



PROCESSOS EROSIVOS EM ÁREAS DE RISCO DE EROSÃO POR RAVINAS E VOÇOROCAS NO ESPAÇO INTRAURBANO DE ARACAJU – SE

Rafael da Cruz ¹

Hélio Mário de Araújo ²

Gustavo de Oliveira Menezes Santos ³

Gabriel Davi Sousa Vieira ⁴

RESUMO

Aracaju, capital do estado de Sergipe, localiza-se na região Nordeste do Brasil, possuindo dimensões territoriais de 181,8 km². Não fugindo a regra dos demais centros urbanos em expansão, ao longo do tempo vem apresentando problemas relacionados a erosão nas encostas esculpidas no Grupo Barreiras localizadas nas porções norte, oeste e sul da cidade, as quais se constituem em áreas potenciais de risco para a população mais carente. Neste contexto, a pesquisa visou analisar os processos erosivos intraurbanos no município de Aracaju, na perspectiva de contribuir para a implementação de políticas públicas que compatibilizem a natureza com a sociedade e direcione a gestão territorial local no processo de ocupação e uso do solo. Adotou-se como abordagem metodológica a teoria sistêmica, buscando entender o fenômeno erosivo de forma integrada, articulada com a análise qualitativa, ponderando-se o comportamento das águas e incidências de sulcos, ravinas e voçorocas em relação aos fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos, abrangendo as seguintes etapas: a) Cadastramento das ocorrências de ravinas e voçorocas, por meio de interpretação de fotografias aéreas e imagens de satélite QuickBird; b) Elaboração de mapas temáticos de geologia, geomorfologia e pedologia numa mesma escala cartográfica; c) Correlação da distribuição de ravinas e voçorocas com diferentes tipos de rochas, relevos e solos; d) Levantamento de campo e, e) Definição de critérios de distinção de classes de suscetibilidade. Dentre os resultados obtidos, constatou-se que a formação de ravinas é um processo erosivo crítico, frequentemente associado a um rápido aumento na concentração de sedimentos transportados pelo escoamento superficial (*Run-off*). As ravinas em seu processo evolutivo atingiram diversas fases (quatro estágios), tendo o estágio mais avançado contribuído para a formação de microrravinas com cabeceiras. Nas encostas com ravinas permanentes, persistentes no mesmo local por períodos prolongados, não se percebeu a evolução para voçorocas com um aprofundamento vertical crítico e horizontal do processo erosivo com potencial para atingir o lençol freático. As voçorocas de ocorrências nas zonas norte, oeste e sul de Aracaju, identificadas em imagens aéreas e evidenciadas em campo, dependendo dos estágios evolutivos em que se encontram, apresentam aberturas no sentido do alargamento e aprofundamento vertical bem diferenciadas,

¹ Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO/UFS) e Membro pesquisador do Grupo de Pesquisa Dinâmica Ambiental e Geomorfologia (DAGEO/UFS/CNPq), dacruz.rafael@yahoo.com.br;

² Professor do Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGEO/UFS) e Coordenador do Grupo de Pesquisa Dinâmica Ambiental e Geomorfologia (DAGEO/UFS/CNPq), heliomarioaraujo@yahoo.com.br.

³ Graduando em Geografia pela UFS e Membro pesquisador do Grupo de Pesquisa Dinâmica Ambiental e Geomorfologia (DAGEO/UFS/CNPq), gustavodeoliveira777@gmail.com;

⁴ Graduando em Geografia pela UFS e Membro pesquisador do Grupo de Pesquisa Dinâmica Ambiental e Geomorfologia (DAGEO/UFS/CNPq), gabriel_davi07@outlook.com.



algumas delas, demandando a necessidade de aplicação de medidas corretivas para inibir o avanço do processo erosivo. A convergência de mecanismos que atuam sobre elas acaba gerando no seu interior feições erosivas como os sulcos e ravinas. As ocupações desenfreadas nas encostas apresentam atualmente uma dinâmica crescente, sobretudo na porção sul, demandando a intervenção mais direta do poder público na política de ocupação e uso do solo, com infraestrutura de obras de saneamento básico que garanta segurança à população residente. No âmbito da erosão em áreas consideradas de risco a ocupação humana, este estudo abre perspectivas para se pensar numa solução definitiva para essas questões, que além de complexas, exigem na esfera do planejamento e gestão a adoção de medidas eficazes de reordenamento territorial quanto ao uso e ocupação do solo urbano da cidade.

INTRODUÇÃO

O espaço urbano se apresenta como uma das maiores expressões de transformação do meio físico. Uma delas é o desenvolvimento da erosão acelerada com a quebra do equilíbrio ambiental pelas atividades humanas. Para todos os casos, o uso e o manejo inadequado do solo urbano e/ou rural levam a ocorrência dos processos erosivos acelerados, muitas vezes de caráter irreversível.

