

# **AGENTES, PROCESSOS E FEIÇÕES EROSIVAS EM VOÇOROCA CONECTADA À REDE DE DRENAGEM DO RIO COREAÚ, EM COREAÚ, CEARÁ**

Francisco Nataniel Batista de Albuquerque<sup>1</sup>

## **RESUMO**

A erosão é uma das principais formas de degradação dos solos, principalmente quando se trata da erosão por voçoroca presente em paisagens rurais, e até urbanas, dos quatro cantos do mundo. No Semi-árido brasileiro essas feições erosivas não são tão comuns pela pouca espessura dos solos, na maioria dos ambientes sertanejos. Mas uma combinação de fatores naturais associados a atividades antropogênicas levam à formação de voçorocas em fundos de vales com declividade praticamente nula. Partindo dessa idéia, o presente trabalho objetiva realizar uma análise dos agentes e processos envolvidos na erosão por voçorocas conectadas à rede de drenagem do rio Coreaú, bem como das feições erosivas resultantes dessa dinâmica, identificando estágios diferentes de formação e evolução de voçorocas.

Palavras-chave: Voçoroca. Rede de drenagem. Estágios erosivos.

## **AGENTS, PROCESSES AND GULLY EROSION CONNECTED TO THE DRAINING NET OF THE COREAÚ RIVER, IN COREAÚ, CEARÁ**

### **ABSTRACT**

The erosion is one of the main forms of degradation of soils, mainly when it concerns to gully erosion in agricultural landscapes, and until urban, around the world. In brazilian semi-arid countries these erosive features are not so common for the little thickness of soils in the majority of country environments. But a combination of natural factors associated to the human activities induces the formation of gully in deep of valleys with declivities practically null. The objective of the present work is to analyse the agents and processes involved with the gully erosion connected to the net of draining of the river Coreaú, as well as the resultant erosive features of this dynamics, identifying different periods of formation and evolution of gully.

Key-words: Gully. Draining net. Stages of erosion.

## **INTRODUÇÃO**

A degradação dos solos é um dos principais problemas ambientais da atualidade em todas as regiões do globo, pois reduz a dimensão das áreas férteis pela perda da camada superior do

---

<sup>1</sup> Geógrafo, especialista em Desenvolvimento com Meio Ambiente (UVA). Mestrando do programa de pós-graduação em Geografia da UFRJ. Rua Alferes Raimundo Leopoldo, s/n, Coreaú-CE. CEP. 62.160-000. E-mail: natangeo@hotmail.com.

solo, da poluição, da salinização, da compactação, entre outras formas de degradação no âmbito global.

A remoção das camadas férteis do solo, proveniente da erosão hídrica, é a principal forma de degradação dos solos, segundo estudo realizado pelo *United Nations Environment Programme – UNEP* (1978) apud ARAÚJO et al, (2005). Dos vários tipos de erosão hídrica, o mais destrutivo em termos de danos é a voçoroca.

A erosão por voçoroca é responsável pela descaracterização das paisagens naturais em áreas rurais e até urbanas de muitos países, principalmente daqueles situados na zona intertropical do globo, devido às condições climáticas mais severas, principalmente no que diz respeito à erosividade das chuvas.

Na maior parte do semi-árido brasileiro, os solos estão submetidos a intensas e concentradas precipitações de verão-outono, que se deparam com a vegetação arbustivo-arbórea da caatinga desprovida de sua folhagem, apresentando pouca resistência à erosividade das chuvas. Além disso, a região apresenta, em sua maior parte, solos pouco profundos e baixos teores de matéria orgânica.

As voçorocas constituem-se em indicadores naturais de um avançado estágio de degradação dos solos, e são formadas por uma série de condicionantes naturais associados às atividades humanas sem planejamento do uso e ocupação dos solos, acelerando os processos erosivos.

Essas feições erosivas ocorrem em pontos diversos da paisagem, seja em pontos mais altos das encostas ou em topografias planas de fundos de vale, como é o caso da área de estudo do presente trabalho.

