Avaliação da dinâmica e evolução erosiva urbana: riscos geológicos nos glacis de acumulação no município de Camaragibe (PE)

Niédja Maria Galvão Araújo e Oliveira¹, João Allyson Ribeiro de Carvalho² & Manoel Anísio da Silva Neto³

Resumo A pesquisa em pauta retrata o real bastante degradado, com o surgimento de sistema de voçorocamento, produzido pela ação pluvial e com indícios da ação dos lençóis freáticos. Esses fatores integram-se, possibilitando a caracterização geomórfica-ambiental, uma indicação típica dos Glacis de Acumulação do Grupo Barreiras, Município de Camaragibe/PE. Metodologicamente, foram coletadas amostras de sedimentos na área objeto de estudo para análises de classificação edafológica e granulométrica, empregando-se também o monitoramento bimestral do perfil das voçorocas, norteando a erosão de suas bordas. A fim de identificar e avaliar os impactos, foram utilizados múltiplos critérios, com base no modelo matricial proposto por Leopold & Gomez (1994), modificado por Oliveira (1998), baseando-se nos fatores físicos, bióticos, perceptuais e sócio-econômicos. Como resultado da análise granulométrica, pode-se afirmar que as amostras apresentaram heterogeneidade, com predominância de argila (74,5%). Conclui-se que a estrutura geológica, conjugada à ação antropogênica, leva ao movimento de massa e ao voçorocamento. As voçorocas têm sofrido perda de massa segundo observação dos dados monitorados. Em relação à avaliação dos impactos, foram identificadas 11 ações e 11 Fatores e Elementos, ambos interagindo entre 50 e 90%, tendo como resultado 29 impactos.

Palavras-chave: erosão acelerada, movimento de massa, voçorocamento, degradação.

Abstract *Evaluation of the dynamic one and erosive urbane evolution: geological risks in the glacis of accumulation in the city of Camaragibe (PE), Brazil.* This paper show us the quite degraded reality, with the appearance of system of voçorocamento, produced by the hydraulical action of surface and with indications of the action of freatic sheets.. These factors are combined, making possible the geomorfolical-environment characterization, a typical indication of the Glacis collected of the Barriers group, in the City of Camaragibe/PE. About the methodology used, was collected samples of sediments in the area object of study for analyses in edafology and granulometric classification. When there is employed also the using of the bimonthly control of the profile of voçorocas, orientating the erosion of his edges. In order to identify and value the impacts, multiple criteria were used, on basis of the model matricial proposed by Leopold & Gomez (1994) modified by Olive tree (1998), being based on the physical, biotics, perceptual and socioeconomic factors. As result of the granulometric analysis, it can be affirmed that the samples presented heterogeneity, with predominance of clay (74,5 %). One concludes that the geologic structure, conjugated to the human action, leads to the movement of mass and the voçorocamento. Voçorocas has suffered loss of mass according to the comment of this monitored data. In relation to the evaluation of the impacts, to 11 actions and 11 Factors and Elements, both had been identified interacting between 50 and 90%, having as resulted 29 impacts.

Keywords: sped up erosion, movement of mass, voçorocamento, degradation.

INTRODUÇÃO A ocupação espacial do Nordeste do Brasil foi feita de forma desordenada, obedecendo aos objetivos econômicos de uma metrópole que ali desenvolvera uma colonização de exploração. Restringindo a área de análise para o Estado de Pernambuco, e apontando as observações para a Região Metropolitana do Recife, constata-se também que ocorreu uma má ocupação desse espaço, o que resultou em municípios, como é o caso de Camaragibe (Fig. 1) - área objeto deste estudo - que cresceu sem plano diretor adequado a uma realidade constituída. Trata-se de uma área composta de uma morfologia complexa, delicada, o que fez

surgir inúmeras áreas de risco, em virtude da quebra do equilíbrio que norteava aquele ambiente. Tais fatos somam-se ao clima segundo Köppen (1948), As', pseudo-tropical com chuvas de outono e inverno, resultante da Massa Polar Atlântica e da Convergência Intertropical, com um índice de precipitação de 1.800mm de chuvas anuais, temperatura média de 24° C e umidade relativa do ar em torno de 87%. O fator umidade predispõe as ações erosivas.

