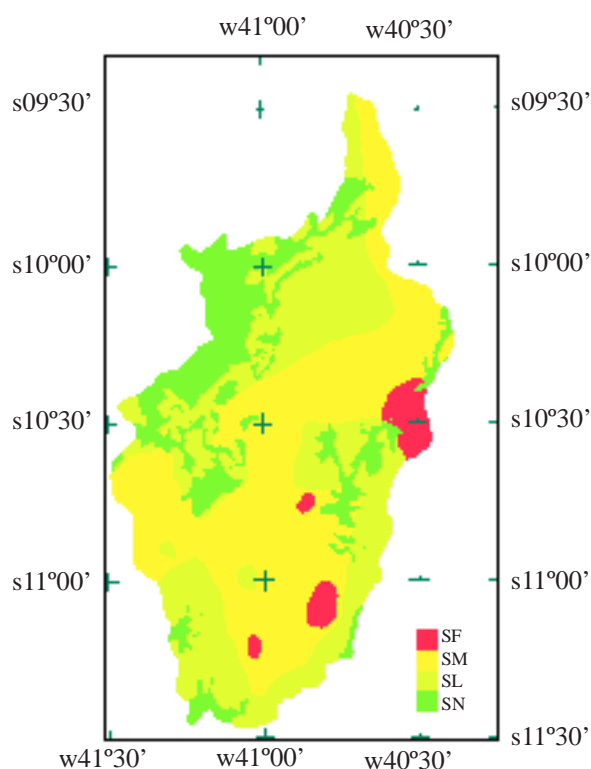


Figura 2 - Zoneamento da salinidade potencial da relação solo-água de superfície e subterrâneas da bacia do rio Salitre. SF = suscetibilidade forte, SM = suscetibilidade moderada, SL = suscetibilidade ligeira e SN = suscetibilidade nula (área de preservação).

Solos

Foram mapeadas as seguintes unidades: Cambissolo, Latossolo Vermelho Amarelo, Litólico, Planossolo, Bruno-Não-Cálcico, Podzólico Vermelho Amarelo, Areia Quartzosa, Regossolo, Vertissolo e vestígios de Solonetz associado ao Planossolo (**Figura 3**).

Os Cambissolos constitui a unidade de mapeamento predominante, com 40,34% da área total da bacia, e corresponde, geralmente, às áreas de substrato calcário. Estes solos são muito porosos, bem drenados, de textura franco-argilosa, rasos a moderadamente profundos, praticamente neutros a fortemente alcalinos. Considera-se como sendo os melhores solos da bacia para desenvolvimento da agricultura, com excelente permeabilidade e aeração. Possuem boa reserva mineralógica, permitindo

regular produção por longo tempo. É utilizado com pecuária extensiva de caprinos/ovinos na caatinga, como também para culturas irrigadas e de sequeiro nas áreas mais propícias para o cultivo.

O Latossolo Vermelho Amarelo ocupa uma superfície de 31,83% da área total. Este solo encontra-se disseminado em relevo suave e ondulado e nos topos planos de pendentes longas e se deriva de Metassedimentos do grupo Chapada Diamantina, sobressaindo-se as formações Morro do Chapéu, Tombador e Cabloco. Caracterizam-se pelo avançado grau de intemperização de arenitos grosseiros, mal estratificados. Apresentam como maior limitação ao uso agrícola, a baixa fertilidade natural, embora sejam fisicamente bons, de manejo fácil, praticamente sem problemas de erosão, podendo ser trabalhados com diversos tipos de máquinas agrícolas, devido à condição do relevo. Apresentam-se pouco cultivados, conservando quase intacta a vegetação natural, dados de uso correspondentes a 1986 (SEPLANTEC, 1986).