A área tomada para estudo localiza-se na região noroeste do estado do Ceará, mais exatamente no alto-médio curso do rio Coreau, principal coletor de drenagem da bacia hidrográfica de mesmo nome. A voçoroca está situada nas coordenadas geográficas de 03°31'45" de latitude sul e 40°40'29" de longitude oeste, entre as cidades de Coreau e Moraujo, próximo a rodovia estadual (CE-364) que liga os dois municípios (Figura 1).

Propõe-se, com este trabalho, analisar os agentes e processos erosivos envolvidos na formação e evolução de voçorocas conectadas à rede de drenagem, através da identificação de estágios sucessivos de erosão na área.

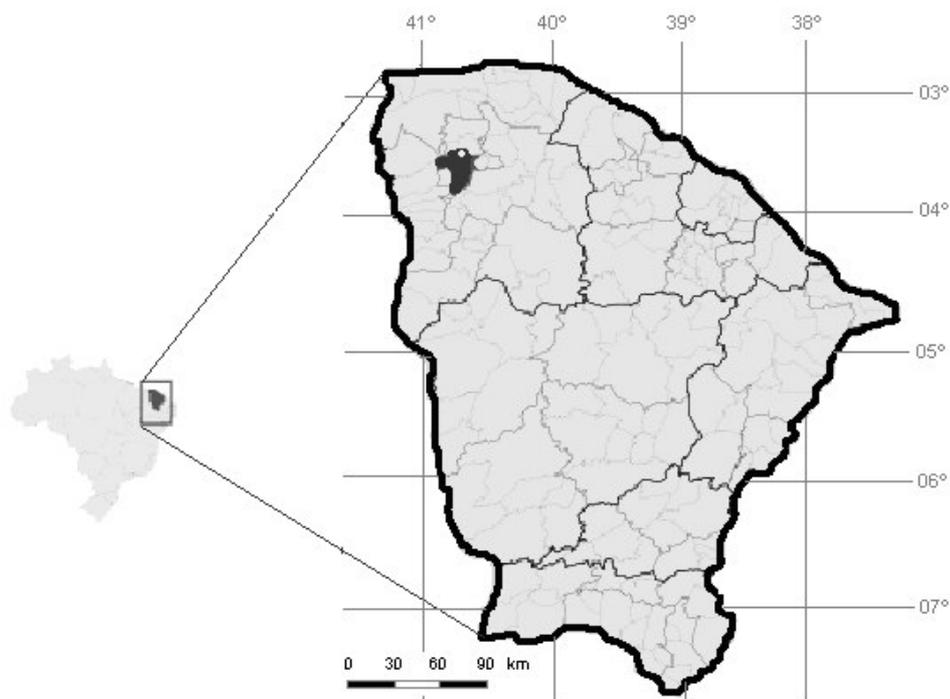


Figura 1 - Localização da área de estudo no município de Coreau, no noroeste cearense.

## EROSÃO POR VOÇOROCA: UMA ABORDAGEM TEÓRICO-METODOLÓGICA

A erosão por voçoroca é definida basicamente segundo dois diferentes critérios: a dimensão espacial (largura e profundidade) e a participação das águas do lençol freático. O critério mais adotado pela comunidade científica, inclusive internacional, é a dimensão espacial, considerando-se como voçorocas incisões lineares maiores que 50 cm de largura e profundidade (GUERRA, 2001). Nessa mesma perspectiva, as voçorocas também são definidas a partir de critérios empíricos, mais especificamente das práticas agrícolas, levando Poesen (1993) a considerar voçorocas feições erosivas que não podem ser obliteradas por técnicas normais de preparo do solo para lavoura.

A voçoroca é um canal resultante da erosão causada pelo fluxo intermitente de água normalmente durante ou imediatamente após fluxo de pesadas chuvas. Esses canais são fundos o bastante para interferir nas áreas de lavoura (POESEN, 1993).

Numa outra linha estão os pesquisadores que levam em conta a participação das águas do lençol freático nos processos erosivos para definir uma incisão erosiva como voçoroca (MELO et al., 2005). O Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, por exemplo, considera voçoroca a ravina que atinge o lençol freático. Na mesma linha, está a definição baseada na profundidade do escoamento da água: enquanto as ravinas são formadas pelo escoamento superficial, as voçorocas seriam resultantes de processos erosivos subsuperficiais.