Os estudos sobre os movimentos de massa são muito abrangentes, devido a motivações diversas, inclusive de ordem econômica, pois tais fenômenos po-

1 - Universidade do Estado de Pernambuco FFPNM e FCAP/UPE, Recife (PE), Brasil. E-mail: noliveir@oi.com.br

2 - Universidade do Estado de Pernambuco FFPNM/UPE, Nazaré da Mata (PE), Brasil. E-mail: allysondecarvalho@hotmail.com

3 - Universidade do Estado de Pernambuco FFPNM/UPE, FACEPE/UPE, Programa de Iniciação Científica, Nazaré da Mata (PE), Brasil.

Figura 1 - Localização da área de pesquisa.

dem atingir áreas de ocupação humana. O que atesta essa abrangência é o fato de esses estudos serem desenvolvidos sob vários enfoques, por profissionais de áreas distintas do conhecimento: Geólogos, Geógrafos, Engenheiros, Geomorfólogos, etc. Isso aliado ao fato de tais movimentos se desencadearem nos mais diferentes ambientes, das mais variadas latitudes do globo; faz com que não haja um trabalho amplamente aceito e tomado como referencial para todos que, independentemente do enfoque dado, investigam os referidos fenômenos. Como resultado, existem bibliografias as quais buscam conceituar o mesmo problema, no entanto, priorizam aspectos diferentes sobre este assunto.

Os movimentos de massa são definidos como “todo movimento coletivo de solo e rocha”, conforme Guidicini & Nieble (1984). Genericamente, tais movimentos são conhecidos como escorregamentos. Esses mesmos autores definem a voçoroca como “movimentos complexos de massa”. Movimentos complexos são aqueles que reúnem vários processos em sua formação. O que condiciona a voçoroca a ser caracterizada como movimento complexo é a presença da água atuando em formas diferentes e integradas na sua origem e evolução. Assim, ela vai erodir a superfície, primeiro formando incisões no solo, as quais desencadearão um sistema de ravinamento, causado pela erosão superficial e pela própria gênese do material, que não apresenta um grau de dureza considerável. Esse processo é imprescindível para a gênese das voçorocas, que pode ter sua dinâmica acelerada com a atuação do lençol freático, o que acarretará uma erosão em subsuperfície, proporcionando o colapso do material sobrejacente. Esses processos potencializam-se quando a retirada da vegetação ocorre, tornando o solo desnudo e mais propenso a todos os estágios de erosão aqui mencionados.

É importante salientar que tais movimentos são desencadeados como resposta a ações de cunho social e

negativo, uma vez que uma encosta pode ser concebida como um sistema constituído por uma teia de interações cujos elementos apresentam uma dependência recíproca. Entende-se como sistema “um conjunto de unidades com relações entre si. A palavra ‘conjunto’ implica que as unidades possuem propriedades comuns. O estado de cada unidade é controlado, condicionado ou dependente do estado de outras unidades”, conforme afirmação de Miller in Penteado (1974). Dessa forma, a retirada de qualquer elemento constituinte do sistema encosta, como a vegetação, desencadeia uma série de processos que, juntos, culminam na desestabilização dessa encosta. Ainda, é possível afirmar que uma encosta pode ser classificada como um *Sistema Não-Isolado Aberto*, segundo a classificação funcional proposta por Chorley & Kennedy (1971). No que concerne à classificação estrutural, uma encosta também pode ser classificada como um *Sistema de Processos e Respostas*. Tal classificação é uma combinação de sistemas em Sequência e Morfológicos. Os primeiros indicam os processos e os segundos, a forma, sendo esta nada mais do que uma resposta a determinados estímulos (processos). Nesse tipo de abordagem, tem maior relevância a análise das relações entre os processos e as formas derivadas. Essas relações definem uma tendência para o equilíbrio do sistema, o que leva a admitir que qualquer modificação nos processos conduz à ruptura do equilíbrio entre as relações iniciais, por conseguinte, à modificação da forma original, sendo a recíproca também verdadeira. O que se enquadra perfeitamente na realidade de uma encosta, ou seja, um corte inadequado na barreira (processo) pode quebrar o equilíbrio e, conseqüentemente, desencadear um processo de desestabilização que resultará em uma nova forma gerada eminentemente pela ação antrópica.