Nas áreas urbanas os prejuízos decorrentes dos processos erosivos são incalculáveis pelo caráter catastrófico inerente as áreas envolvidas, colocando em risco moradias e equipamentos de infraestrutura face aos insucessos das obras de controle quando são implementadas pelo poder público.

Aracaju não fugindo a regra dos demais centros urbanos em expansão, vem ao longo do tempo apresentando problemas relacionados a erosão nos espaços intraurbanos, sobretudo nas encostas esculpidas no Grupo Barreiras localizadas nas porções norte, oeste e sul que se constituem em áreas potenciais de risco para a população mais carente.

Desde as últimas décadas do século XX, Aracaju vem presenciando um acelerado crescimento de sua malha urbana seja pela iniciativa estatal/municipal na parceria com o Governo Federal e/ou iniciativa privada pelos agentes imobiliários. Esse crescimento, por sua vez, tem gerado impactos ambientais com reflexos notáveis sobre os sistemas geomorfológicos. O desrespeito às leis ambientais e o mau planejamento do uso do solo acabam interferindo diretamente no equilíbrio dinâmico em escala local, criando situações de retomada de erosão linear e voçorocamentos de encostas próximas as áreas de ocupação urbana.

Uma das maiores preocupações atuais da humanidade são os problemas ambientais, fato que tem provocado no meio acadêmico pesquisas e debates em diversos níveis de escalas. A análise da paisagem na concepção sistêmica onde o ambiente é visto como resultado das



relações entre os componentes naturais e sociais tem fundamentado as pesquisas ambientais e subsidiado políticas para o meio ambiente, além de possibilitar a criação de medidas de controle e/ou prevenção frente a modelos econômicos despreocupados com o uso sustentável dos recursos naturais.

Neste sentido, a análise dos processos erosivos na malha intraurbana da cidade, visa à constatação da dinâmica a que está sujeita a área contígua do município de Aracaju, contribuindo direta ou indiretamente para identificar e equacionar os problemas ambientais, possibilitando direcionar as ações da sociedade para possíveis soluções que os cenários oferecem.

METODOLOGIA

No estudo das feições erosivas esculpidas nas encostas do Grupo Barreiras, considerou-se como marco temporal o intervalo 2021/2023. Adotou-se como abordagem metodológica a teoria sistêmica, buscando entender o fenômeno erosivo de forma integrada, articulada com a análise quali-quantitativa, ponderando-se o comportamento das águas e incidências de sulcos, ravinas e voçorocas em relação aos fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos, abrangendo as seguintes etapas:

- a) **Cadastramento das ocorrências de ravinas e voçorocas** – fez-se por meio de interpretação de fotografias aéreas e imagens de satélite QuickBird. As ocorrências identificadas nas imagens e em campo foram localizadas e georreferenciadas em mapa base, constituindo-se no mapa de ocorrências de ravinas e voçorocas;
- b) **Elaboração numa mesma escala, de mapas temáticos de geologia, geomorfologia e pedologia.** Na interpretação do mapa geológico, priorizou-se distinguir as diferentes litologias agrupadas em função do seu comportamento frente aos fenômenos de ravinamentos e voçorocamentos. No mapa geomorfológico, buscou-se as áreas homogêneas quanto aos sistemas/formas de relevo e feições geomorfológicas associadas, e no mapa pedológico o agrupamento de solos com características comuns em relação à profundidade, textura, gradiente e organização textural;
- c) **Correlação da distribuição de ravinas e voçorocas** – buscou-se diferentes tipos de rochas, relevos e solos, estabelecendo relações espaciais entre esses dados;
- d) **Levantamento de campo** - buscou-se identificar o comportamento diferenciado dos fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos em relação ao desenvolvimento de ravinas e



voçorocas, cujas observações privilegiaram o comportamento hidráulico diferenciado das vertentes em relação à evolução dessas feições erosivas. Nesta fase, utilizou-se a caderneta de campo, câmera fotográfica digital para registro *in loco* das ocorrências, fita métrica para medições morfométricas e GPS para marcação de pontos de coordenadas geográficas.

Nesta etapa, priorizou-se o período outono/inverno totalizando 8 (oito) visitas que possibilitaram monitorar e descrever sobre as interferências dos processos morfogenéticos e antrópicos na produção das áreas de maior concentração dos focos erosivos. Assim, considerou-se para efeito de monitoramento as cicatrizes que se encontravam em estágio inicial e/ou médio de degradação passível de intervenção e recuperação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como regra, os principais processos erosivos nos centros urbanos são causados pelas águas das chuvas. Esses processos são agravados pela ação humana, através da alteração das características das condições naturais, seja pelo desmatamento, remoção e ocupação de encostas e aumento das áreas impermeabilizadas, seja pela criação de caminhos preferenciais por meio de construção de vias de acesso (Galerani *et al.*, 1995).

