

IMPACTOS AMBIENTAIS DA AGRICULTURA NO PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO NO NORDESTE DO BRASIL¹

*Everardo V.S.B. Sampaio
Maria do Socorro B. Araújo
Yony S. B. Sampaio*

Resumo

O semi-árido Nordestino, com 1 milhão de km², 20 milhões de habitantes, precipitações baixas e variáveis, elevado risco da atividade agropecuária e nível tecnológico muito baixo, reúne os piores indicadores econômicos e sociais do país. A consequência têm sido sua lenta mas contínua degradação ambiental. A prevenção e o combate a esta degradação é o objeto da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação, da qual o Brasil é signatário. A desertificação é definida como a redução da produtividade biológica ou econômica das terras e a fragilidade ambiental, social ou econômica tem sido usada como medida da susceptibilidade a este processo. A desertificação é causada por uma interação complexa de fatores físicos, biológicos, políticos, sociais, culturais e econômicos, freqüentemente fechada em ciclos viciosos que costuma progredir em fases: 1) desmatamento; 2) degradação do solo; 3) redução da produção e da renda agropecuária; e 4) a deterioração das condições sociais. A erosão é a mais grave causa de degradação do semi-árido Nordestino, por sua irreversibilidade, pela grande extensão de solos rasos, pelos aguaceiros intensos e pela agricultura em áreas de declividade alta e sem qualquer medida de prevenção. As perdas de solo em caatinga não perturbada são inferiores a 0,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, enquanto em áreas agrícolas freqüentemente ultrapassam 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Mais preocupante é que essas perdas¹ equívalem a poucos mm de profundidade do solo e podem passar despercebidas em curto prazo. As consequências ambientais da degradação do solo são bastante graves por si próprias, mas seu aspecto mais danoso é na redução da capacidade de produção das terras, principalmente quando esta redução é irreversível. Não há medidas inquestionáveis da tendência de deterioração das produções, complicadas pela variabilidade no tempo, mas quase todos os indicadores mostram baixas produções e produtividades, tanto por área quanto por pessoal ocupado, em qualquer ano considerado, e ainda mais baixas nos anos de seca. As consequências sociais são expressas nos indicadores das áreas rurais Nordestinas, os piores do país.

Palavras-chave: Degradação ambiental, perda de solo, ambiente semi-árido

Abstract

Semi-arid Northeast, with one million km², 20 million inhabitants, low and variable rainfall, high agriculture and livestock production risks and low technological level, has the worst social and economical indicators in the country. The consequence has been its slow but continual environmental degradation. Prevention and combat of this degradation is the scope of the United Nations Desertification Convention, signed by Brazil. Desertification

¹ Este texto foi apresentado como palestra no XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

is defined as the reduction of land biological or economical production while environmental fragility has been used as a measure of susceptibility to this process. Desertification is caused by a complex interaction of physical, biological, political, social and economical factors, frequently following vicious cycles that progress according to the phases: 1) land clearing; 2) soil degradation; 3) reduction of agricultural production and income; and 4) deterioration of social conditions. Erosion is the most serious cause of degradation in semi-arid Northeast, due to its irreversibility, large area of shallow soils, intense rain episodes and planting in plots of high inclination, without any soil conservation method. Soil losses at undisturbed caatinga are below $0,1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$, while in agricultural plots frequently exceeds $30 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$. More troublesome is that these losses are equivalent to only a few mm of soil depth each year and can go unnoticed in the short run. The environmental consequences of this degradation are very serious by themselves but its worst aspect is the reduction in land production capacity, mainly when it is irreversible. There is no reliable monitoring of tendencies in production declines, which is complicated by its high variability in time, but almost all indicators signal low production and productivities, based both on area or labor, at any year, and even lower in drought years. The social consequences are expressed by indicators for rural Northeastern areas, the worst in the country.

Keywords: Environmental degradation, soil loss, semi-arid environment

1 - INTRODUÇÃO

O semi-árido Nordeste, com uma área em torno de 1 milhão de km^2 e uma população de cerca de 20 milhões de habitantes, é um dos maiores e mais densamente habitados do mundo. Quase metade desta população ainda é rural e tem as rendas médias mais baixas do Brasil, assim como reúne os piores indicadores econômicos e sociais do país. Como semi-árido, a região tem precipitações anuais baixas e muito variáveis, no espaço e no tempo, e evapotranspirações permanentemente altas. As conseqüências desta combinação de fatores têm sido o elevado risco da atividade agropecuária, o nível tecnológico muito baixo e a contínua degradação ambiental, muitas vezes lenta e insidiosa, acumulada nos 300 anos de exploração inadequada.

A prevenção e o combate a esta degradação e suas conseqüências são o objeto da **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação, nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África** (MMA s/d 1), da qual o Governo do Brasil é signatário. Apesar de signatário, muito pouco tem sido feito no país a respeito do assunto, tratado pelo governo com uma política inconsistente desde a assinatura da Convenção. A sociedade civil também tem contribuído pouco, com mobilização mais ativa em alguns dos núcleos de desertificação e campanhas esporádicas na mídia, muitas vezes com distorção grave de conceitos. Na Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, a desertificação foi tema de um dos Boletins Informativos de 2000 mas, apesar deste alerta, quase nada sobre ela foi publicado desde então. Neste Congresso, o tema volta a pauta, esperando-se que, a partir dele, desperte a consciência de cientistas e tomadores de decisão para o problema e que ele mereça mais atenção no futuro.

Este trabalho revisa o tema para o Nordeste, apoiando-se amplamente em livro recente publicado com a colaboração dos dois autores (Sampaio et al. 2003). Numa primeira parte, são revisados a definição e os conceitos de desertificação. Apesar de constarem do texto da Convenção, alguns pontos ainda são controversos. Mais importante

ainda, é que pouca gente leu o texto da Convenção e muitos baseiam seus conhecimentos na divulgação da mídia, que tem, quase que invariavelmente, confundido desertificação com formação de deserto. Uma segunda parte discute as principais causas e conseqüências da desertificação, mostrando o aspecto dinâmico do processo, seu avanço em etapas progressivas e a complexidade das inter-relações. A terceira revisa as análises já feitas sobre desertificação no Nordeste, com ênfase nos indicadores propostos para sua identificação e avaliação. Ela revela que as análises foram polarizadas em dois focos distintos: 1) um que tratou especificamente da desertificação e discutiu indicadores e sua aplicação mas deu ênfase aos trabalhos que se designaram como relacionados ao tema; e 2) outro mais difuso que tem tratado de degradação na região mas sem se enquadrar como de desertificação. A quarta parte dá ênfase a este último grupo mas concentrando no que tange a agricultura e mais especificamente a solos, tema deste Congresso, e deixando de lado toda a vasta literatura que trata dos problemas econômicos e sociais da região. A quinta parte traz algumas conclusões gerais e indicações de linhas futuras de trabalho.

2 - DEFINIÇÃO E CONCEITOS DE DESERTIFICAÇÃO

A desertificação foi definida pela Convenção (MMA, s/d 1) como: “*A desertificação deve ser entendida como a degradação da terra nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas*”.

O texto da Convenção traz uma série de explicações sobre os critérios adotados para caracterizar a desertificação. Elas são importantes porque a definição foi gerada nos meios diplomáticos que formularam o texto da Convenção e difere do sentido mais imediato que a palavra remete, que é de formação de deserto e que tem sido o sentido mais divulgado pela mídia, no Brasil, contrariando o conhecimento científico de que é pouco provável a formação de deserto no país. Na sua origem, a desertificação tinha realmente o sentido de formação de deserto, pela expansão do Saara no Sahel africano (Le Houérou 2002), mas o significado foi sendo modificado à medida que o texto da Convenção foi sendo elaborado.

A definição pode ser dividida em duas partes: 1) as zonas climáticas onde ela pode ocorrer; e 2) a degradação da terra e os fatores dos quais ela resulta.

O texto da Convenção limita a ocorrência da desertificação às áreas que se situam nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas entendidas como “*todas, com exceção das polares e subpolares, nas quais a razão entre a precipitação anual e a evapotranspiração potencial está compreendida entre 0,05 e 0,65*”. No Brasil, esta definição restringe a desertificação a uma parte da região Nordeste e do norte de Minas Gerais. Nas outras regiões pode haver processos de degradação da terra semelhantes aos desta parte do NE e de Minas Gerais, mas eles não podem ser denominados de desertificação e não se enquadram na Convenção.

A definição é propositadamente vaga quando trata de caracterizar a degradação das terras e os fatores que podem causar desertificação. Ela abrange “*vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas*”. “*Vários fatores*” deixa margem a que qualquer degradação da terra, seja lá qual for sua causa, seja considerada desertificação. “*Variações climáticas*” é por demais indefinida para um fenômeno variável por natureza e sem que sejam especificadas as escalas temporal e espacial. “*Atividades humanas*”, sem qualificativos, é tão abrangente que engloba todas as ações da humanidade, no presente e no passado. Não há área no mundo que não tenha sofrido alguma ação humana, direta ou indireta. No mínimo, a mudança na concentração de CO₂ da atmosfera.