O presente trabalho indica relevância, pois a região onde se desenvolve a pesquisa não é palco de muitos estudos. Com a realização desta investigação, visa-

se, dentre outros motivos, conhecer o ambiente de modo a identificar sua dinâmica, e, no final, apontar as alternativas mais viáveis para a área em questão, no que diz respeito à minimização dos impactos, em médio prazo, e a reversão desses problemas, a longo prazo. Com um gerenciamento eficaz, chegar-se-á a um consenso que venha a dirimir os problemas de ordem ambiental para uma efetiva solução na região selecionada para a pesquisa.

Com essa ótica, o trabalho tem como objetivo central analisar, em plano evolutivo, a Geomorfologia Ambiental, aplicada às colinas do setor urbano do Município de Camaragibe, de modo a conhecer sua instabilidade e relação das ações da natureza e do homem.

MATERIAIS E MÉTODOS Envolve revista de material bibliográfico, levantamentos dos aspectos conceituais dos impactos ambientais aplicados à área em estudo, modelos propostos pela bibliografia especializada sugerida por Leopold & Gomez (1994), modificado de Oliveira (1998), que define métodos de avaliação matricial, analisados neste trabalho, obedecendo aos seguintes critérios: caráter, magnitude, importância e duração. Os parâmetros estudados e avaliados nesta pesquisa foram estabelecidos considerando-se as análises dos sedimentos, morfológicas, hidrológicas; a flora, a estética da paisagem, o uso do solo, a urbanização e a indústria, em concomitância com as etapas dos estudos de campo (monitoramento), laboratório e fotointerpretação.

Na busca de identificação dos impactos naturais e antrópicos, justificada por ser uma área de instabilidade topográfica da Geomorfologia local, da influência dos fatores naturais e humanos e suas consequências, formulou-se um primeiro delineamento multidisciplinar

da pesquisa. Essa multidisciplinaridade comportou-se de maneira espontânea, pois todos os processos citados encontraram-se interagindo entre si, materializando, assim, um elo de cujos resultados o homem é agente catalisador, que interage em seu meio e potencializa os seus efeitos, impactando o ambiente. Mesmo que esses impactos sejam positivos, resultaram de impactos negativos.

Diante do exposto, na tentativa de identificar os processos evolutivos dos deslizamentos e os sistemas de voçorocas, aplicou-se como fase experimental o tratamento em fotografias aéreas, utilizando-se a fotointerpretação, a imagem de satélite LANDSAT e o trabalho de campo, podendo, assim, justificar os referidos processos. Foram computados sedimentos já analisados e encontrados na bibliografia, além das amostras que foram coletadas através da pesquisa e analisadas no Laboratório de Geologia Sedimentar – LAGESE da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, norteadas por fatores de diagnóstico dos deslizamentos e abertura de ravinas, conseqüentemente a formação das voçorocas.

Para a grande voçoroca, iniciou-se, em 26/02/2005, o processo de monitoramento localizado nas colinas do Bairro dos Estados, no município de Camaragibe (Figs. 2 e 3).

Com o objetivo de melhor entender a paisagem, analisaram-se variáveis como: a descrição geral e características morfológicas, análises mineralógicas, física e química dos perfis do solo da área em estudo, fatos basilares que repercutem nos movimentos de massa e no sistema de voçorocamento. Os resultados vieram a justificar as previsões, agora fundamentadas em resultados concretos e atuais. No que se refere à análise meteorológica do período em estudo, o sistema hidrológico tam-

Figura 2 - Sistema de voçorocamento.

Figura 3 - Voçoroca com verticalidade na vertente.

bém justificou a dinâmica dos processos erosivos, vindo a contribuir como agente deflagrador do processo de ravinamento, em diferentes estágios, saturação de base e evolução das vertentes com a sequência dos movimentos de massa. Para analisar a erosividade das voçorocas, foi adotado o sistema de monitoramento dos taludes.

Os instrumentos utilizados foram os seguintes: a bússola para identificação do grau das vertentes; higrômetro para medição da umidade relativa do ar; altímetro para aferir a altura média dos morros; GPS para a localização de cada estaca no processo de monitoramento das voçorocas e velocidade do vento; trena para aferir medida entre a borda da vertente e a estaca; sacos plásticos e espátula para coleta de amostras analisadas; fios de nylon para utilização no sistema de amarração; estacas de madeira, com 45 cm de comprimento, afixadas, levando ao monitoramento das voçorocas e martelo geológico. Os procedimentos aplicados foram à análise laboratorial físico-química dos sedimentos e o sistema de peneiramento para identificação da granulometria dos sedimentos, além de formulários de entrevistas com a população residente na área para materialização dos acontecimentos dentro do processo histórico.