Analisando as áreas de risco na malha urbana de Aracaju e os elementos componentes do sistema ambiental físico da cidade, Araújo (2002), constatou nas encostas das zonas norte, oeste e sul, a manifestação da erosão laminar e linear que decorrem da umidade climática, favorecida pela localização geográfica do município, próximo ao litoral e, da natureza argilosa do material de cobertura que as constituem, na maioria dos casos, sem a proteção natural da cobertura vegetal.

As observações de campo, realizadas no período outono/inverno, sugerem para as feições erosivas registradas nas encostas, graus evolutivos diferenciados associados a diferentes estágios, por terem sofrido a ação inicial da erosão laminar causada pelo escoamento difuso das águas de chuva que, ao se acumularem nas depressões do terreno, descem pelas encostas devido à saturação do solo e pouca retenção das águas pelas poças (*ponds*). A fase posterior a essa, é a erosão linear provocada pela concentração das linhas de fluxo das águas superficiais, resultando em sulcos na superfície do terreno que ao aprofundarem causam o aparecimento das ravinas, conforme ilustra a figura 01.

Na análise qualitativa da erosão em campo, observou-se o recente papel exercido pela água de escoamento superficial em várias feições esculpidas sobre as encostas das referidas zonas, apresentando, inclusive, estruturas sedimentares ou erosivas efêmeras, como indicativo

de direções de fluxos que, em situações ocasionais, são suficientes algumas chuvas para apagá-las da superfície do solo. Assim, sob o efeito do impacto provocado pelas gotas de chuva, as estruturas de fluxo podem se dissiparem, e a superfície sedimentar ou erosiva compactar-se.



Figura 01: Evolução de cicatrizes erosivas sob o efeito do escoamento laminar e linear nos dois níveis da encosta (transição de sulcos para ravinas – estágio 1), Conjunto residencial Santa Lúcia no Bairro Jabotiana.
Crédito: Cruz e Araújo, 2017.

O aumento dos efeitos do escoamento superficial nas encostas em Aracaju, ocorre quando a quantidade de água precipitada geralmente é maior do que a velocidade de infiltração, devido à baixa permeabilidade do solo e grau de plasticidade da argila, pouco resistente à ação das águas pluviais. Essa situação, também decorre da pouca presença da cobertura vegetal, que através da energia cinética facilita o impacto da ação mecânica das gotas de chuva, causando a saltitação que promove maiores taxas de erosão do solo quando arranca e desloca partículas de terra em direções e distâncias diferenciadas.

Exceção à regra, verifica-se no Morro do Urubu, zona norte da cidade, que pelo fato de se constituir em área de preservação ambiental, guardando ainda um estoque considerável de Mata Atlântica, os efeitos engendrados pela água de escoamento são quase imperceptíveis, ocorrendo, pontualmente, nas porções leste e oeste de forma natural, bem como ao norte, onde houve intervenção mais direta da população e/ou município para construção de casas (Figuras 02 e 03).



Figura 02: Evolução do escoamento superficial pela concentração do fluxo de água no interior de voçoroca originada após movimento gravitacional de massa associado aos escorregamentos translacionais (estágio 2) no bordo leste do Morro do Urubu, Bairro Porto Dantas.

Crédito: Cruz e Araújo, 2017.



Figura 03: Efeitos do escoamento superficial concentrado em encosta íngreme da rua São Francisco, Bairro Cidade Nova. Observa-se a presença de fissuras longitudinais nos terços médio e inferior, além dos depósitos de sedimentos arenoargilosos inconsolidados e não coesivos pela exposição à chuva. em toda extensão da base, no limite com a estratificação de arenito.

Crédito: Cruz e Araújo, 2023.

As ravinas ocorrem, preferencialmente com a evolução dos sulcos, a partir de uma pequena incisão longitudinal no solo. A formação de ravinas é um processo erosivo crítico, frequentemente associado a um rápido aumento na concentração de sedimentos transportados pelo escoamento superficial (*Run-off*). Uma vez estabelecidas em uma encosta, as ravinas tendem a evoluir através de bifurcações em pontos de rupturas, podendo desencadear a formação de voçorocas, conforme se constata na figura 04 A e B.



Figura 04: A e B – Formação de ravinas e microrravinas denunciando processo erosivo mais crítico do estágio 2 com tendência ao voçorocamento em encostas de topo convexo no bordo oeste do Morro do Urubu, Bairro Porto Dantas. Predomínio das cores vermelho-amarelada devido à presença de óxido de ferro, silício e alumínio.