Há uma menção específica no título da Convenção a “*secas graves*”. Não é explicado o que seria considerado grave, mas seca está definida como “*o fenômeno que ocorre naturalmente quando a precipitação registrada é significativamente inferior aos valores normais, provocando um sério desequilíbrio hídrico que afeta negativamente os sistemas de produção dependentes dos recursos da terra*”. A interpretação mais direta da parte inicial do título (**Convenção de combate à desertificação, nos países afetados por seca grave e/ou desertificação**) é que a Convenção se propõe a combater a desertificação, mas não os efeitos de seca grave. Os efeitos da seca seriam considerados na medida em que afetassem a desertificação. No entanto, a parte final, considerando seca grave **e/ou** desertificação, torna a definição menos clara. Poderiam ser dois fenômenos distintos e ambos merecedores da atenção da Convenção. Para o Brasil, o esclarecimento desta questão é importante porque as secas afetam uma porção grande do semi-árido e têm sido bastante estudadas no Nordeste, mas têm recebido pouca ênfase dos grupos que trataram de desertificação no Brasil. Para estes grupos, incluindo o Ministério do Meio Ambiente, parece valer a interpretação mais estrita do título. A falta de maior detalhamento sobre os efeitos das secas, no texto da Convenção, exceto a referência explícita ao efeito negativo nos sistemas de produção dependentes dos recursos da terra, parece dar razão a estes grupos.

Há uma nomeação mais detalhada das causas da desertificação na definição da degradação da terra, estabelecida pela Convenção como “a redução ou perda da produtividade biológica ou econômica e da complexidade das terras agrícolas de sequeiro, das terras agrícolas irrigadas, das pastagens naturais, das pastagens semeadas, das florestas e das matas nativas devido aos sistemas de utilização da terra ou a um processo ou combinação de processos, incluindo os que resultam da atividade do homem e das suas formas de ocupação do território, tais como: I) a erosão do solo causada pelo vento e/ou pela água; II) a deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas ou econômicas do solo, e III) a destruição da vegetação por períodos prolongados”.

Nesta definição, as ações humanas ainda estão todas potencialmente incluídas, mas há uma ênfase na ocupação do território e, especificamente nas que causam degradação do solo e desmatamento prolongado. Portanto, atividades extrativistas e processos agropecuários parecem ser uma preocupação relevante na Convenção. Esta ênfase é reforçada pela listagem das terras onde pode ocorrer a degradação. Ela inclui todas as terras agrícolas, as pastagens e as matas. Não há menção a áreas urbanas ou a áreas de mineração.

A definição da degradação da terra como “a redução ou perda da produtividade biológica ou econômica e da complexidade das terras” implica em mudança no tempo. Desertificação seria um processo, o resultado de uma dinâmica. Para ser caracterizada seria necessária uma série temporal de dados. O quadro instantâneo da situação não pode dar a medida da variação no tempo. Qualquer análise com base neste quadro tem de trazer implícito um quadro de referência, em geral uma suposição do que seria a situação passada.

Na ausência de dados de dinâmica tem-se usado dados atuais para determinar a susceptibilidade à degradação. Implícita nesta determinação há também uma série de suposições. A fragilidade ambiental, social ou econômica, ou seja, a baixa capacidade de resistir a mudanças tem sido usada como medida da susceptibilidade. Esta medida é importante na determinação de risco, na estimativa da progressão de desertificação já em curso e na avaliação de ações preventivas. No entanto, nas medidas ou avaliações de desertificação é preciso separar o que são mudanças verificadas por dados, o que são mudanças presumidas e o que é potencial de mudança. Frequentemente, estes três tipos estão misturados nos índices ou indicadores de desertificação.

Reduções de produtividade, assim como aumentos, são freqüentes dentro da variabilidade natural das áreas áridas a sub-úmidas. As definições não estabelecem escalas de tempo para estas reduções. Por outro lado, está definido que “por combate à desertificação entendem-se as atividades que fazem parte do aproveitamento integrado da terra com vistas ao seu desenvolvimento sustentável, e que tem por objetivo: I) a prevenção e/ou redução da degradação das terras; II) a reabilitação de terras parcialmente degradadas; e III) a recuperação de terras degradadas”. Esta definição introduz o conceito de produção sustentável e com ele tem sido colocado o problema de redução reversível e irreversível de produção.

A definição de combate à desertificação merece, ainda, dois destaques: 1) reforça a ênfase na degradação de terras num sentido que parece ligado a variável ambiental; e 2) introduz a idéia de desenvolvimento e aproveitamento integral. O objetivo de combate à desertificação é restrito à prevenção e redução da degradação das terras e à reabilitação e recuperação de terras degradadas. O caráter ambiental do objetivo é reforçado pela definição de terra como “o sistema bio-produtivo terrestre que compreende o solo, a vegetação, outros componentes do biota e os processos ecológicos e hidrológicos que se desenvolvem dentro do sistema”. Não há no objetivo uma preocupação direta com a dimensão social e econômica da desertificação. Esta preocupação só aparece indiretamente na idéia de desenvolvimento e aproveitamento integral. Junto com a referência à perda de produtividade econômica é a única menção específica, nas definições e explicações do texto da Convenção, à dimensão econômica e social. No entanto, esta preocupação está claramente colocada nas considerações que justificam a Convenção, das quais a primeira diz, literalmente: “os seres humanos das áreas afetadas ou ameaçadas estão no centro das preocupações do combate à desertificação e da mitigação dos efeitos da seca”.

Assim, se a preocupação central é com “os impactos adversos da desertificação” e “com a fonte de sustento de uma grande parte da população humana”, há o reconhecimento de que “a desertificação é causada por uma interação complexa de fatores físicos, biológicos, políticos, sociais, culturais e econômicos”. A Convenção reconhece a complexidade do processo e não parece querer resolver todos os problemas de suas múltiplas dimensões. Parece restringir-se aos objetivos imediatos de prevenir a degradação das áreas agrícolas e com vegetação nativa e recuperar as já degradadas. Estas prevenção e recuperação estão voltadas, prioritariamente, para a manutenção da capacidade de produção agropecuária e de produtos que possam ser extraídos da vegetação e fauna nativas. Parece ficar fora da preocupação mais imediata o aumento da renda e a melhoria das condições sociais, através de atividades que não envolvam extrativismo e agropecuária, incluindo todas as ações que diminuam a pobreza, aumentem o nível educacional, melhorem o estado sanitário, etc., mas que não se efetuem através da prevenção e redução da degradação das terras.

Uma questão importante é que a Convenção não estabelece tamanho mínimo para a área onde ocorre a degradação. Não há no texto referência à escala de observação e trabalho ou à área mínima a ser considerada, seja em termos absolutos ou proporcional à área de ocorrência possível. Esta questão é crítica no cálculo de índices de desertificação. Eles têm sido calculados para áreas maiores, microrregiões homogêneas (Ferreira et al. 1994), ou menores, município (Vianna & Rodrigues 1999). Dentro de cada uma destas unidades, têm sido usados indicadores que compreendem toda a área (por exemplo, densidade de população) ou apenas parte dela (por exemplo, existência de mineração). Neste último caso, não está definido o tamanho ou a proporção da parte considerada. Para grande parte dos indicadores, principalmente os econômicos e sociais, o município pode ser considerado como a unidade administrativa de trabalho. Para dados que não seguem as fronteiras políticas, como desmatamento em imagens de satélite ou mapeamento de solos, é

preciso estabelecer uma área mínima de trabalho. Assim, alterações ambientais de pequena dimensão, muito localizadas ou de efeito espacial restrito seriam descartadas. Isto inclui, por exemplo, parte considerável das minerações de calcário do semi-árido que exploram pequenos veios de poucos hectares.

3 – CAUSAS E CONSEQÜÊNCIAS DA DESERTIFICAÇÃO

A desertificação é um processo dinâmico, com uma cadeia de eventos, freqüentemente fechada em ciclos viciosos. Assim, alguns eventos podem ser a causa inicial do processo (Tabela 1) mas dão lugar a conseqüências (Tabela 2) que podem retroalimentar as causas originais. Como é raro o processo ser acompanhado em sua fase inicial, as análises geralmente encontram um emaranhado de causas e efeitos, sem que uns possam ser facilmente distinguidos dos outros. Soma-se à confusão o fato de que a maioria dos eventos pode ter múltiplas causas e múltiplas conseqüências. Apesar deste quadro complexo, o processo parece progredir em fases: 1) a degradação do solo em uma certa área; 2) a redução da capacidade produtiva da agropecuária nesta área; 3) a redução da renda agropecuária; e 4) a deterioração das condições sociais da população da área. A desertificação é plenamente caracterizada quando as quatro fases estão presentes e o ciclo vicioso faz com que uma reforce as seguintes. Nem sempre elas vão coexistir e a análise fica mais complicada.

A presença de uma das fases pode indicar que o processo está em início e o ciclo não está fechado. Ainda que a desertificação não esteja caracterizada, esta presença é um alerta e deveria conduzir a um monitoramento cauteloso do processo. Ressalte-se que qualquer das fases pode dar início ao processo. Por outro lado, a ausência de uma das fases pode indicar que a degradação ambiental, econômica ou social não obedece à cadeia de causalidades que constitui a desertificação. E, nesta seqüência (ambiental a social), as degradações vão obedecendo a teias cada vez mais complexas de fatores, logo, aumenta a probabilidade de que a presença de uma delas seja devida a fatores que não fazem parte da desertificação. Também aumenta a tendência a que os envolvidos tomem medidas de contenção das conseqüências ou remediação de seus efeitos.