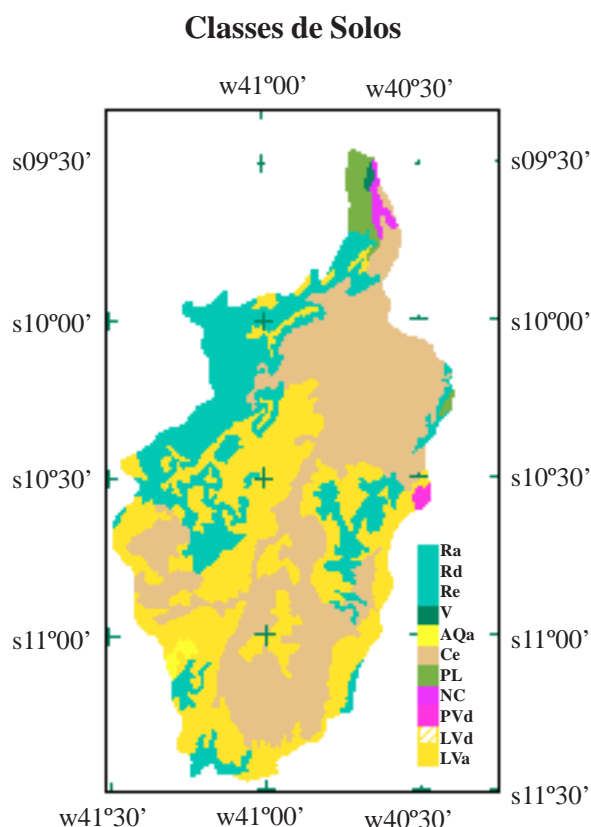


Figura 3 - Mapa das classes de solos da bacia do rio Salitre, onde Ra, Rd e Re são solos Litólicos álicos, distróficos e eutróficos, respectivamente; V são Vertissolos, AQa são Areias Quartizosas álicas e distróficas, Ce são Cambissolos eutróficos, PL se são Planossolos Solódicos associados a Regossolos, NC são solos Bruno-Não-Cálcico, o PVd são Podzólicos Vermelho Amarelo distróficos, LV d e a são Latossolos Vermelho Amarelo álicos e distróficos, respectivamente.

Os solos Litólicos, com 22,39% da área total, ocorrem em áreas dissecadas, com relevo variando de suave ondulado a fortemente ondulado. São solos pouco desenvolvidos, rasos ou muito rasos, apresentando bastante pedregosidade e rochiosidade na superfície, que condicionam a pequena

profundidade do solo, restringindo sua utilização agrícola. O uso principal é a pecuária extensiva e pequenas culturas de subsistência.

Os Planossolos, com 1,92 % da área total, situam-se nas proximidades da foz, na margem esquerda do rio Salitre. Estes solos geralmente pouco profundos, imperfeitamente drenados devido à topografia, possuem baixa permeabilidade e são bastante susceptíveis a erosão, são moderadamente ácidos a praticamente neutros, com solução e saturação de bases alta.

Os solos Bruno-Não-Cálcicos, que possuem 0,65 % da área total, situam-se à margem direita do rio Salitre, próximo a sua foz. São pouco profundos a rasos, moderadamente ácidos, de alta fertilidade natural, imperfeitamente drenados e bastante susceptíveis à erosão. Quanto ao uso atual, observa-se a pecuária extensiva na área da caatinga e culturas irrigadas nas proximidades do rio Salitre.

As demais unidades mapeadas, ou seja, Podzólico Vermelho Amarelo, Areias Quartzosas, Regossolo, Vertissolo e Solonetz, na sua soma representam 0,85% da área total e ocorrem em áreas restritas, apresentam baixa fertilidade e susceptibilidade a erosão, com exceção feita aos Vertissolos e Solonetz.

Análise Espacial (LEGAL)

De acordo com o modelo acima exposto, e com os dados georreferenciados dos diversos planos de informação da bacia, foi estabelecido um cruzamento entre planos temáticos que caracterizassem as variáveis ambientais do modelo.

Sendo assim, foi estabelecida a hipótese inicial de que para dados históricos médios de precipitação pluviométrica e evaporação poder-se-ia regionalizar a informação de utilização das terras mais propícias à atividade agrícola, de forma a se determinar qual a redução provável da produção agrícola se uma determinada fração de lixiviação for aplicada ao processo produtivo.