Créditos: Cruz e Araújo, 2023.

Nas encostas, de um modo geral, visualizou-se ravinas que, em seu processo evolutivo, atingiram diversas fases, conforme os estágios 1 e 2, sendo a terceira, com o desenvolvimento de microrravinas, onde a maior parte da água escoada superficialmente concentrou-se em canais bem definidos, embora ainda bem pequenos e, a quarta fase, associada a formação de microrravinas com cabeceiras, originadas a partir da ação erosiva dentro das ravinas, demonstrando que nesse estágio o processo erosivo estaria alcançando um nível de equilíbrio dinâmico, quando surge uma zona de deposição de sedimentos abaixo das cabeceiras, indicando que a taxa de sedimentos produzidos excede a capacidade de transporte do fluxo de água (Figuras 05 e 06).



Figura 05 – Vista panorâmica de encostas sem o revestimento da cobertura vegetal, exibindo o desenvolvimento de microrravinas (terceiro estágio), entre as ruas D e São Francisco no Bairro Cidade Nova.



Figura 06: Encosta de topo convexo exibindo microrravinas com cabeceiras denunciando o quarto estágio do processo evolutivo, bordo oeste do Morro do Urubu, Bairro Porto Dantas.

Créditos: Cruz e Araújo, 2023.

Sobre as voçorocas como modalidade das feições erosivas, as de ocorrências nas zonas norte, oeste e sul de Aracaju, identificadas em imagens aéreas e constatadas em campo, dependendo dos estágios evolutivos em que se encontram, apresentam aberturas no sentido do alargamento e aprofundamento vertical bem diferenciadas, algumas delas, demandando a necessidade de aplicação de medidas corretivas para inibir o avanço do processo erosivo. A convergência de mecanismos que atuam sobre elas acaba gerando no seu interior feições erosivas como os sulcos e ravinas (Figura 07).



Figura 07 – Segmentos de uma mesma voçoroca evidenciando estágio avançado do processo erosivo. Proximidades da rua D, Bairro Cidade Nova. Ao fundo além da construção de casas de ocupação voluntária, tem-se condomínios populares de apartamentos construídos na parceria do Governo Federal (Caixa Econômica) com a iniciativa privada através de construtora.

Crédito: Cruz e Araújo, 2023.

As voçorocas refletindo estágio mais evoluído do processo erosivo, geralmente se manifestam no espaço intraurbano de Aracaju, nas encostas onde os efeitos da pressão antrópica é mais evidente e sem a proteção da cobertura vegetal como defesa natural do terreno contra a erosão, pois nos locais onde ocorre presença da vegetação a situação é bem diferenciada, considerando que há uma maior proteção contra o impacto direto das gotas de chuva, uma dispersão e quebra da energia das águas de escoamento superficial, um aumento da



infiltração pela produção de poros no solo através das raízes e aumento da capacidade de retenção de água pela estruturação do solo por efeito da produção e incorporação de matéria orgânica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos estudos preventivos da erosão urbana, os problemas direta e indiretamente relacionados aos processos erosivos, devem ser analisados por meio da elaboração da carta Geotécnica que visa sintetizar as características dos terrenos em função dos seus problemas e fenômenos, destacando a sua aptidão para distintos tipos de ocupação. Em regiões potencialmente favoráveis ao desenvolvimento de ravinas e voçorocas deve ser contemplada na elaboração da carta Geotécnica, estudos de suscetibilidade e não suscetibilidade à erosão, permitindo orientações, não só de caráter preventivo contra o surgimento de voçorocas, mas, também, como condição básica para a correta concepção e o sucesso de obras de contenção para as que já estão instaladas.

A partir da análise das características das feições erosivas em Aracaju, verificou-se que na área de estudo, a organização espacial se estabelece tanto por influência de elementos e fatores naturais, quanto pela interferência humana.

Assim, ocupações de áreas topograficamente elevadas, na maioria das vezes ocorrem de forma desordenada sem um estudo ou planejamento eficaz de uso do solo para o desenvolvimento da cidade, cuja situação provoca uma variedade de problemas ambientais, entre eles, a erosão comandada por diversos fatores naturais relacionados ao clima, relevo, solo e vegetação.

Palavras-chave: Encostas urbanas, Feições erosivas, Planejamento e gestão, Aracaju.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, H. M. de. As áreas de risco na malha urbana de Aracaju, **Revista Geoufs**, São Cristóvão/SE, vol. 1, nº 1, p. 28-34, 2002
- GALERANI, C. *et al.*, Controle da erosão urbana. *In*: TUCCI, C. E. M., PORTO, R. L. e BARROS, M. T. (Orgs). **Drenagem urbana**. Porto Alegre: EDUFRGS, 1995.