O texto da Convenção é claro quanto à degradação ambiental causando desertificação e quanto à preocupação com as conseqüências sociais do processo. Há pouca menção à circularidade de causas e efeitos. No entanto, ela tem sido amplamente discutida. Na fase 2, a redução da capacidade produtiva da agropecuária em uma área pode levar a uma exploração mais intensiva da área ou à ampliação da exploração para locais marginais, previamente não explorados pela sua maior susceptibilidade à degradação. Num período inicial, evita-se que a cadeia prossiga para a fase 3, com queda da renda agropecuária. Mas, eventualmente, ambas podem levar a maior degradação do solo, reforçando a fase 1. Por outro lado, a redução na capacidade produtiva pode vir pela limitação de quaisquer dos fatores envolvidos na produção e não conduzir ao reforço da fase 1. O aumento na incidência de pragas, por exemplo, não necessariamente leva a uma exploração com maior degradação do solo. Em outros casos, pode ocorrer até o contrário. Por exemplo, a falta de mão de obra pode levar à substituição da agricultura pela pecuária, com menor produtividade da terra, mas com menor degradação de solo.

Numa fase posterior, como a fase 3, a complexidade de causas e conseqüências é maior e a caracterização da desertificação mais difícil. A queda de renda agropecuária pode

vir da menor produção da área, mas também de várias combinações de alterações nas demandas e nos preços de produtos e insumos. Estas alterações podem, inclusive, ter origem muito longe da área, como as oscilações de demandas e preços no mercado internacional. A queda na renda pode levar à fase 4, de deterioração nas condições sociais. Pode, também, mas não necessariamente, retroalimentar a cadeia, levando a exploração mais intensiva e mais agressiva ao ambiente. Menor renda agrícola pode implicar em menos recursos para prevenção da degradação e recuperação do solo, até para a reposição da fertilidade exaurida pelas culturas. Entretanto, pode ter efeito contrário, levando à migração e ao abandono progressivo da exploração das áreas marginais, de menor produtividade e de maior risco de degradação.

A fase 4, de deterioração de condições sociais, é a mais complexa e a que conduz a uma maior tomada de medidas paliativas. Os mecanismos de proteção da sociedade, desde as ações governamentais às ações de solidariedade humana internacional, tendem a atuar quando as condições atingem um ponto muito grave. As conseqüências mais imediatas são mais facilmente identificadas e combatidas. As causas mais profundas não só são de mais difícil identificação como costumam estar embutidas numa complexidade difícil de lidar. As medidas de combate aos efeitos da seca, no Nordeste, são um excelente exemplo dessa dificuldade, independente de que causas sejam alegadas para a ausência de medidas que resolvessem de vez o problema.

Como na discussão da fase 3, deterioração social pode ter causas claramente fora do âmbito da desertificação. Complicações políticas, por exemplo, podem levar ao desmantelamento da rede escolar ou hospitalar e nem resultarem do processo de degradação ambiental e econômica e nem serem sua causa. A deterioração social, no entanto, pode ser a causa inicial da desertificação. Por exemplo, o assentamento de grande número de sem terras em áreas de pequena dimensão e de baixa capacidade produtiva para cada família pode levar à exploração inadequada do solo e à sua degradação, iniciando o processo de desertificação. Mais freqüentemente, a deterioração das condições sociais vem de problemas econômicos, num processo interativo em que é difícil separar causa e efeito. Ambos podem ser resultado e gerar desertificação. Pobreza, baixo nível tecnológico e exploração inadequada dos recursos naturais ou alta relação homem terra, baixa renda per capita e cultivo de áreas inapropriadas compõem cenários comuns. A complexidade da seqüência de eventos no processo de desertificação é ilustrada pelas colunas das Tabelas 1 e 2, onde são listadas causas e conseqüências.

4 - ANÁLISES DA DESERTIFICAÇÃO NO NORDESTE

Vários trabalhos foram escritos no Brasil sobre desertificação desde que Vasconcelos Sobrinho (1971) introduziu o conceito no país. Estes trabalhos podem ser divididos em quatro grupos. O primeiro grupo, incluindo as apresentações do Seminário sobre Desertificação no Nordeste (SEMA 1986), tratou de identificar áreas desertificadas ou em processo de desertificação. Pelas descrições das áreas, a caracterização foi feita com base apenas em aspectos ambientais. As áreas identificadas eram desmatadas ou com vegetação muito pobre, sobre solos desnudos e com sinais evidentes de erosão. Algumas eram de pequena dimensão, como manchas na borda de estradas das quais havia sido retirado material para aterro (Vasconcelos Sobrinho 2002). Outras seis eram maiores, foram denominadas de áreas-piloto de desertificação, e quatro delas (Gilbués, no Piauí; Irauçuba, no Ceará; Seridó, no Rio Grande do Norte; e Cabrobó, em Pernambuco), posteriormente, deram lugar aos núcleos de desertificação reconhecidos pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA s/d 2; IBGE 2004).

Um segundo grupo de trabalhos tem discutido o conceito de desertificação e seus possíveis indicadores. Deste grupo, fazem parte os trabalhos incluídos no Boletim Informativo da SBCS (Accioly 2000; Oliveira 2000; Saadi 2000). De novo Vasconcelos Sobrinho (1978) foi quem introduziu o assunto no Nordeste, traduzindo e adaptando os indicadores propostos por Reining (1978). Estes indicadores cobrem desde aspectos do ambiente físico até aspectos sociais, passando por aspectos biológicos e de uso da terra. Foi seguido pelos trabalhos do grupo do Piauí, liderado por Valdemar Rodrigues (Rodrigues et al. 1995), que definiu indicadores (Ferreira et al. 1994), usados depois pelo Ministério do Meio Ambiente para mapear a susceptibilidade e a ocorrência da desertificação no Brasil (MMA s/d). O uso de indicadores foi revisado recentemente por Matallo Junior (2001) e depois por Sampaio et al. (2003) que propuseram o estabelecimento de índices de susceptibilidade e de desertificação, com base na progressão de etapas do processo: 1) redução na cobertura vegetal; 2) degradação ambiental; 3) deterioração da agricultura; 4) declínio econômico; e 5) complicações sociais. Para cada etapa foram listados e discutidos indicadores específicos. Outros trabalhos têm incluído indicadores, sem esta divisão em etapas, como parte de estimativas da desertificação ou degradação nos municípios do Ceará (Viana & Rodrigues 1999; Rodrigues & Viana 2000) ou do Nordeste, como um todo (Lemos 2001). Eles usaram os indicadores para um tratamento estatístico mais sofisticado, obtendo um valor índice para cada um dos municípios. Nos trabalhos do Ceará, os indicadores predominantes foram os econômicos e sociais. No do Nordeste, foram usados como indicadores a cobertura vegetal, a mão-de-obra por unidade de área de lavoura e de pecuária e as produtividades agrícola e pecuária.

Um terceiro grupo de trabalhos tem tratado de características da desertificação nos núcleos ou em outras áreas específicas. Dele fazem parte os trabalhos de Leite et al. (1994, 2003), mapeando a desertificação no Ceará, com base em estimativa da cobertura vegetal, vista por satélite, incluindo, no segundo caso, também observações da erosão. Também os sobre os núcleos de Gilbués (Galvão 1994; Sales 1996) e do Seridó (Silva et al. 2002; Costa et al. 2002). Os de Gilbués abordaram principalmente aspectos ambientais, embora citem efeitos na agricultura e na economia dos municípios envolvidos. Dos do Seridó, o primeiro traz uma ampla descrição do clima, dos recursos hídricos e dos solos e o segundo a descrição da cobertura vegetal.

Além destes grupos que se referiram nominalmente à desertificação, há uma vasta literatura sobre secas e seus efeitos e sobre diferentes formas de degradação das terras no semi-árido Nordestino, que não relacionaram seus temas à desertificação, embora a ligação possa ser feita. A maior parte dos trabalhos sobre secas tratou da queda na produção agrícola e das suas conseqüências econômicas e sociais (Duarte 2002), deixando de lado a degradação ambiental. Pelas razões discutidas anteriormente, não serão revisados aqui. Já os trabalhos sobre degradação, principalmente os relacionados com solos e agricultura, são o tema principal desta revisão e serão tratados mais longamente na seção seguinte.

5 – DEGRADAÇÃO PELA AGRICULTURA

A degradação das áreas ambientais quase sempre começa com o desmatamento e com a substituição da vegetação nativa por outra cultivada e de porte e/ou ciclo de vida diferentes. A vegetação arbustiva e arbórea da caatinga, predominante no semi-árido, é substituída por pastos herbáceos ou culturas de ciclo curto. O descobrimento do solo favorece o processo de erosão. O cultivo continuado, com a retirada dos produtos agrícolas e sem reposição dos nutrientes retirados, leva à perda da fertilidade. Nas áreas irrigadas, o uso de águas com teores elevados de sais, o mau manejo dos ciclos de molhamento e a ausência de drenagem podem levar à salinização. O uso de equipamentos pesados, em

solos de textura pesada e com teores de água inadequados pode dar lugar à compactação dos solos. As informações sobre cada um destes aspectos, em áreas do semi-árido nordestino, serão revisadas a seguir.