Foram consideradas as frações de lixiviação de 10%, 5% e 1%, uma vez que a reduzida demanda hídrica não permite elevadas frações de lixiviação sob pena de escassez de recursos e aumento da demanda de conflitos pelo uso da água.

Com os dados georreferenciados do teor de sólidos totais das águas superficiais e subterrâneas da bacia, foram estabelecidas as condutividades elétricas prováveis regionalizadas das águas de irrigação, conforme procedimento estabelecido por Rhoades et al. (1992).

Os fatores relativos à produção, ou seja, coeficientes de cultivo, fatores de produção de cultivos e tolerância do cultivo agrícola à salinidade, para fins de exemplificação, foram utilizados aqueles disponíveis para tomate (*Lycopersicon esculentum*) que é um cultivo agro-industrial muito desenvolvido na região do Médio São Francisco. A regionalização pode ser efetuada da mesma forma para outros cultivos desde que se tenha dados disponíveis. Para tomate os coeficientes utilizados foram **K=1,03; Kc=0,7; Ky=1,05, A=2,50 e B= 9,90.**

Dois outros fatores necessários à análise espacial que merecem uma discussão mais detalhada são a runoff e a salinidade da água das chuvas. Ambos são espacialmente distribuídos, e deveriam ser determinados através de trabalhos de campo. Entretanto, como a bacia apresenta a superfície mais propícia à prática agrícola bastante homogênea e plana, foi generalizada a informação de 25% da chuva incidente (Villela & Mattos, 1975). Para o segundo fator, a salinidade das águas das chuvas, foi utilizado o valor de 0,08 dS/m que é empregado para as condições australianas. Este valor teve que ser utilizado devido à completa falta de dados de pesquisa disponíveis sobre este assunto para a região Nordeste do Brasil (Holanda & Amorim, 1997).

Foram utilizadas a lógica booleana e as operações matemáticas pertencentes à LEGAL de forma que os planos de informação **Ep** e **P** da categoria **Climatologia**, **asilpas87** da categoria **Manejo** e **sal_hidric** da categoria **Zoneam_da_Salinidade**, fossem cruzados de forma a se obter os planos de informação **Prod_rel_LF10%**, **Prod_rel_LF5%** e **Prod_rel_LF1%** da categoria **Produção**, planos de informação estes que caracterizam a regionalização das respostas produtivas de tomate à aplicação de lâminas de lixiviação de 10%, 5% e 1%, respectivamente.

4 Resultados e Discussão

A **Figura 4** mostra a resposta produtiva provável do cultivo de tomate utilizando-se uma lâmina de lixiviação de 1% em toda a bacia hidrográfica. Esta situação, caracterizaria uma condição de escassez de recursos hídricos para a produção da cultura, de forma que a água aplicada é utilizada quase que somente para a produção agrícola, sem respeitar a variável ambiental de tolerância da cultura aos sais presentes na água de irrigação.

O que se observa como resposta é uma grande área com uma produção no intervalo de 40 a 20%. Ou seja, a produção provável de tomate da área agricultável na bacia do rio Salitre não ultrapassará 40% da produção máxima possível se uma fração de lixiviação de 1% for adotada na prática da irrigação sob regime dependente de chuvas.

Através desta observação pode-se estabelecer uma nova hipótese de que havendo escassez hídrica os recursos produtivos concorrerão para a salinização das terras se medidas de controle da demanda hídrica não forem tomadas para que as frações de lixiviação necessárias ao processo produtivo sejam aplicadas. Entretanto, qual deve ser a fração de lixiviação a ser aplicada que permita uma resposta produtiva adequada às variáveis ambientais ali inseridas?

As **Figuras 5 e 6** apresentam a resposta provável para o cultivo de tomate utilizando-se uma lâmina de lixiviação de 5% e 10%, respectivamente.

Observa-se na **Figura 5** um aumento significativo da resposta de produção para a faixa de 80 a 40% nas áreas agricultáveis. Neste caso já se permite evidenciar a importância da condição microclimática e da qualidade da água de irrigação na regionalização da resposta de produção, uma vez que estas variações de 80 a 60% e de 60 a 40%, são devido principalmente a estas variáveis, uma vez que as variáveis de produção estão sendo mantidas constantes.