Com relação ao conceito de voçoroca adotado nesta pesquisa, consideramos a mesma uma incisão superior a 50 cm de profundidade e largura, por considerar que não é preciso o alcance do lençol freático para ser considerada como tal, pois esse é um estágio de degradação irreversível que impossibilita, muitas vezes, a reabilitação da área afetada. Além disso, as voçorocas, dependendo das condições da área, podem ser formadas tanto pelo escoamento superficial como o subsuperficial.

As voçorocas também têm sido classificadas em diversas tipologias. Poesen (1993), por exemplo, classifica as voçorocas quanto ao local de ocorrência, como é o caso das voçorocas de terraço, e quanto ao tempo de duração, como é o caso das voçorocas efêmeras. Oliveira (1999), por sua vez, classifica essas feições quanto à conexão (ou não) destas com a rede de drenagem, resultando em voçorocas conectadas e desconectadas; a partir desta classificação, elaborou um modelo de evolução de erosão linear.

Partindo do entendimento de que os modelos espaciais desempenham um papel de crucial importância à medida que possibilitam a descrição e a explicação das complexidades dos fenômenos naturais e sociais, o presente trabalho apóia-se no modelo teórico de evolução de ravinas e voçorocas proposto por Oliveira (1999), que classifica as voçorocas em conectadas à rede de drenagem, desconectadas da rede de drenagem e integradas entre os dois tipos (Figura 2).

Quanto aos métodos de estudo e quantificação da erosão de solos, Guerra (2005) destaca dois bastante utilizados: o monitoramento e o experimento. O monitoramento diferencia-se do experimento pelo fato de haver o acompanhamento de um determinado fenômeno na própria área de ocorrência e dentro de uma escala temporal definida. As mensurações podem ser realizadas em laboratório ou em campo, sendo este último o local mais apropriado, por preservar a dinâmica natural dos processos erosivos. As diversas técnicas de monitoramento e experimento são flexíveis às condições ambientais de cada área, como as características climáticas e tipos de solos, além de recursos humanos e financeiros da pesquisa, tempo disponível, entre outros fatores.

No presente trabalho foi utilizada a técnica de monitoramento *in situ* de uma voçoroca conectada, através da instalação de pinos (pregos) de 13 cm nas bordas da feição erosiva. Os materiais e a técnica de monitoramento foram adaptados da proposta de Guerra (2005), devido à área ser aberta à fácil circulação e interferência de pessoas e animais.

O período de monitoramento da voçoroca compreendeu o início da estação chuvosa de 2006 (janeiro) até os dois primeiros meses de chuvas de 2007 (janeiro e fevereiro), sendo a leitura da evolução da voçoroca realizado mês a mês.

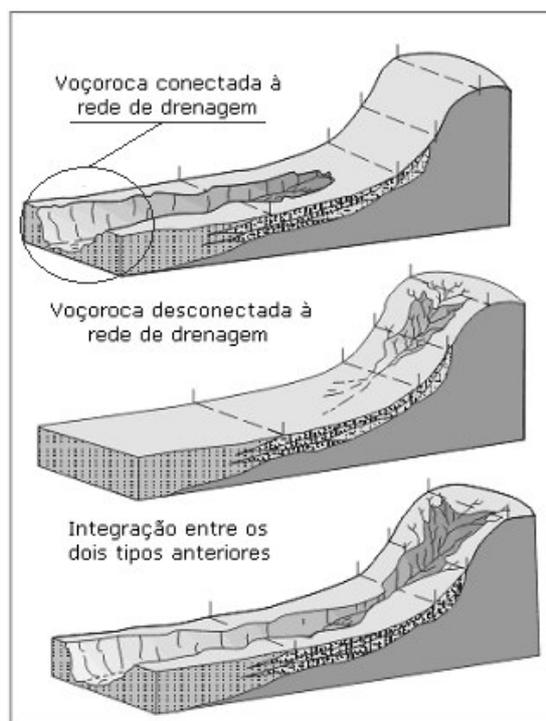


Figura 2 - Modelo de evolução de voçorocas. Em destaque a voçoroca conectada. Fonte: Oliveira (1999).

### CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA AFETADA POR VOÇOROCAMENTO

A voçoroca está situada no alto-médio curso do rio Coreau, próximo à desembocadura do rio Juazeiro, principal afluente do rio Coreau nessa seção da bacia. Está instalada em terraço fluvial de topografia horizontal, com declividade praticamente nula, a aproximadamente 70 metros de altitude, tendo como zona de erosão mais expressiva o maciço residual serrote da Palma, com 326 m de altitude, a aproximadamente a 500 metros do rio.

A área é constituída por Neossolos Flúvicos, com um horizonte superficial rico em matéria orgânica (Figura 3), mas que apresenta pouca evolução pedogenética, guardando pouca relação entre seus horizontes. Os mesmos são revestidos por gramíneas e vegetação de carnaúba (*Copernicia prunifera*), tendo grande presença também de espécies arbustivas da caatinga, pelo avançado estágio de degradação das margens do rio (Figura 4).



Figuras 3 e 4 - Perfil do Neossolo Flúvico (esquerda) e vegetação de carnaúba (direita).

A área está submetida às ações do clima tropical semi-árido, em que predominam chuvas torrenciais e concentradas no tempo, principalmente durante o verão e o outono. De acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME, 2007), nos últimos quatro anos, o total de precipitação variou de 709,4 a 1.447 mm, respectivamente nos anos de 2005 e 2003. Enquanto isso, o número de dias chuvosos oscilou de 50 a 71 dias, respectivamente nos anos de 2005 e 2006.

Os seis meses da estação chuvosa de 2006 registraram a pluviometria total de 1033,5 mm em 71 dias de chuva, sendo que 96% deste total se concentraram em quatro meses (fevereiro a maio), ocorrendo chuvas diárias de até 65 mm (FUNCEME, 2007). Isso demonstra o alto poder erosivo das chuvas de verão da região, o que constitui num dos principais condicionantes naturais para o surgimento de ravinas e voçorocas.

A voçoroca (Figura 5), no início da estação chuvosa de 2006, apresentava profundidades que alcançavam 1 m na cabeceira e 2,3 m na foz, e uma largura que variava de 1 a 3 metros. Sua extensão era de aproximadamente 15 m em linha reta, perfazendo uma área de aproximadamente 40 m<sup>2</sup>.



Figura 5 - Voçoroca em estudo no final da estação seca de 2005. A seta indica o sentido do fluxo do rio. Foto do Autor (dez/2005).

## **AGENTES E PROCESSOS EROSIVOS: CONDICIONANTES NATURAIS E AÇÃO ANTROPOGÊNICA**

A identificação dos vários estágios de evolução da voçoroca é de importância fundamental, para entendermos os agentes e processos atuantes na dinâmica erosiva por voçoroca conectada à rede de drenagem.

Para compreender melhor os processos erosivos atuantes, ou seja, como, onde e por que eles surgem no terreno, dividimo-os em duas etapas que se sucedem: etapa de formação (erosão fluvial) e etapa de evolução da voçoroca (erosão pluvial). Em cada uma dessas etapas uma série de estágios foi detalhada.

### **A remoção da mata ciliar e a erosão em margens de rios**

A ação das correntes fluviais nas margens, também conhecida por erosão fluvial, é a primeira etapa do ambiente em estudo, especialmente durante a estação chuvosa do semi-árido brasileiro. Essa etapa foi denominada etapa de formação da voçoroca.

A erosão ocorre ao longo das margens de rios, onde a velocidade do fluxo d'água é alta e a resistência do material da margem geralmente é baixa. Segundo Araújo et al. (2005), períodos contínuos ou prolongados de inundação combinados com uma variedade de outros processos de degradação também fazem da proteção da margem do curso d'água uma tarefa muito difícil.

Como produto dessa relação dialética entre sociedade e natureza, resulta uma série de características que, segundo Cunha (2005), são indicadores do alargamento do canal fluvial: margens erodidas e solapadas, raízes expostas, árvores inclinadas e deformadas, erosão atrás das árvores e as árvores crescendo dentro do canal.