5.1 – Desmatamento

O desmatamento consta como um dos indicadores de desertificação de todos os trabalhos brasileiros que abordaram o tema. É um consenso justificado e a facilidade de observação de mudanças, em escalas espaciais variadas, com o uso de imagens de satélite, reforça sua adoção. Mas as interpretações de desmatamento variam. Se a cobertura vegetal nativa é mantida, a possibilidade de qualquer degradação é pequena e a de degradação por causa antrópica menor ainda. Portanto, desertificação tende a começar com desmatamento. Mas não é causa suficiente. A mera substituição da vegetação nativa por culturas não pode ser considerada como um indicador de degradação. Realmente, os trabalhos no Nordeste têm considerado a perda da cobertura vegetal como degradação somente quando o resultado são extensões de solo descoberto ou com vegetação muito rala, sem a presença de cultivos (Galvão 1994; Leite et al. 2003; Sampaio et al. 2003; Andrade & Oliveira 2004). Ainda esta segunda etapa do processo pode não se configurar em desertificação. Na proposta de Sampaio et al. (2003) seria necessária a presença de etapas seguintes do processo, no mínimo degradação do solo e deterioração da produção agropecuária, para que houvesse desertificação real e não apenas risco ou susceptibilidade. Também é preciso atentar para o caráter dinâmico da desertificação e não admiti-la como presente apenas pela pobreza da vegetação de uma área, que pode refletir somente condições ambientais difíceis, sem que tenha havido maior descobrimento do solo ao longo do tempo.

A facilidade de medida da cobertura vegetal tem levado a que não só a retirada da vegetação nativa seja considerada mas também seu empobrecimento, visto como diminuição da densidade e da altura das plantas. Modificações em classes de vegetação, de 1990 a 1997, foram acompanhadas no núcleo de desertificação de Gilbués (Galvão et al. 2003). Na região de Tauá, Ceará, a degradação da vegetação foi mensurada, entre 1985 e 1994, tendo sido observados decréscimos nas áreas de mata de galeria e de caatinga arbórea aberta e grande aumento na área de solo descoberto (Andrade & Oliveira 2004). Sampaio et al. (2003) analisando as imagens disponibilizadas pela Embrapa (Brasil visto do espaço), com base na proporção de solo descoberto, sugeriram que, além dos núcleos de desertificação, havia presença de degradação nas áreas do Sertão Central e Sertão do Jaguaribe, no Ceará, e no Oeste do Rio Grande do Norte. A observação sobre o Sertão do Jaguaribe coincide com a do trabalho de Leite et al. (2003).

Outros indicadores de vegetação têm sido sugeridos: espécies vegetais chave (Vasconcelos Sobrinho 1982) e produtividade primária e secundária, estratificação da vegetação, presença de plântulas, vigor do rebrote, produção de propágulos, índice de diversidade e composição de espécies (IV Reunião Regional da América Latina e do Caribe, em Matallo Júnior 2001). Embora haja alguma informação sobre estas variáveis para alguns poucos locais do semi-árido nordestino, não foi buscada sua relação com degradação ambiental. Na verdade, não é uma tarefa fácil, exceto para áreas muito pequenas. Já a facilidade de medida e a disponibilidade de uma longa série histórica de imagens de satélite, com dados de cobertura vegetal, deveria levar a um maior conhecimento da sua modificação no semi-árido. Uma vez analisada esta dinâmica poderia

facilmente ser conjugada com dados de produção agrícola e outros para inferir mudanças agrícolas, econômicas e sociais. Entretanto, os trabalhos nesta linha ainda estão para ser feitos.

5.2 – Fertilidade

A agricultura tradicional do semi-árido é feita praticamente sem fertilização química. No censo de 1995/1996, apenas 11 % das propriedades na região, incluindo as com irrigação (também 11%), usavam qualquer fertilizante químico (Sampaio & Menezes 2002). Alguma reposição de nutrientes é feita com adubação orgânica (12% das propriedades), usando esterco caprino, ovino e, principalmente, bovino, mas a disponibilidade regional é pequena e as áreas adubadas são uma fração pequena do total cultivado. A retirada dos nutrientes, ainda que pequena em cada ciclo de cultivo, por causa das baixas produtividades por área, com os repetidos ciclos vai minando as reservas. A disponibilidade de P parece a mais crítica, pelas baixas reservas totais da maioria dos solos (Silveira et al., submetido), resultando em que a maior parte da área é considerada como deficiente (Sampaio et al. 1995). As perdas são agravadas pelas repetidas queimadas dos ciclos da agricultura itinerante, com o arraste das cinzas nas chuvas seguintes, e pela erosão nos anos de cultivos. O assunto está sendo tratado em trabalho específico deste mesmo volume (Menezes et al. 2005), dispensando um maior tratamento na presente revisão.

5.3 – Erosão

A erosão é a mais grave das causas de degradação dos solos do semi-árido Nordeste, por sua irreversibilidade. Ela pesa ainda mais pela grande extensão de solos já excessivamente rasos, pelo regime de chuvas com aguaceiros intensos e pela agricultura praticada em áreas de declividade alta e sem qualquer medida de prevenção. As áreas consideradas mais desertificadas, no Nordeste, são as que conjugam solos descobertos e evidências marcantes de erosão (Sá et al. 1994). Apesar deste reconhecimento, as medidas de erosão, na região, são extremamente deficientes e sua ligação com desertificação continua subjetiva. Quase todas as medidas feitas foram em pequenas parcelas experimentais, com algumas poucas alcançando em torno de 1 ha. Estimativas de erosão em áreas maiores têm sido limitadas, sobressaindo-se a recente avaliação do núcleo de desertificação do Seridó (ver Accioly 2005, neste congresso) e o mapeamento de risco no Nordeste, feito por Leprun (1983), na escala de 1:5 x 10⁶.

As medidas feitas dão suporte à idéia que o recobrimento vegetal nativo limita a erosão a valores muito baixos, mesmo considerando que as primeiras chuvas encontram esta vegetação sem folhas (Tabela 3). As perdas de solo medidas em caatinga não perturbada são quase todas inferiores a 0,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. O desmatamento pode aumentar estas perdas para valores até 30 Mg ha⁻¹ no ano do corte, mas a rebrota da caatinga faz com que se reduzam rapidamente nos anos seguintes (Albuquerque et al. 2001). Assim, nas áreas manejadas para produção de lenha, as perdas poderia ser grandes no primeiro ano, mas seriam reduzidas a valores muito baixos nos muitos anos de recuperação da vegetação, geralmente acima de uma década. Áreas continuamente raleadas pelo corte seletivo de árvores poderiam ter perdas maiores. Não há informações precisas, na região, mas as estimativas de Fraga & Salcedo (2004) para caatingas degradadas indicam retiradas de solo de pouco menos de 10 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

As perdas são muito maiores em áreas plantadas com culturas anuais, por causa da menor cobertura do solo, principalmente depois do preparo da terra e no início do ciclo,

quando caem as primeiras chuvas, muitas vezes de grande intensidade. Nesta fase, não apenas as perdas de solo são preocupantes, mas também a perda de nutrientes. No sistema predominante de agricultura itinerante, o ciclo inicia-se com o arraste de parte das cinzas da vegetação recém queimada. Considerando apenas as perdas de solo, os valores podem ser muito elevados. As estimativas feitas apontam para perdas que podem ultrapassar $100 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Tabela 3). No entanto, quase todas foram feitas em parcelas pequenas e com declividades moderadas, inferiores a 12%. A única estimativa em áreas não experimentais e com declividades variando de 5 até 44% apontou para perdas médias, em 35 anos, de cerca de $15 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Fraga & Salcedo 2004). Áreas ainda mais declivosas são comumente cultivadas e, por causa da dificuldade de acesso, geralmente no sentido morro abaixo, o que deve magnificar as perdas. O efeito deste aumento da declividade é desconhecido, mas Albuquerque et al. (2001) estimaram que as perdas dobrariam se a declividade passasse de 6 a 10%. Adotando-se práticas conservacionistas as perdas se reduzem, mas ainda podem atingir dezenas de $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Na grande maioria das propriedades do semi-árido nenhuma destas práticas é adotada (Sampaio & Menezes 2002).

O aspecto mais preocupante da erosão é que mesmo perdas de grande magnitude são pouco observáveis em curto prazo, se não abrirem sulcos de pelo menos alguns centímetros de profundidade. Perdas laminares de $100 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ equivalem a menos de 1 cm de profundidade do solo e podem passar despercebidas. Só o acúmulo das perdas por vários anos de cultivo tem o efeito marcante de reduzir visivelmente a profundidade do solo. No sistema de agricultura itinerante estes anos podem estar diluídos em vários ciclos de cultivo, cada ciclo de 10 a 20 anos, ocupando todo o período de vida de um agricultor. Ao longo da vida de cada geração as perdas são pouco sentidas, mas os 200 a 300 anos de práticas agrícolas inadequadas já deixaram sua marca irreversível em muitos locais do semi-árido Nordeste (Sá et al. 1994). São incontáveis as encostas de solos rasos que hoje não têm mais profundidade suficiente para plantio.