Para o monitoramento das Voçorocas, a análise é de correlação: a partir de resultados anteriores, definia-se o valor de diferença entre a aferição passada e a atual.

Em relação aos deslizamentos de barreiras, a análise caracterizou o tipo de movimento de massa (forma de projeção da massa via vertente), mediante as particularidades e características inerentes a cada tipo de movimento discernidas por Guidicini & Nieble (1984).

Serviu também como análise a aplicação do método de identificação e avaliação de impactos, como também foi empregada a avaliação de multicritérios adaptada dos modelos matriciais de Gomez (1994) para identificar e avaliar as transformações ocorridas a partir de um conjunto de ações humanas, das ações, fatores e elementos naturais (físico, bióticos, perceptíveis e socioeconômicos) alterados de forma antropogênica e dos impactos produzidos, obtendo-se uma quantificação global e ponderada dos impactos positivos e negativos. Os critérios qualitativos e quantitativos utilizados foram os seguintes: caráter do impacto, certeza, tipo, tempo de desenvolvimento e magnitude, importância, duração e reversibilidades.

RESULTADOS E DISCUSSÃO A pesquisa destacou os fatores históricos que justificaram a ocupação do espaço, seu contexto sócio-econômico, demográfico e suas condições de saneamento e componentes geoambientais, além da delimitação de seus sistemas ambientais, vindo a possibilitar condições para futura confecção de mapeamento temático sócio-ambiental e destacar os padrões de uso do solo, os impactos ambientais decorrentes, jurídicos, de controle ambiental e o estudo de conservação dos sistemas ambientais. A análise geoambiental contribuiu com a delimitação de unidades de uso compatíveis com os sistemas ambientais e suas potencialidades e limitações. Por fim, realizou-se o cruzamento de dados para a maior efetivação da metodologia

de Gómez (1994), na tentativa de um DELIS (Desenvolvimento Local, Integrado e Sustentável).

Tendo em vista o importante papel desempenhado pelo processo de voçorocamento na alteração da configuração paisagística da área em pauta, pode-se afirmar que a sua dinâmica merece ser estudada. O processo de voçorocamento existente no Bairro dos Estados - Município de Camaragibe - PE, é uma resposta do meio a uma série de ações impactantes, de caráter negativo e de origem antrópica, que quebraram o equilíbrio que regia aquele sistema, inclusive com a formação dos *badlands* (Fig. 4), acompanhado do solapamento verticalizado, produto do *piping* (Fig. 5). Tais ações surgem de um processo desordenado de ocupação do meio, decorrente de uma urbanização desorganizada que, por sua vez, é pressionada por uma crescente especulação imobiliária que força a população de baixa renda a se refugiar em zonas periféricas e de risco geológico.

A metodologia proposta por Guerra (1996), leva em consideração a evolução da voçoroca em termos temporais e espaciais, em função das estacas fixadas próximas à vertente nas áreas de maior índice de erosão observadas facilmente *in loco*. No caso da pesquisa em destaque, foram colocadas seis estacas ao redor da voçoroca, respeitando-se uma distância, entre elas, de acordo com o perímetro monitorado a 5,6 metros de distância entre a borda e a estaca. Foram feitas visitas bimestrais regulares ao campo para a coleta de dados, com o objetivo de conhecer a dinâmica do processo de voçorocamento, com exceção do período entre a primeira e segunda visita ao campo.

Após a análise e o tratamento dos dados obtidos em campo, através das visitas periódicas, pode-se afirmar que os diferentes pontos monitorados da voçoroca tiveram uma evolução relativamente acentuada,

Figura 4 - Área de badlands.

Figura 5 - Piping produzindo solapamento, verticalizando a vertente da voçoroca.