O primeiro estágio foi marcado pelo solapamento das margens côncavas (Figura 6) pelas águas do rio Coreaú, nos períodos de cheias não regulares, pois esses setores dos meandros são mais suscetíveis à erosão, pois configuram-se como zonas de erosão devido à maior velocidade da corrente.



Figura 6 – Solapamento da margem côncava do rio (Foto do Autor)

Quando esses processos naturais deparam-se com margens desprotegidas, ou seja, sem a presença da mata ciliar, a resultante passa de uma simples dinâmica natural a um grave impacto ambiental, com participação direta de atividades antropogênicas. No caso da área em estudo, poucos metros separam uma antiga estrada vicinal das bordas do terraço fluvial.

As poucas árvores e arbustos restantes em alguns pontos da margem contribuem efetivamente para a contenção do solo através de suas raízes, principalmente as de arquitetura pivotante e extremamente longas, como a das carnaúbas, auxiliando contra o impacto erosivo das águas fluviais.

Quando as raízes das árvores perderam a capacidade de sustentar o solo, aconteceu uma espécie de “efeito alavanca” com a queda das mesmas, retirando uma grande quantidade de solo. Classificamos esse processo como segundo estágio (Figura 7), e a consequência desse fenômeno foi o aparecimento de cicatrizes nas margens do rio, pontos de extrema vulnerabilidade à instalação de ravinas e voçorocas.

Uma vez instalada a cicatriz erosiva deixada pelo movimento de massa, teve-se o início do terceiro estágio, a erosão remontante. Num primeiro momento, a erosão se deu pela ação das águas do rio que em períodos de cheias adentrava a voçoroca, escavando seu eixo.

Durante a estação chuvosa de 2006, apesar dos consideráveis índices pluviométricos, as águas do rio Coreaú não atingiram a face exposta da margem erodido, não havendo, portanto, participação da erosão fluvial no processo de evolução da voçoroca.

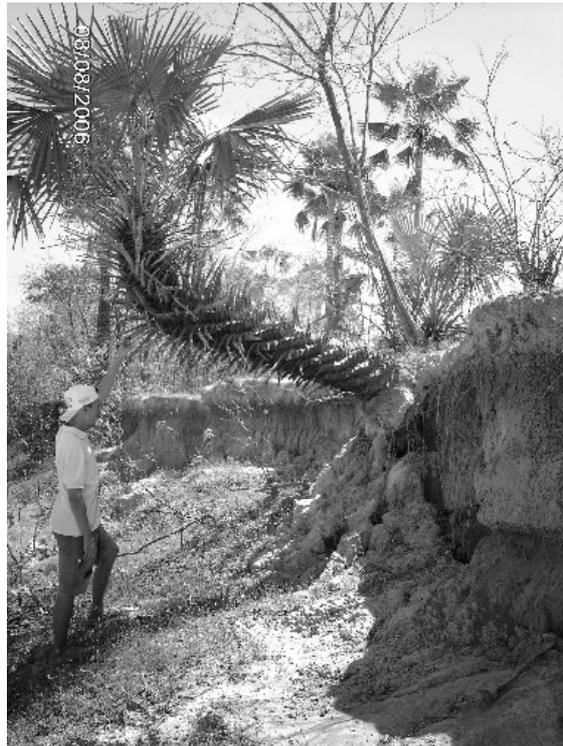


Figura7 - “Efeito alavanca” provocado pela queda da carnaubeira, deixando uma cicatriz exposta (Foto do Autor)

### **Degraus causados por estradas e a erosão em lençol**

A segunda etapa dos processos erosivos, também marcada por vários estágios, deu-se em consequência da erosão hídrica pluvial, não havendo mais a participação direta das águas fluviais na evolução das dimensões espaciais da voçoroca. Esse momento foi denominado de etapa de evolução da voçoroca.

A imprecisão dos projetos de drenagem, principalmente por não levarem em conta a natureza dos terrenos quanto à suscetibilidade à erosão, o desinteresse pelos investimentos em obras complementares ao projeto da estrada e a falta de manutenção são as principais causas da grande incidência de erosão por ravinas e voçorocas encontradas nas áreas rurais (SALOMÃO, 1999).