Se as perdas de solo são pouco observáveis, outros dos efeitos da erosão são mais nítidos e têm sido sugeridos como indicadores (Vasconcelos Sobrinho 1982; Viana & Rodrigues 1999; IV Reunião Regional da América Latina e Caribe, em Matallo Júnior 2001). Desafortunadamente, não há dados sobre nenhum deles na região. Os mais diretos são os pedestais de erosão, tormentas de pó e areia, escoamento das águas barrentas, carregadas de sedimentos, e presença de sulcos e voçorocas. Pedestais de erosão são freqüentemente observados mas suas alturas ainda não foram convertidas em perdas de solo, na região. Elas equivalem à afirmativa, comum entre os agricultores, de que as pedras crescem nos campos. Tormentas de pó e areia são relativamente raras no semi-árido nordestino, exceto pequenos redemoinhos de vida curta, talvez pela baixa velocidade dos ventos predominantes. O passar dos rios com as águas barrentas é a visão mais comum da época de chuvas. Quanto sedimento eles arrastam não foi quantificado e nem se fez uma escala das cores das águas em relação a sua concentração, mas os efeitos de assoreamento dos açudes e barragens são amplamente reconhecidos, embora também não quantificados. A presença de voçorocas é um indicador fácil de ser observado e é o traço mais marcante da desertificação em Gilbués. Neste núcleo, a grande extensão da área afetada (centenas de ha), a profundidade atingida pelas voçorocas (até alguns metros) e a velocidade de sua formação (uma única estação de chuvas) não deixam dúvida quanto a importância da erosão. Em outros locais, as voçorocas são menos marcantes e nos de solos rasos passam despercebidas, faltando uma melhor definição da proporção que devem atingir para que sejam usadas como indicadores quantitativos (Sampaio et al. 2003).

5.4 – Salinização

A salinização é um processo que ocorre basicamente pelo acúmulo de sais solúveis e ou sódio trocável no complexo de troca do solo. Ela é mais susceptível de ocorrer em regiões áridas e semi-áridas, onde a evaporação é maior que a precipitação. Apesar de ter sido considerada a causa mais importante de degradação dos solos nordestinos (Leprun & Silva 1995), segundo Cavalcanti et al. (1994), apenas cerca de 2×10^3 km² no semi-árido, ou seja, menos de 0,3% de sua área total, teriam restrições de aproveitamento por sodicidade e/ou salinidade.

O processo de intemperismo é a fonte principal e direta de todos os sais solúveis no solo, mas raramente tem-se verificado acúmulo de quantidades suficientes através deste processo de salinização primária (Gheyi 2000). Na maioria das vezes, a salinização ocorre de forma secundária, devido à irrigação e ou à presença de lençol freático próximo à superfície (Ayers & Westcot 1991). Irrigação é uma prática muito utilizada no semi-árido para manter as produções agrícolas, embora atinja uma proporção pequena da região (Sampaio & Sampaio 2004). Fazendo uma estimativa das áreas irrigadas no nordeste, Sampaio & Salcedo (1997) concluíram que: 1) no semi-árido, em 1991, eram irrigados 300×10^3 ha; 2) na bacia do São Francisco poderiam ser irrigados mais 600×10^3 ha; 3) nas outras bacias do semi-árido, com a disponibilidade atual, mais 254×10^3 ha e com o potencial máximo, mais 1673×10^3 ha; 4) com o potencial total das águas subterrâneas mais 926×10^3 ha; e 5) o total mais disponível seriam 1154×10^3 ha e o potencial máximo 3499×10^3 ha. Concluíram também que esse total e o potencial correspondem a 1,5 e 4,4% do semi-árido, na delimitação de Souza et al. (1994) e a proporções menores nas delimitações anteriores mais usuais (SUDENE 1997).

O único indicador direto de salinização é o aumento do acúmulo de sal na área. Este acúmulo pode ser visto como crostas de sal na superfície do solo ou através de medidas da condutividade elétrica do solo e dos seus teores de sal, incluindo sódio (Sampaio et al. 2003). No Nordeste, admite-se que a salinização por irrigação seja um problema grave, mas há muito pouca informação sobre sua extensão (Oliveira 1996). Souza et al. (1994) citam que 50% da área irrigada no Nordeste estariam afetadas por sais. Na década de 70, estimava-se que apenas 25% da área total irrigada tinham problemas (Gheyi et al. 1987). A situação é mais crítica nos perímetros dos açudes, para os quais há dados para os principais, embora sem regularidade de coleta (Tabela 4). Eles constituem a área mais susceptível (Sampaio et al. 2003). Leprun & Silva (1995) afirmaram que a maior parte dos mais de 10^5 ha irrigados pelo DNOCS estava salinizada, incluindo a totalidade do perímetro de São Gonçalo e a maior parte dos de Custódia, PE, Ceraíma - BA e Morada Nova, CE, que estavam quase improdutivos. Mas nas margens do São Francisco também há problemas (Tabela 4).

A propensão dos solos à salinização pode ser julgada pela qualidade da água que pode ser utilizada para irrigação, pelos tipos de solo predominantes e pela proporção de áreas com irrigação. O uso de águas de salinidade alta pode conduzir a uma deterioração rápida das condições do solo. Em Sumé, PB, águas classificadas como C3 ($1,2-2,1$ dS m⁻¹) levaram a condutividade de um solo aluvial a $1,77 - 5,64$ dSm⁻¹, em apenas um ano de aplicação (Macedo & Santos 1992). Suspendendo a irrigação, a condutividade caiu nos três anos seguintes a $0,77 - 1,98$ dS m⁻¹. Há vários levantamentos de qualidade da água de açudes, poços e rios no Nordeste. No feito por Audry & Suassuna (1995) foi concluído que: 1) as águas dos rios foram de qualidade um pouco melhor que a dos açudes (medianas de $0,65$ e $0,74$ dS m⁻¹) e ambas melhores que a dos poços (mediana $1,05$ dS m⁻¹); 2) açudes pequenos e poços naturais e de rios podem ter uma variação sazonal muito grande; 3) os solos das bacias tiveram influência na salinidade das águas dos seus cursos de água; e 4) o uso das classes de risco não é adequado, pela sua faixa de amplitude. No entanto, o

processo de salinização das águas resume-se, basicamente, aos reservatórios, porque dificilmente rios e poços têm sua salinidade alterada pela ação humana (Sampaio et al. 2003). Seus indicadores são o tamanho de suas bacias de captação, o volume de água armazenável, a área do espelho de água, a pluviosidade, a evaporação potencial e a salinidade dos cursos de água que os alimentam. Reservatórios cuja dinâmica indique baixa frequência de sangramento são mais suscetíveis à salinização.

O tipo de solo usado para irrigação também influencia no efeito adverso onde ela é praticada. Em solos permeáveis e profundos os riscos de salinização são menores e os efeitos adversos podem levar muito tempo a se manifestar ou não ocorrerem, mesmo que o manejo não seja ideal. No São Francisco, os solos preferidos, pela CODEVASF, para instalação dos projetos de irrigação têm sido os Latossolos e os Argissolos. Comparação das características de um Oxissolo antes e depois de sete anos de irrigação (Pereira e Siqueira 1979) mostrou apenas um pequeno acréscimo na condutividade ($0,1$ para $0,4 \text{ dSm}^{-1}$), além dos acréscimos devidos à fertilização (P e K) e calagem (Ca e Mg). Em Argissolos cultivados com uva (Souto Maior, 1996) e manga (Dantas 1996) durante cinco anos, comparados com os de áreas vizinhas não irrigadas e não cultivadas, as condutividades, no horizonte superficial, foram semelhantes no primeiro caso ($0,57$ a $1,34 \text{ dS m}^{-1}$) e maiores no segundo ($3,6$ no irrigado contra $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ no não irrigado). Nos outros horizontes não houve diferenças significativas entre áreas sem e com irrigação, mas os valores foram crescentes com a profundidade, atingindo $6,2$ e $7,1 \text{ dSm}^{-1}$, respectivamente.

Em outros tipos de solo, mesmo mais argilosos, a irrigação pode também não ter efeitos adversos por períodos de muitos anos. Em um Vertissolo da área do São Francisco, não houve diferença em condutividade ($0,4$ a $1,0 \text{ dS m}^{-1}$), comparando área virgem com área irrigada e cultivada com uva por 17 anos (Pereira & Cordeiro 1987). Em São Gonçalo, um perímetro com solos sódicos e salinos antes da irrigação, o acompanhamento de um Neossolo Flúvico por quatro anos (Cordeiro et al. 1985) não mostrou aumento de sodicidade ou salinidade (condutividades médias de $0,37$ - $0,66 \text{ dS m}^{-1}$ mas com valores extremos de $2,1$ a $5,4 \text{ dS m}^{-1}$). No perímetro irrigado de Custódia, cujas atividades de irrigação tinham sido interrompidas desde 1980 por problemas de salinização, Neossolos Flúvicos apresentaram C.E. de $2,0$, $3,2$ e $1,4 \text{ dSm}^{-1}$ (Oliveira et al. 2002), mostrando uma pequena recuperação, provavelmente pelas águas de chuva que se seguiram ao abandono da área.