ou seja, o processo erosivo atuou de forma decisiva e possibilitou a conseqüente evolução da voçoroca. Essa evolução se fez mais acentuada nos meses de maio e junho, quando seus índices pluviométricos atingiram 472 mm e 746,9 mm respectivamente (Fig. 6). É relevante afirmar que as chuvas desencadeiam a ação de uma série de outros processos que, apesar de serem distintos, atuam de forma integrada, como é o caso do aumento da erosão superficial a qual, com o tempo, passa de laminar para sulcos. Esse processo também decorre da compactação do solo, devido à retirada da vegetação que, por sua vez, acarretará uma diminuição da quantidade de matéria orgânica presente, o que irá concretizar em uma diminuição dos seus agregados e, por conseguinte, a perda de coesão e aumento da erosão por *splash*. Outro exemplo da ação integrada é o da erosão em subsuperfície *piping* (Fig. 5), nas paredes laterais e no fundo dos dutos presentes no subsolo, até haver o colapso do material sobrejacente. Um dado facilmente identificado na análise da evolução do processo de voçorocamento é a não uniformidade do processo erosivo, ou seja, existem pontos que erodem mais rapidamente. Isso ocorre como um reflexo da maior turbulência e velocidade do fluxo de água em alguns pontos da voçoroca durante o evento chuvoso, além da própria heterogeneidade do material constituinte dos Glacis de Acumulação, o que vai acarretar uma maior extração de sedimentos, como é o caso da estaca de número cinco que chegou a erodir 1,57 m em 26/07/2005 (Tab. 1) durante dois meses de considerável pluviosidade (junho e julho). Essa ocorrência contribuiu para uma notável elevação do nível de erosão no mês de julho (Fig. 7). Trata-se de um dado alarmante, já que se pode vislumbrar um processo erosivo acelerado.

Dando continuidade à análise da tabela 1, nota-

Figura 6 - Índice Pluviométrico da Estação Camaragibe nos meses de fevereiro/2005 a agosto/2005. Fonte: ITEP 2005.

Tabela 1 - Monitoramento da evolução da voçoroca de maior amplitude no período de 26/02/05 a 13/08/05.

VALOR CALCULADO COM BASE NAS AFERIÇÕES de 26/02/05 e 26/03/05	
Número de estacas	Quantidade em "cm" de material erodido
1	3
2	2
3	1
4	6
5	0
6	0
VALOR CALCULADO COM BASE NAS AFERIÇÕES de 26/03/05 e 17/04/05	
Número de estacas	Quantidade em "cm" de material erodido
1	2
2	0
3	11
4	4
5	4
6	0
VALOR CALCULADO COM BASE NAS AFERIÇÕES de 17/04/05 e 03/07/05	
Número de estacas	Quantidade em "cm" de material erodido
1	10
2	4
3	26
4	60
5	157
6	7
VALOR CALCULADO COM BASE NAS AFERIÇÕES DE 03/07/05 e 13/08/05	
Número de estacas	Quantidade em "cm" de material erodido
1	0
2*	-
3*	-
4	5
5	4
6	32

*Estacas remobilizadas pela população residente.

Figura 7 - Evolução da Voçoroca monitorada, considerando-se os valores da tabela 01.

se que o intervalo de coleta de dados inicia-se mensalmente. Posteriormente, com as constantes chuvas, a área começou a apresentar sérias dificuldades quanto ao seu acesso. Em virtude da inviabilidade de se chegar ao local da voçoroca de maior proporção (monitorada), no mês de junho/2005, fez-se necessária uma adequação da metodologia à realidade do local, com o monitoramento seguindo um regime bimestral.

A pesquisa também contabilizou análises pertinentes para caracterização da encosta. Hoje, seus estudos e seus resultados propiciaram condições suficientes para a montagem do dinâmico cenário daquele sistema não linear. Uma dessas análises foi a mineralógica de sedimentos recolhidos no topo e na base da voçoroca em estudo. Com essa análise, obtiveram-se os seguintes dados, demonstrados nas tabelas 2 e 3, referentes aos resultados obtidos do material coletado no topo da voçoroca. Para o resultado do material coletado da base, podem-se observar as tabelas 4 e 5, indicando o solo do tipo Latossolo profundo, com 71% de argila, seguido de areia (19,6%) e silte (9,4%). A representatividade de argila nas amostras analisadas ratificam a instabilidade da área face seu caráter expansível.

Através das tabelas acima, foi possível confirmar a intensa heterogeneidade de materiais envolvidos, uma característica típica da Grupo Barreiras. Outro aspecto importante é a predominância do Hidróxido de Ferro na base da voçoroca (Tab. 5). Este fato justifica-se devido ao intenso processo de laterização atuante na área. Esse processo é potencializador dos movimentos de massa. Um outro ponto a ser mencionado é a predominância de argila nas tabelas 2 e 4, que se torna mais um indicativo deflagrador dos movimentos ali desencadeados.