Considerando uma fração de lixiviação de 10% o aumento de resposta produtiva de 100 a 80% é evidente, e neste caso o fator de sensibilidade não é mais devido as variáveis climáticas, mas sim à qualidade da água de irrigação como único fator limitante à produção da cultura, já que a suscetibilidade forte evidenciada na **Figura 2** caracteriza regiões com águas subterrâneas e superficiais com elevados teores de sais.

Neste caso, o modelo aplicado às condições estabelecidas pelas variáveis ambientais presentes na Bacia permitiu identificar regiões onde a resposta produtiva poderia ser afetada por uma determinada prática agrícola inadequada estabelecendo limites da utilização da água como fator de produção para aquela condição específica.

Uma vez que pouco se conhece sobre os dados de sensoriamento remoto e não é possível definir as classes de pixel com segurança, optou-se por uma classificação não supervisionada da região do Baixo Salitre, próximo a sua foz, onde se concentra os maiores projetos de agricultura irrigada, e por conseguinte, a maior suscetibilidade das terras ao problema de salinização.

Uma caracterização deste setor da Bacia devido às condições de extrema pobreza e das técnicas rudimentares aplicada a atividade agropecuária é uma estrutura fundiária marcada pelo grande número de minifúndios. A classificação aplicada reflete-se no agrupamento das classes em formas pontuais espalhadas por todo o setor.

Na classificação foi utilizada a banda 3 do sensor Landsat TM, imagens do ano de 1987. Foram identificadas áreas de exposição de solo características de processos pontuais de abandono devido ao problema da salinização, áreas de irrigação, pastagens e vegetação natural esparsa com forte tendência a degradação, e áreas de vegetação natural cuja ação antrópica ainda não se fez evidente. A cada uma destas classes foi associada a suscetibilidade forte, moderada e ligeira, respectivamente.

O resultado desta classificação mostrou que um total de 47.540 ha de terras desta região da bacia encontrava-se com suscetibilidade forte e moderada, totalizando 40 % da área total estudada no Baixo Salitre, sendo que as áreas abandonadas totalizavam 2.526 ha, com um total de 2,14 % da área estudada. Uma evidência encontrada é que a totalidade destes 2.526 ha encontra-se próxima aos rios Salitre e São Francisco, o que permite concluir que estão associadas a processos antrópicos ligados à prática da irrigação.

Resposta Zonal Agrícola para o LF de 1%

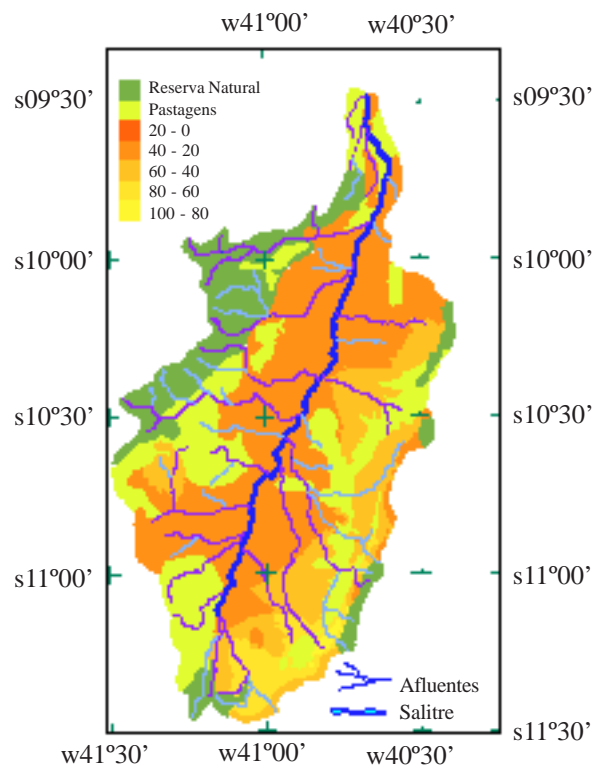


Figura 4 - Zoneamento da resposta produtiva para uma fração de lixiviação de 1%.