O quarto estágio foi marcado pelo escoamento superficial em lençol causado por um degrau rebaixado de aproximadamente 20 cm deixado por uma antiga estrada vicinal (Figura 8) que cortava a área até meados da década de 90, e que passava pelas lacunas naturais deixadas pelo carnaubal. No final dos anos 1990, foi construída uma vicinal ao lado, mais distante das margens do rio; mesmo assim, a antiga passagem continua sendo utilizada em épocas de fortes chuvas.

À medida que a erosão remontante que atua nas margens do rio atingiu as bordas da antiga vicinal, a evolução da voçoroca não dependeu mais apenas das grandes cheias do rio, mas dos eventos chuvosos concentrados de verão-outono, o que aumentou o tamanho da voçoroca.

O quinto estágio foi marcado pelo desenvolvimento de um fluxo linear concentrado, após o escoamento em lençol. A concentração do fluxo de água deu-se em direção à cabeceira da voçoroca, quando esta atingiu a borda do desnível deixado pela antiga vicinal. Até esse momento a erosão remontante da voçoroca se deu principalmente pela ação das cheias do rio Coreau.

O tamanho da voçoroca evoluiu bastante (Figura 9), após um ano e dois meses de monitoramento, sendo bastante perceptível sua evolução na seção a montante e, principalmente em direção à cabeceira, pelo fato de ser um trecho sem cobertura vegetal em suas bordas, o que não acontece com a seção a jusante, que possui duas carnaúbas impedindo a erosão das bordas. A situação foi agravada pela adoção de técnicas errôneas por moradores da região, os quais

realizaram a construção de canaletas que têm como objetivo conduzir a água acumulada na antiga vicinal para o interior da voçoroca.



Figura 8 - Degrau rebaixado deixado por antiga vicinal. Foto do Autor (ago/2006).

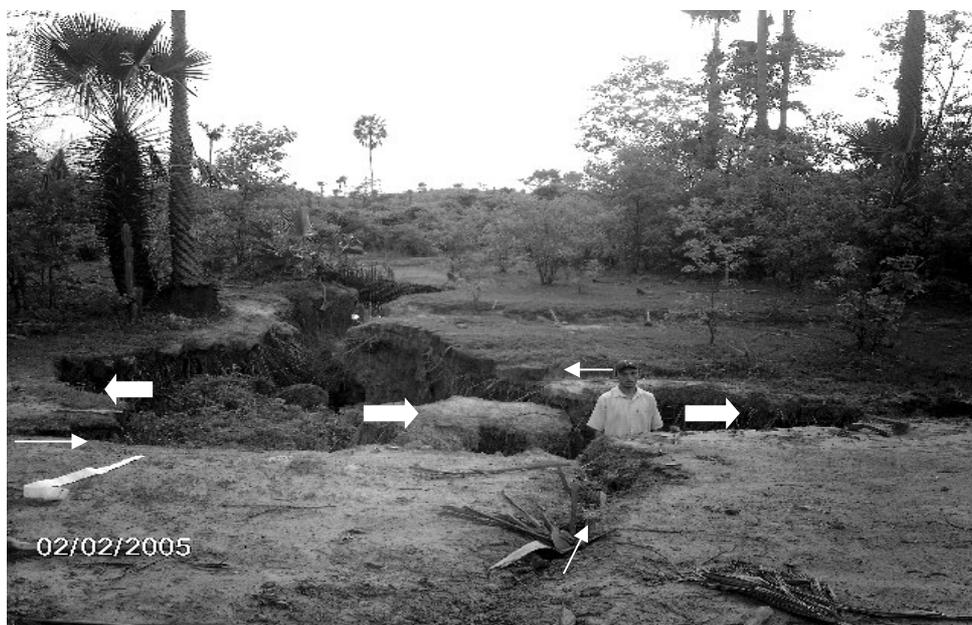


Figura 9 - Voçoroca em estudo no início da estação chuvosa de 2007. As setas largas indicam os pontos de maior evolução da feição e as setas estreitas indicam a presença de canaletas feitas por pessoas da área no ápice da estação chuvosa de 2006 para escoamento da água da vicinal. Foto do Autor (mar/2007).