Também como resultado da pesquisa, vislumbra-se um diagnóstico geoambiental da região alvo dos estudos. Para tanto, foi utilizado o método de identificação e avaliação do impacto Leopold (1994) & Gómez (1994) adaptada por Oliveira (1998). Empregou-se uma avaliação de múltiplos critérios com base no modelo matricial para identificar e avaliar as transformações ocorridas, a partir de uma série de ações de gênese antrópica atuando sobre os fatores e elementos naturais, os quais propiciaram a identificação e enumeração do quantitativo de impactos, positivos ou negativos, que

Tabela 2 - Representatividade (%) dos sedimentos coletados na voçoroca (amostra 1, topo). Classificação edafológica: solo amarelado a rosado com início de heterogenização. Método: Beckman.

SEDIMENTOS	REPRESENTATIVIDADE
Argila	74,5 %
Silte (limo)	7,6 %
Areia	17,9 %

Classificação edafológica: solo amarelado a rosado com início de heterogenização.

Método: BECKMAN.

Tabela 3 - Estudo dos parâmetros químicos presentes na amostra (amostra 1, topo).

ELEMENTOS QUÍMICOS	REPRESENTATIVIDADE
Hidróxido de Ferro	57,4 %
Manganês	11,0 %
Clorita	12,7 %
Calcita	18,9 %

Tabela 4 - Representatividade (%) dos sedimentos coletados na voçoroca (amostra 2, base). Classificação edafológica: Solo Marrom – avermelhado superficial maduro.

SEDIMENTOS	REPRESENTATIVIDADE
Argila	71 %
Silte (limo)	9,4 %
Areia	19,6 %

Método: Beckman.

Tabela 5 - Estudo dos parâmetros químicos presentes na amostra (amostra 2, base). Cor: vermelho-chocolate.

ELEMENTOS QUÍMICOS	REPRESENTATIVIDADE
Hidróxido de Ferro	57,4 %
Manganês	11,0 %
Clorita	12,7 %
Calcita	18,9 %

ali emergiram. Os critérios quantitativos e qualitativos utilizados foram: caráter do impacto, certeza, tipo, tempo em aparecer, magnitude, importância, duração e reversibilidade, como se verifica na tabela 6.

Após os resultados marcados através da metodologia, pôde-se aferir mais clareza e eficácia na identificação dos impactos na área de trabalho. Quando as ações foram definidas, logo foram relacionadas com os fatores e elementos naturais atingidos por tais impactos e, por conseguinte, o delineamento dos impactos ali existentes.

Tabela 6 - Impactos identificados através das ações, fatores e elementos.

AÇÕES	FATORES E ELEMENTOS	IMPACTOS
A. Corte ou Retirada da vegetação	I. Solo	1. Alteração da morfologia da encosta
B. Extração Mineral	II. Relevo	2. Destruição da vegetação primária
C. Atividade Pecuária Bovina	III. Hidrologia	3. Perda dos solos por escoamento superficial
D. Atividade Industrial	IV. Alteração da estética da paisagem	4. Modificação do regime hidrológico
E. Especulação Imobiliária	V. Indústria de construção	5. Surgimento e evolução acelerada das voçorocas
F. Obras de Engenharia	VI. Comércio	6. Afloramento dos lençóis freáticos
G. Instalação de Saneamento básico Incipiente	VII. Economia	7. Afetação à saúde pública por vetores
H. Construção Civil	VIII. Flora e fauna terrestre	8. Poluição dos lençóis freáticos
I. Cortes das Barreiras	IX. Uso do solo	9. Crescimento econômico
J. Cultivo de Árvores frutíferas retentoras de água	X. População	10. Deslizamento de barreiras
L. Implantação de Estradas	XI. Vetores de germes patogênicos	11. Urbanização desordenada
		12. Compactação dos solos por pisoteio de animais
		13. Ausência de esgotamento sanitário
		14. Aumento das oscilações térmicas
		15. Insuficiência da coleta de lixo
		16. Diminuição dos parâmetros de resistência por intemperismo
		17. Alteração da flora e da fauna terrestre
		18. Processo de favelização
		19. Aumento da erosão em sub-superfície
		20. Mudanças paisagísticas
		21. Mudança da forma de ocupação do solo
		22. Geração de empregos
		23. Desenvolvimento de construções
		24. Prática de atividades comerciais
		25. Técnicas inadequadas para o controle de deslizamentos
		26. Modificação dos canais de escoamento
		27. Abrigo de delinquentes
		28. Retenção de líquidos no solo
		29. Riscos geológicos previsíveis e eminentes

A partir do exposto, foi possível, compreender como o ambiente está reagindo à pressão humana e a identificação de 29 impactos no campo de trabalho.