5 Conclusões e Recomendações

O modelo matemático permitiu concluir que uma fração de lixiviação de 10% permitiria uma resposta produtiva para tomate cultivado em toda a área agrícola da bacia da ordem de 100 a 80% de resposta produtiva.

O modelo matemático utilizado em conjunto com a ferramenta de Sistema de Informações Geográficas permite georreferenciar as informações de resposta produtiva, estabelecendo qual fator ou variável ambiental concorre de forma mais proeminente para a resposta produtiva dos cultivos.

A regionalização da resposta produtiva permite a ação localizada de forma a minimizar a degradação das terras, possibilitando uma informação mais precisa das áreas mais críticas.

O modelo não contempla a eficiência, os métodos e o manejo da irrigação e da drenagem das terras como práticas a serem empregadas na melhoria das condições de cultivo de forma que a fração de lixiviação seja reduzida. Estas variáveis podem ser inseridas e utilizando um método de otimização pode-se chegar a frações de lixiviação mínimas com produções máximas. Neste caso, a LEGAL deve estar apta a estabelecer operações matemáticas de programação linear no cruzamento destas informações.

Resposta Zonal Agrícola para o LF de 5%

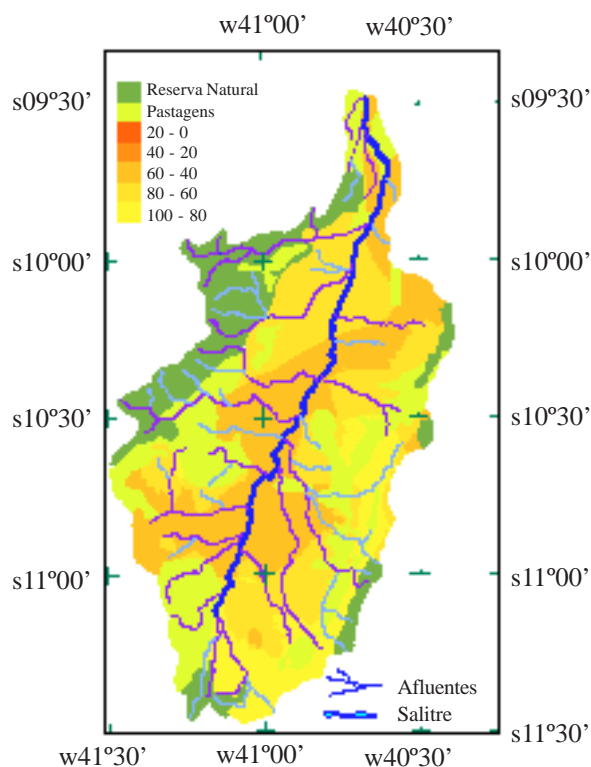


Figura 5 - Zoneamento da resposta produtiva para uma fração de lixiviação de 5%.

Resposta Zonal Agrícola para o LF de 10%

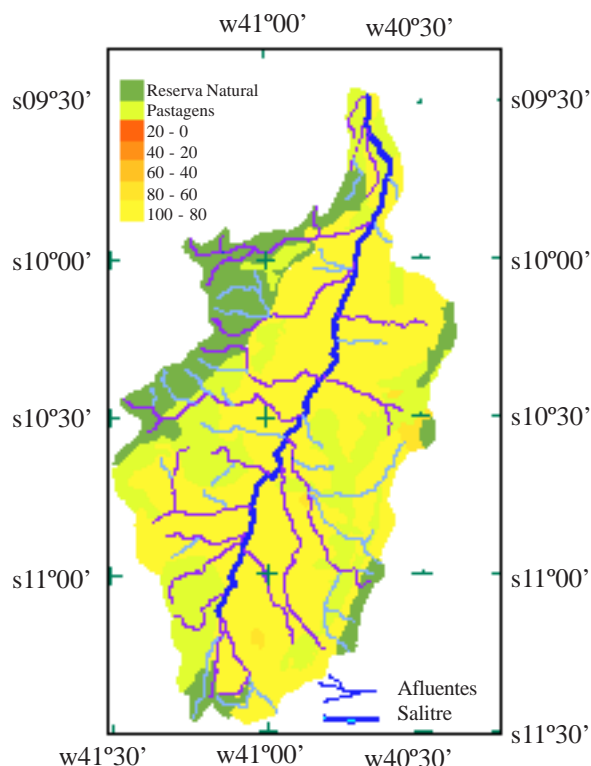


Figura 6 - Zoneamento da resposta produtiva para uma fração de lixiviação de 10%.