Há também um mapeamento da EMBRAPA quanto à salinização no Nordeste, em que o componente solo já está incluído (Cavalcanti et al. 1994).

A área irrigada pode ser obtida do censo. Mas, a proporção desta área, com sistema de drenagem instalado, não é um dado disponível para todos os municípios e é variável no tempo, portanto, não é um indicador muito bom da propensão à salinização (Sampaio et al. 2003). Entretanto, deve ser usado, onde for possível, para compor a avaliação da gravidade do problema.

5.5 - Compactação

Dados de encrostamento e compactação são praticamente inexistentes no semi-árido nordestino. Leprun & Silva (1995) concluíram que a situação de solos nordestinos é melhor que a de solos africanos, graças aos seus teores de matéria orgânica ($0,5$ a $4,0\%$, mais comuns em torno de 2%), atividade biológica, permeabilidade (mais comuns 50 a 100 mm.h^{-1}), altura da coluna de imbibição e estrutura fragmentar do horizonte superficial. Em geral, não tendem a formar crostas superficiais e as crostas formadas podem ser revertidas com o repouso do solo. Em Sumé, PB, a formação de crosta pelo trabalho da superfície de um Luvisolo vértico foi revertida após um ano de pousio. Usando os índices propostos por

Pieri (% matéria orgânica / % argila + silte) e Collinet (Mg / CTC) para riscos de formação de crostas em solos sahelianos, Leprun & Silva (1995) concluíram que o primeiro aponta algum risco de degradação para os solos nordestinos em geral, enquanto o segundo não aponta riscos.

Os solos nordestinos também não tendem à compactação (Leprun & Silva 1995) e não têm, em geral, densidades altas, geralmente não ultrapassando $1,4 \text{ g cm}^{-3}$. Na sua larga experiência em solos nordestinos, estes autores apenas notaram compactação de alguns Latossolos e Argissolos arenosos, trabalhados com grade, nas regiões mais úmidas do sertão. Nas áreas de agricultura de sequeiro, o risco é pequeno porque dificilmente são usadas máquinas pesadas para o preparo do solo. Nas áreas irrigadas este risco é muito maior, pelo uso de maquinaria, às vezes pesada, e pela condição hídrica do solo. O trabalho de Choudhury et al. (1986) refere compactação em plantio de melancia, sem que causasse decréscimo na produtividade. Os trabalhos de Almeida (1995) e Dantas (1996), descritos na seção anterior, mostram aumentos nas densidades globais dos horizontes superficiais de solos submetidos à irrigação.

Compactação e encrostamento têm sido sugeridos como indicadores de desertificação ou propensão à desertificação (Vasconcelos Sobrinho 1982; IV Reunião Regional da América Latina e Caribe, em Matallo Júnior 2001; Sampaio et al. 2003). Mas, como não há dados disponíveis no Nordeste sobre estes dois fatores, não há como recomendar limites que sirvam para compor um índice de degradação ambiental. Sampaio et al. (2003) propuseram que estes fatores só sejam considerados quando, no município, houver indicação clara dos agricultores de que algum deles é um problema e que o problema seja confirmado por alguma medida ou observação de técnico especializado. A indicação deve ser cruzada com informação sobre queda de produtividade das culturas, sua substituição por outras menos sensíveis e/ou a existência de alguma medida de combate sendo adotada pelos agricultores.

5.6 – Declínio da agricultura

As conseqüências ambientais da degradação do solo são bastante graves por si próprias, mas seu aspecto mais danoso é na redução da capacidade de produção das terras, principalmente quando esta redução é irreversível. Vários indicadores de produção têm sido sugeridos: rendimento da pecuária, valor da produção pecuária, produção de leite, animais abatidos, rendimento da agricultura e de várias culturas, isoladamente, valor da produção agrícola, produtividade por área e por pessoa, pessoal ocupado (Vasconcelos Sobrinho 1982; Viana & Rodrigues 1999; IV Reunião Regional da América Latina e Caribe, em Matallo Júnior 2001; Sampaio et al. 2003), quase todos acompanhados através das estatísticas de produção municipal. Alguns foram usados em índices do processo de degradação ou desertificação (Viana & Rodrigues 1999; Lemos 2001), mas, geralmente, tomando períodos relativamente curtos, de apenas alguns anos. A principal limitação no uso destes indicadores está na dificuldade de separar as oscilações naturais na produção do efeito deletério acumulado da degradação. As produções de regiões semi-áridas têm grande variabilidade, em função da alta variabilidade climática, e o semi-árido nordestino, com coeficiente de variação de chuvas acima de 30%, destaca-se neste aspecto (Menezes & Sampaio 2000). A irregularidade das produções impede que os agricultores notem as tendências de longo prazo e o efeito das chuvas é tão marcante que mesmo quando instados a comparar as produções de anos de bom inverno do passado e do presente qualquer conclusão de queda é seguida da afirmativa que os invernos hoje é que são mais fracas (Sampaio et al., inédito). Em poucos casos, os agricultores reconhecem que as terras estão mais fracas, mas não atentam para o fato da deficiência hídrica ser mais freqüente

pela redução da capacidade dos solos de reterem água com o decréscimo de sua profundidade. Além do confundimento das oscilações climáticas, há o efeito de variáveis exógenas e/ou aleatórias. O aniquilamento da produção de algodão arbóreo, no semi-árido Nordeste, causado pela conjugação de mudanças tecnológicas no aproveitamento de fibras, a queda dos preços internacionais e a praga do bicudo é um exemplo clássico. Seu reflexo foi a queda generalizada nas áreas de exploração agrícola no semi-árido, especialmente nas de culturas permanentes.

Se há dificuldade de identificar tendência de deterioração das produções, quase todos os indicadores mostram baixas produções e produtividades, tanto por área quanto por pessoal ocupado, em qualquer ano considerado, e ainda mais baixas nos anos de seca. Como a maior parte das propriedades é de pequeno tamanho (< 10 ha), as rendas agrícolas e pecuárias médias do semi-árido Nordeste são sempre baixas. Daí decorre grande parte dos problemas econômicos e sociais da região associados a pobreza e que não serão revisados neste trabalho.

6- CONCLUSÕES E INDICAÇÕES DE LINHAS FUTURAS

O semi-árido Nordeste, com cerca de 1 milhão de km², é uma das maiores áreas do mundo susceptível ao processo de desertificação. Não há dúvida que grande parte desta área vem tendo seus recursos naturais degradados pelo sistema de produção vigente. Evidências desta degradação estão presentes em quase todas as partes e, em alguns locais, são tão flagrantes que eles foram reconhecidos como núcleos de desertificação. Em geral, são locais com grandes manchas desnudas e/ou com cobertura vegetal baixa e sinais claros de erosão. Há outros locais com aparência de degradação semelhante e não reconhecidos como núcleos. Em nenhum destes locais há dados comprovando que a degradação ambiental tenha afetado a produção e a renda agrícola e as condições sociais, que já são muito ruins em toda a região.

Se os sinais de degradação são evidentes, a sua organização em um sistema de indicadores quantitativos do avanço do processo são ainda muito incipientes e não fornecem resultados consistentes com as observações. O único indicador aceito de forma geral é a baixa cobertura vegetal, um sinalizador do início do processo de degradação. É um indicador de fácil uso, já aplicado em alguns trabalhos no Nordeste, e que até poderia aproveitar melhor a série de imagens de satélite já disponíveis no país. Até hoje não foi feito o mapeamento da perda de cobertura vegetal da região como um todo.

A situação dos indicadores de solo é a mais crítica de quantos aspectos ambientais, econômicos e sociais já foram considerados. Os problemas vêm de duas fontes. A primeira é que quase nenhum fenômeno de degradação dos solos foi trabalhado em alguma escala de mensuração de fácil uso. A medida da salinização talvez seja a mais aperfeiçoada. A de erosão, provavelmente a principal forma de degradação do solo no Nordeste, é uma das menos estabelecidas. A segunda fonte de problemas é que as medidas propostas são todas aplicáveis a pequenas áreas e não há uma maneira fácil de extrapolá-las a superfícies maiores. A combinação destas duas fontes, além de outras dificuldades, resulta na inexistência de avaliações regionais do avanço da degradação que sejam metodologicamente seguras. Enquanto elas não forem disponíveis, todas as afirmativas sobre desertificação no Nordeste terão uma forte dose de subjetividade, com sua conseqüente baixa confiabilidade.

O reconhecimento da situação crítica dos indicadores de solo serve para chamar a atenção dos pesquisadores desta área de conhecimento sobre sua responsabilidade social. Cabe a nós o dever de desenvolver as ferramentas de medida e aplicá-las ao caso concreto

da região. Sem estas medidas, os alertas sobre a gravidade da situação podem ser descontados como meras opiniões e seus autores taxados como alarmistas ou cientistas mais preocupados com o meio ambiente que com o uso das terras. E enquanto a sociedade não se convencer da gravidade da degradação, as ações dirigidas à sua prevenção e reversão não serão suficientes e ela prosseguirá até que sua irreversibilidade torne improdutivas grandes áreas do semi-árido.