Definidos os impactos, a avaliação qualitativa e quantitativa possibilitou atribuir a cada um deles um valor, como pode ser visto na tabela 7. Na avaliação qualitativa, consideram-se os seguintes parâmetros: a primeira coluna refere-se à natureza do impacto (negativo ou positivo). A segunda coluna refere-se à probabilidade do impacto acontecer (c- certo, p- provável, i- improvável.). A terceira coluna refere-se à consequência do impacto (Pr- consequência direta, Sc- consequência indireta e Ac- consequências individuais, mas que podem dar origem a outros maiores.). Na quarta e última coluna da Avaliação Qualitativa, aborda-se o tempo necessário para acontecer (c- dentro de 6 meses, m- de 6 meses a 3 anos, l- após 3 anos ou mais).

No concernente a avaliação Quantitativa, esta divide-se em quatro colunas, onde a primeira diz respeito à área de abrangência do impacto (1- área afetada inferior a 1 ha, 2- área entre 1 e 10 ha, 3- área afetada maior que 10 ha.). Na segunda coluna, constata-se a importância relativa que o impacto tem com os demais impactos (0- sem importância, 1- Menor, 2- Moderada, 3- Maior). A terceira coluna refere-se ao tempo que se supõe que o

efeito do impacto dure (1- menos de 1 ano, 2- entre 1 e 5 anos, 3- permanece mais de 5 anos). A quarta coluna avalia a reversibilidade da área após o término do impacto (1- reversível, 2- irreversível.). O valor de cada impacto é calculado com a multiplicação do primeiro com o segundo termo e a adição do terceiro e quarto termos.

Tais valores demonstram o caráter de influência e agressão de cada impacto ao meio-ambiente. Os impactos de maiores valores foram os seguintes: alteração da morfologia da encosta, perda dos solos por erosão superficial, afloramento dos lençóis freáticos e mudanças paisagísticas com o valor 13. Outros impactos como destruição da vegetação primária, modificação do regime hidrológico, alteração da flora e da fauna terrestre e riscos geológicos previsíveis e eminentes também obtiveram uma pontuação relevante: 10.

Em uma análise quantitativa, os fatores e elementos físicos em conjunto, representados na tabela 8, refletem as maiores transformações, com um total de 187 impactos. Os fatores socioeconômicos também tiveram um representativo número de impactos catalogados e identificados, perfazendo um total de 181. Já os fatores e elementos perceptuais aparecem com 59 impactos. Por fim, os de cunho biótico somaram 40.

Quando a análise é feita de forma individual, os

Tabela 7 - Valorização qualitativa e quantitativa dos impactos.

Impactos	Avaliação qualitativa				Avaliação quantitativa				Valor do impacto
1. Alteração da morfologia da encosta	-	C	Pr	m	3	3	3	1	13
2. Destruição da vegetação primária	-	C	Pr	c	2	3	3	1	10
3. Perda dos solos por escoamento superficial	-	C	Pr	c	3	3	3	1	13
4. Modificação do regime hidrológico	-	P	Ac	l	3	2	3	1	10
5. Surgimento e evolução acelerada das voçorocas	-	C	Pr	m	3	3	3	1	13
6. Afloramento dos lençóis freáticos	-	P	Sc	m	3	3	3	1	13
7. Afetação a saúde pública por vetores	-	C	Pr	m	2	2	3	1	8
8. Poluição dos lençóis freáticos	-	P	Ac	m	3	2	3	0	9
9. Crescimento econômico	+	C	Sc	l	3	1	2	0	5
10. Deslizamento de barreiras	-	C	Pr	m	1	3	3	0	6
11. Urbanização desordenada	-	C	Pr	m	2	2	3	1	8
12. Compactação dos solos por pisoteio de animais	-	P	Pr	l	1	1	2	0	3
13. Ausência de esgotamento sanitário	-	P	Ac	l	2	1	3	0	5
14. Aumento das oscilações térmicas	-	C	Pr	c	3	2	3	0	9
15. Insuficiência da coleta de lixo	-	C	Sc	c	3	1	3	0	6
16. Diminuição dos parâmetros de resistência por intemperismo	-	C	Sc	m	2	2	2	0	6
17. Alteração da flora e da fauna terrestre	-	P	Ac	l	2	3	3	1	10
18. Processo de favelização	-	C	Sc	c	2	3	3	0	9
19. Aumento da erosão em sub-superfície	-	P	Sc	m	1	2	2	0	4
20. Mudanças paisagísticas	X	C	Pr	m	3	3	3	1	13
21. Mudança da forma de ocupação do solo	-	C	Pr	m	3	2	3	0	9
22. Geração de empregos	+	P	Sc	m	2	1	2	0	4
23. Desenvolvimento de construções	X	P	Sc	m	2	1	2	0	4
24. Prática de atividades comerciais	+	C	Sc	m	1	1	3	0	2
25. Técnicas inadequadas para o controle de deslizamentos	-	C	Ac	l	1	2	3	0	5
26. Modificação dos canais de escoamento	-	P	Sc	l	2	2	3	1	8
27. Abrigo de delinquentes	-	C	Pr	c	2	3	3	0	9
28. Retenção de líquidos no solo	-	C	Pr	m	1	2	1	0	3
29. Riscos geológicos previsíveis e eminentes	-	C	Sc	m	3	2	3	1	10