Referências Bibliográficas

- Bernstein, L.; Francois, L.E. Leaching requirement studies: sensitivity of alfafa to salinity of irrigation and drainage waters. *Soil Science Society American Proceedings*, 37: 931-943, 1973.
- Camara, G.; Freitas, U.M.; Souza, R.C.M.; Garrido, J. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modelling. *Computers and Graphics*, vol. 15, n.6, July 1996.
- Doorembos, J.; Kassam, A.H. *Yield Response to Water*. FAO Irrigation and Drainage Paper n° 33. FAO, Roma, 1979.
- Doorembos, J.; Pruitt, W.O. *Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper n° 24. FAO, Roma, 1984.
- Dregne, H. E. *Desertification of Arid Lands*. Harwood Academic Publishers, Londres, Paris e New York, 1983, 242 p.
- Hanks, R. J. Model for predicting plant growth as influenced by evapotranspiration and soil water. *Agron. J.*, 66: 660-665, 1974.
- Hoffman, G. J.; van Genuchten, M. T. H. Soil properties and efficient water use: water management for salinity control. In: Taylor, H.M., Jordan, W. R., Sinclair T.R. (eds) *Limitation to efficient water use in crop production*. *Am. Soc. Agron, Crop. Soc. Am., Soil Sci. Am.*, pp 73-85, 1983.

- Holanda, J. S.; Amorim, J.R.A. Qualidade da Água para Irrigação. In: Gheyi, H.R.; Queiroz, J.E.; Medeiros, J. F. de. (eds.). Simpósio “Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada”. *Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola*, pp. 137-165, 1997.
- Maas, E.V.; Hoffman, G.J. Crop salt tolerance - Current assessment. *J. Irrig. and Drainage Div.*, ASCE 103 (IR2): 115-134, 1977.
- Prendergast, J. B. A model of crop yield response to irrigation water salinity: theory, testing and application. *Irrigation Science*, 13: 157-164, 1993.
- Rhoades, J. D. Drainage for salinity control. In: Schilfgarde J. van (ed) Drainage for agriculture, agronomy. *Am. Soc. Agron.* 17: 433-461, 1974.
- Rhoades, J. D.; Kandiah, A.; Mashal, A. M. *The use of saline water for crop production*. Rome: FAO, 1992. 133p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48).
- Richards, L.A. (ed.). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington D. C. : U.S. Salinity Laboratory., 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).
- Sammis, T.; Herrera, E. *Leaching requeriments of pecan and fruit trees*. College of Agriculture & Home Economics, *Guide H-644*, http://rastros.nmsu.edu/cache/redtops/_h/h-644.html, 1996.
- SEPLANTEC [Secretaria de Planejamento Ciência e Tecnologia]. *Avaliação dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas do Estado da Bahia: bacia do rio Salitre*. Governo do Estado da Bahia, Secretaria de Planejamento, Ciência e Tecnologia, Volume-2, TOMOS 1 e 2, 1986.
- Sheridan, D. *Desertification of the United States*. U.S. Government Printing Office, 1981, 142 p.
- Stewart, J.I.; Danielson, R.E.; Hanks, R.J.; Jackson, R.M.; Hagan, W.O.; Pruitt, W.O.; Franklin, W.T.; Riley, J.P. *Optimising crop production through control of water and salinity levels in the soil*. Utah Water Lab Pub N° PRWG 151-1, 1977.
- Villela, S.M.; Mattos, A. *Hidrologia Aplicada*. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.