Após dois de chuvas torrenciais, no segundo ano de monitoramento, a voçoroca evoluiu quase 2 metros de comprimento na cabeceira e nas laterais do setor a montante, além de o eixo da voçoroca ter sido bastante escavado, sendo perceptível a formação de ravina no interior da feição.

Caso nenhuma medida seja tomada por parte do proprietário da área, ou pelo poder público, possivelmente no período chuvoso de 2008 não será mais possível trafegar por essa via para os moradores de algumas localidades rurais dos municípios de Coreaú e Moraújo.

## FEIÇÕES EROSIVAS

As feições erosivas são macro e microformas resultantes dos diversos mecanismos de erosão (destacamento e transporte) dos solos no tempo e no espaço. Essas formas vão desde os milimétricos pedestais (Figura 10), formados pela erosão por salpicamento, até as ravinas escavadas no eixo de voçorocas (Figura 11), formadas pela erosão linear concentrada.



Figuras 10 e 11 - Pedestais (esquerda) e ravina escavada no eixo de voçoroca (direita) no rio Coreaú (Coreaú, CE).

Os pedestais indicam a ocorrência de salpicamento intercalado com remoção das partículas pelo escoamento superficial (OLIVEIRA, 1999). Em geral, são formas residuais esculpidas abaixo de um objeto cuja densidade não permitiu a sua remoção.

As ravinas escavadas no eixo da voçoroca, segundo Oliveira (1999), indicam rotas de organização do escoamento superficial concentrado. No caso da voçoroca em estudo, a ravina possui um padrão meandrante, além de configurar-se como um indicador de momentos diferentes de evolução desta feição. Dutos no interior da voçoroca e na face exposta do talude também são perceptíveis. Os mesmos são esculpidos pela convergência de fluxo superficial para o interior de fendas ou de macroporos biogênicos.

Pequenos cones de areia também são identificados na foz da voçoroca, dentro do leito do rio. Essas feições são oriundas do transporte da camada pouco coesa do solo.

## CONCLUSÕES

Com base no exposto, constatou-se que a degradação dos solos na área pela erosão por voçoroca é consequência de condicionantes naturais, como solos pouco coesos e a ação das águas do rio nas margens, além das atividades humanas, atuantes no presente e num passado recente, principalmente no que diz respeito ao desmatamento em plena área de preservação permanente do rio.

Associada a este processo está a falta de planejamento do uso e ocupação dos solos em áreas rurais, observando-se a presença de uma antiga vicinal às margens do rio, a qual deixou um degrau rebaixado, permitindo a continuidade do processo erosivo através do escoamento em lençol (erosão pluvial).

Mesmo os solos menos susceptíveis à erosão, como os Neossolos Flúvicos, devido à ocorrência em topografias planas, podem apresentar grande risco à erosão, devido à fraca

evolução pedogenética, principalmente em consequência da instalação de voçorocas conectadas à rede de drenagem.

A vegetação (carnaúba) mostrou exercer um grande papel na proteção dos solos contra a erosão, através da copa e das raízes, principalmente. Nos pontos da voçoroca que possuíam carnaúbas, a mesma não evoluiu.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, G. H. S; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2005. 320 p.

CUNHA, S. B. Canais fluviais e a questão ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (orgs.). **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2005. p. 219-238.

FUNCEME. **Gráfico de chuva**. Disponível em: [www.funceme.br](http://www.funceme.br). Acesso em: 02.jan.2007.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2001. p. 139-155.

\_\_\_\_\_. Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, v. 16, 2005. p. 32-37.

MELO, M. S. et al. Processos e produtos morfogenéticos continentais. In: GOUVEIA, M. C. (org.). **Quaternário do Brasil**. São Paulo: ABEQUA. 2005.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M. (orgs.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1999. p. 57-99.

POESEN, J. Gully typology and gully control measures in the european loess belt. **Soil Erosion on Agricultural Land**. Leuven, 1993. p. 513-530.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1999. p. 229-267.