7 – REFERÊNCIAS

- Accioly, L.J.O. *Degradação do solo e desertificação no Nordeste do Brasil. Boletim Informativo SBCS 25(1): 23-25, 2000.*
- Accioly, L.J.O. *Palestras do XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Recife, 2005.*
- Almeida, B.G. *Avaliação do impacto do manejo com irrigação em solos brunos não cálcicos do estado de Sergipe. Recife, UFRPE, 1995. 117p. Dissertação de mestrado*
- Amorim, V.B. 1995. *Diagnóstico e avaliação de desempenho de drenagem subterrânea no perímetro irrigado de Bebedouro - PE. Campina Grande, UFPB. 160p. Dissertação de Mestrado.*
- Albuquerque, A.W.; Lombardi Neto, F.; Srinivasan, V.S. *Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvisolo em Sumé (PB). Revista Brasileira de Ciência do Solo 25: 121-128, 2001.*
- Andrade, J.B & Oliveira, T.S. *Análise espaço temporal do uso da terra rem parte do semi-árido cearense. Revista Brasileira de Ciência do Solo 28: 393-401, 2004.*
- Audry, P. & Suassuna, J. *A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino. Recife, CNPq. 128p. 1995.*
- Ayers, R.S. & Westcot, D.W. *Qualidade de água na agricultura. Campina Grande, UFPB, 1991. 218p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29).*
- Barros, M.F.C.; Fontes, M.P.F.; Alvarez, V.H.V. & Ruiz, H.A. *Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, 8:59-64, 2004.*
- Cavalcanti, A.C.; Ribeiro, M.R.; Araújo Filho, J.C.; Silva, F.B.R. *Avaliação do potencial de terras para irrigação no nordeste. Brasília, EMBRAPA-SPI. 38p. 1994.*
- Choudhury, E.N.; Morgado, L.B.; Anjos, J.B. *Efeito do manejo do solo na compactação e produção de melancia irrigada. Petrolina, CPATSA-EMBRAPA. 24p. 1986. Boletim de pesquisa 29.*
- Cordeiro, G.G. *Caracterização dos problemas de sais dos solos irrigados do Projeto São Gonçalo. Campina Grande, UFPB. 108p. 1977. Dissertação de Mestrado.*
- Cordeiro, G.G.; Zylstra, G.; Millar, A.A. *Qualidade da água de irrigação na salinização e sodificação dos solos do Projeto de São Gonçalo. Pesquisa Agropecuária Brasileira 20:603-608, 1985.*
- Costa, T.C.C.; Accioly, L.J.O.; Oliveira, M.A.J.; Burgos, N.; Silva, F.H.B.B. *Phytomas mapping of the “seridó caatinga” vegetation by the plant area and the normalized difference vegetation indices. Scientia Agricola 59: 707-715, 2002.*
- Dantas, J.A. *Averiguação dos efeitos da irrigação em solos podzólicos no submédio São Francisco. Recife, UFRPE. 104p. 1996. Dissertação de mestrado.*
- Duarte, R. *Do desastre natural à calamidade pública: a seca de 1998-1999. Recife, Fundação Joaquim Nabuco, 144p. 2002. (Série Estudos sobre as Secas do Nordeste, vol. 5)*
- Ferreira, D.G.; Melo, H.P.; Neto, F.R.R.; Nascimento, P.J.S.; Rodrigues, V. *Avaliação do quadro da desertificação no Nordeste do Brasil: diagnósticos e perspectivas. Anais*

- da Conferência Nacional da Desertificação, Fortaleza, 1994. Brasília, Fundação Esquel Brasil. p.7-55. 1994.
- Galvão, A.L.C.O. Caracterização geoambiental em região submetida aos processos de desertificação -Gilbúes – PI, um estudo de caso. Anais da Conferência Nacional da Desertificação, Fortaleza, 1994. Brasília, Fundação Esquel Brasil. p.79-167. 1994.
- Galvão, A.L.C.O.; Galvão, W.S.; Shito, C.H. Análise multitemporal da cobertura vegetal e ocupação das terras na área nuclear de degradação do núcleo de desertificação de Gilbúes – PI. *Brazilian Journal of Ecology* 2: 52-60, 2003.
- Gheyi, H.R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: Oliveira, T.S.; Assis Jr., R.N.; Romero, R.E. & Silva, J.R.C., eds., *Agricultura, Sustentabilidade e o Semi-Árido*. Fortaleza-UFC, Viçosa- Soc. Bras. Ci. Solo, 2000. 406p.
- Gheyi, H.R.; Barreto, A.N.; Garri, A.C.R.C.; Almeida, A.M. 1987. Seleção de cultivares de arroz irrigado para solos salino-sódicos. II. Ensaios de campo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 22:1195-1199.
- IBGE. Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2004. Rio de Janeiro, IBGE. 393p. 2004.
- Le Houérou, H.N. Man-made deserts: desertization processes and threats. *Arid Land Research and Management* 16:1-36, 2002.
- Leite, F.R.B.; Soares, A.M.L.; Martins, M.L.R. Áreas degradadas susceptíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará. Anais da Conferência Nacional da Desertificação, Fortaleza, 1994. Brasília, Fundação Esquel Brasil. p.73-78. 1994.
- Leite, F.R.B.; Oliveira, S.B.P.; Barreto, M.M.S.; Carvalho, G.M.B.S.; Freitas Filho, M.R. Degradação ambiental e susceptibilidade aos processos de desertificação na região do Médio Jaguaribe – CE. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Belo Horizonte, 2003. INPE, p.1315-1322. 2003.
- Lemos, J.J.S. Níveis de degradação no Nordeste brasileiro. *Revista Econômica do Nordeste* 32: 406-429, 2001.
- Leprun, J.C. & Silva, F.B.R. Les dégradations des sols en régions semi-arides au Brésil et en Afrique de l'Ouest. Comparaison et conséquences. Suggestions sur leurs réhabilitations respectives. In: Pontanier, R.; M'Hiri, A.; Akrimi, N.; Aronson, J.; Le Floch, E. *L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait?* Paris, John Libbey Eurotext. p. 267-291. 1995.
- Leprun, J.C. Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo no nordeste brasileiro (1982-1983). Recife, SUDENE. 290p. 1983.
- Macêdo, L.S. & Santos, J.B. Efeito da aplicação de água salina sobre os solos irrigados na bacia Sucuru/Sumé, PB. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 27:915-922, 1992.
- Macêdo, L.S. Salinidade em áreas irrigadas. João Pessoa, Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária, 1988. 11 p. (Comunicado Técnico, 38).
- Maia, C.E.; Morais, E.R.C.; Oliveira, M. Uso de gesso de salina, cloreto de cálcio e húmus de minhocas combinado com manejo da água na recuperação de um solo salino-sódico do perímetro irrigado do Itans-Sabugi, Rio Grande do Norte. *Caatinga* 12:41-48, 1999.
- Matallo Júnior, H. Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas. Brasília, UNESCO. 126p. 2001.
- MMA. Convenção das Nações Unidas de combate à desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. 89p. s/d 1.
- MMA. Mapa de ocorrência de desertificação e áreas de atenção especial no Brasil. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Plano Nacional de Combate à Desertificação. s/d 2.

- Menezes, R.C.S.; Garrido, M.S.; Perez M., A.M. Fertilidade dos solos no semi-árido. Palestras do XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Recife, 2005.
- Menezes, R.C.S. & Sampaio, E.V.S.B. Agricultura sustentável no semi-árido nordestino. In: Oliveira, T.S.; Romero, R.E.; Assis Jr., R.N.; Silva, J.R.C.S. (eds). Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido. Fortaleza, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Universidade Federal do Ceará. p.20-46. 2000.
- Oliveira, L.B. Avaliação da salinização dos solos sob caatinga no Nordeste do Brasil. In: Alvarez V., V.H.; Fontes, L.E.F.; Fontes, M.P.F. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, SBCS – UFV, p.113-123. 1996.
- Oliveira, L.B.; Ribeiro, M.R.; Ferreira, M.G.V.X.; Lima, J.F.W.F.; Marques, F.A. Inferências pedológicas aplicadas ao perímetro irrigado de Custódia, PE. Pesquisa Agropecuária Brasileira 37:1477-1486, 2002.
- Oliveira, M. O Nordeste no mapa mundi da desertificação. Boletim Informativo SBCS 25(1): 18-20, 2000.
- Pereira, J.R. & Cordeiro, G.G. Efeito da irrigação e adubação sobre algumas características químicas de um vertissolo. Pesquisa Agropecuária Brasileira 22:627-633, 1987.
- Pereira, J.R. & Siqueira, F.B. Alterações nas características químicas de um oxissolo sob irrigação. Pesquisa Agropecuária Brasileira 14:189-195, 1979.
- Reining, P. Handbook of desertification indicators. Nairobi, AAAS. 1978. Apud Matallo Júnior, H. Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas. Brasília, UNESCO. 126p. 2001.
- Rodrigues, M.I.V. & Viana, M.O.L. An environmental management tool for the State of Ceará, Brazil: the desertification propensity index (DPI), Resumos, Congresso Brasileiro de Meio Ambiente, Fortaleza, 2000.
- Rodrigues, V.; Matallo Júnior, H.; Linhares, M.C.; Galvão, A.L.C.; Gorgônio, A.S. Avaliação do quadro de desertificação no Nordeste do Brasil: diagnóstico e perspectivas. In Gomes, G.M.; Souza, H.R.; Magalhães, A.R. Desenvolvimento sustentável no Nordeste. Brasília, IPEA. 1995.
- Ruiz, A.R.; Sampaio, R.A.; Oliveira, M.; Venegas, V.H.A. Características de solos salinos sódicos, submetidos a parcelamento de lâminas de lixiviação. Pesquisa Agropecuária Brasileira 39-1119-1126, 2004.
- Sá, I.B.; Riché, G.R.; Fotius, G.A. 1994. Degradação ambiental e reabilitação no trópico semi-árido brasileiro. Anais da Conferência Nacional da Desertificação, Fortaleza, 1994. Brasília, Fundação Grupo Esquel Brasil. p.310-331. 1994.
- Saadi, A. Os sertões que viram deserto. Boletim Informativo SBCS 25(1): 10-17, 2000.
- Sales, M.C.L. *Estudo da degradação ambiental em Gilbués – PI. Reavaliando o “núcleo de desertificação”*. São Paulo, USP. Dissertação de Mestrado. 181p. 1996.
- Sampaio, E.V.S.B. & Salcedo, I.H. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: região semi-árida. Congresso Brasileiro de Ciência de Solo, 26, Rio de Janeiro, 1997. Anais dos Simpósios, CD-ROM, 33p., 1997.
- Sampaio, E.V.S.B. & Menezes, R.C.S. *Perspectivas de uso do solo no semi-árido nordestino*. In: Araújo, Q.R. 500 anos de uso do solo no Brasil. Ilhéus, Editus, p.339-363. 2002.
- Sampaio, E.V.S.B. & Sampaio, Y. (org.). *Ensaio sobre a economia da agricultura irrigada*. Fortaleza, BNB, 236p. 2004.
- Sampaio, E.V.S.B.; Sampaio, Y.; Vital, T.; Araújo, M.S.B.; Sampaio, G.R. *Desertificação no Brasil*. Recife, Editora Universitária, 202p. 2003.
- Secretaria Especial do Meio Ambiente – SEMA. Seminário sobre desertificação no Nordeste: documento final. Brasília, SEMA, 215p. 1986.

- Silva, F.H.B.B.; Burgos, N.; Accioly, L.J.O.; Costa, T.C.C.; Oliveira, M.A.J. Caracterização dos recursos naturais de uma Área Piloto do Núcleo de Desertificação do Seridó, estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 54p. 2002. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 4).
- Silva, J.R.C. & Silva, F.S. Eficiência de cordões de pedra em contorno na retenção de sedimentos e melhoramento das propriedades de um solo Litólico. Revista Brasileira de Ciência do Solo 21: 441-446, 1997.
- Silveira, M.; Araújo, M.S.B.; Sampaio, E.V.S.B. Distribuição de fósforo em diferentes ordens de solo do semi-árido da Paraíba e de Pernambuco. Revista Brasileira de Ciência do Solo, submetido.
- Soares, A.M.; Leite, F.R.; Lemos, J.J.; Martins, M.L.; Nera, R.D.M.; Oliveira, V.P. Áreas degradadas suscetíveis aos processos de desertificação no Ceará. In Gomes, G.M.; Souza, H.R.; Magalhães, A.R. Desenvolvimento sustentável no Nordeste. Brasília, IPEA. 1995.
- Souto Maior, F.C. Avaliação dos efeitos do cultivo da uva com irrigação em solos podzólicos no submédio São Francisco. Recife, UFRPE. 1996. 109p. Dissertação de mestrado.
- Souza, M.J.N.; Martins, M.L.R.; Soares, Z.M.L.; Freitas Filhos, M.R.; Almeida, M.A.G.; Pinheiro, F.S.A.; Sampaio, M.A.B.; Carvalho, G.M.B.S.; Soares, A.M.L.; Gomes, E.C.B.; Silva, R.A. Redimensionamento da região semi-árida do nordeste do Brasil. Anais da Conferência Nacional de Desertificação, Fortaleza, 1994. Brasília, Fundação Grupo Esquel Brasil. p.383-404. 1994.
- SUDENE. Região Nordeste em números. Recife, SUDENE. 62p. 1997.
- Vasconcelos Sobrinho, J. Núcleos de desertificação no polígono das secas – nota prévia. Anais do ICB – UFPE 1(1): 69-73, 1971.
- Vasconcelos Sobrinho, J. Metodologia para identificação dos processos de desertificação; manual de indicadores. Recife, SUDENE. 18p. 1978.
- Vasconcelos Sobrinho, J. Processos de desertificação ocorrentes no Nordeste do Brasil: sua gênese e sua contenção. Recife, Convênio SEMA / SUDENE. 1982. 101p.
- Vasconcelos Sobrinho, J. Desertificação no Nordeste do Brasil. Recife, Editora Universitária, 127p. 2002.
- Viana, M.O.L. & Rodrigues, M.I.V. Um índice interdisciplinar de propensão à desertificação (IPD): instrumento de planejamento. Revista Econômica do Nordeste, 30(3): 264-294, 1999.

Anexos

Tabela 1 – Causas principais da desertificação, em etapas sucessivas

Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Aridez e semi-aridez	Desmatamento	Erosão
Variabilidade	Queimadas	Perda de matéria
Solos rasos e	Extratativismo predatório	Redução da fertilidade
Alta relação homem /	Sobrepastoreio	Salinização
Baixo nível	Cultivo excessivo do	Compactação
Baixa produtividade	Práticas agrícolas	Rebaixamento do lençol
Baixa renda	Mau uso dos recursos	Contaminação das águas
Pouco capital	Irrigação inadequada	Poluição
Baixo nível	Mineração predatória	Redução da

Tabela 2 – Conseqüências principais da desertificação, a partir da degradação do solo, em etapas progressivas.

Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5
Degradação do solo	Menos terras produtivas Menor produtividade Maior custo de produção	Diminuição das áreas agrícolas Diminuição dos rebanhos Perda de competitividade Redução da atividade agropecuária	Diminuição da renda Diminuição do emprego	Piora das condições de vida

Tabela 3 - Dados experimentais de perdas de solo em locais do NE, em parcelas com terra nua (TN), vegetação nativa (VN), agricultura tradicional (AT) e agricultura com alguma prática conservacionista (PC).

Local	declividade	solo	anos	chuva	perda de solo				referência
					TN	VN	AT	PC	
	%			mm	Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹				
Quixadá, CE	3	RL	13		-	-	60	-	Silva & Silva 1997
Patu, RN	2,5	PVA	-	750	-	-	8	-	Moura & Oliveira 1989
Cruzeta, RN	12	T	4	790	-	<0,1	-	-	Andrade & Lima 1998
Sumé, PB	7-9,5	T	1	600	5	0,06	-	3,9	Cadier et al. 1983
Sumé, PB	6-7	T	1	600	-	0,01	-	0,4-0,5	Cadier et al. 1983
Sumé, PB	6	T	8	695	-	0,1	-	-	Albuquerque et al. 2001
C. Rocha, PB	9	N	2	1203	147-268	-	27-130	0,2-175	Cantalice 1987
Alagoinha, PB	12	N	3	916	57-150	-	6-48	0,0-35	Silva et al. 1986b
S. Talhada, PE	4	-	8	930	-	-	-	0,3-4	Nunes F ^o et al. 1990
Caruaru, PE	12	RL	4-10	630	29	-	0-11	0,0-1,3	Margolis et al. 1985ab
Pesqueira, PE	11,5	RR	22	730	-	-	56-100	8,2	Freitas et al. 1981
Pesqueira, PE	11,5	RR	18	730			11-23	0,3-11	Freitas et al. 1981
G. Goitá, PE	12	PVA	4	1100	45-131	-	-	-	Campos F ^o et al. 1991
G. Goitá, PE	12	PVA	9	959	-	-	0-39	0,0-15	Margolis et al. 1991

T = Luvissole; N = Nitossolo; RL= Neossolo litólico; RR = Neossolo regolítico;
PVA = Argissolo vermelho amarelo

Tabela 4 – Proporção da área afetada por sais em perímetros irrigados por água de açudes e nas margens do São Francisco e condutividade elétrica (C.E.) de alguns solos encontrados nesses perímetros

Perímetro irrigado	área afetada	C.E. solos	referência
	%	dSm⁻¹	
Itans-Sabugi, RN	62,8	-	Maia et al. 1999
Ipanguaçu, RN	-	10,1	Ruiz et al. 2004
Caicó, RN	-	11,9	Ruiz et al. 2004
Mossoró, RN	-	4,5	Ruiz et al. 2004
São Gonçalo, PB	28,0	-	Cordeiro 1977; Cordeiro et
Sumé, PB	61,0	-	Macedo 1988
Cachoeira II, PB	30,0	-	Macedo 1988
Moxotó, PE	41,4	-	Oliveira 1996
Custódia, PE	97,0	6,1	Macedo 1988; Barros et al.
Custódia, PE	-	8,4	Barros et al. 2004
Custódia, PE	-	17,2	Barros et al. 2004
Custódia, PE	-	5,2	Barros et al. 2004
Ceraíma, BA	32,0	-	Macedo 1988
Margem do S.	12,5	-	Amorim 1995