fatores e elementos mais afetados são: o relevo, com 85 impactos, e o solo, com 72 impactos. Já os que menos sofreram ações impactantes foram: vetores de germes patogênicos apresentando 02 impactos identificados e a hidrologia, com 20 impactos.

CONCLUSÕES O município de Camaragibe, - tem sido alvo de uma série de impactos negativos de origem antropogênica e hoje não apresenta uma vegetação primária que sirva como elemento estabilizador daquela encosta, diminuindo a atuação da erosão hídrica em suas várias formas. Esse talude deve ser considerado como área de risco geológico, portanto, passível do desenvolvimento da voçoroca em estudo e do desencadeamento de movimentos coletivos de solo e rocha. Tal afirmativa é ratificada através das análises das medições realizadas entre a borda da voçoroca e

as estacas. Quando a estaca 1 apresentava 5,67 m, o processo erosivo foi de 0,03 m. Com a estaca 2, o processo erosivo foi de 0,02m. Na estaca 3, a erosão atingiu 0,01 m e a estaca 4, 0,06m. As estacas 5 e 6 permaneceram sem nenhuma alteração no processo erosivo. Na estaca 4 é justificado como maior processo erosivo em relação às demais, porque ela está situada na cabeça da voçoroca, recebendo maior ação da energia hidráulica e de transporte de sedimentos. O mesmo fato não acontece com as demais. Mesmo assim, o índice erosivo deve ser considerado baixo, visto que o índice pluviométrico não é representativo. Fato que justifica-se com a localização dos demais pontos monitorados não situarem-se na cabeça da voçoroca (ponto de concentração de erosão por maior fluxo da energia hidráulica e transporte de sedimentos).

Tabela 8 - Matriz de identificação de impactos no bairro dos estados – Camaragibe/PE.

FATORES E ELEMENTOS AMBIENTAIS		AÇÕES										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
FÍSICOS	Solo	1,2,3,5,10,14,16,19	3,16,17,19	3,12,16	1,2,3,6,21	1,2,3,5,18,19,21	1,2,3,18,19,21,26	16,18,19	1,2,3,5,6,8,10,11,20,21,23,26,29	1,2,3,5,10,17,18,19	1,2,20,21,16,19,25,28	1,2,3,5,10,17
	Relevo	1,2,5,6,10,14,16,19,26,29	5,6,8,10,16,17,19,29	1,5,10,12,16,29	1,5,6,10	1,2,5,10,18,19,29	1,5,10,19,25,26,29	-	1,2,3,5,6,8,10,11,20,23,26,29	1,2,5,6,10,11,15,17,18,19,20,23,25,29	6,11,16,20,19,25,28,29	1,5,6,10,11,17,21,25,29
	Hidrologia	4,6,26	-	-	4,6,8,26	4,6	4,6,8,13	8	4,26	6,26	6	6
BIÓTICOS	Flora e Fauna Terrestres	16,17,21	17	2	17	17	17,26	-	2,3,4,5,6,14,16,17,19,21,26,29	1,11,17,25	2,6,11,17,21,25,29	2,14,16,17,19,29
	Vetores de Germes Patogênicos	-	-	-	-	-	-	13	7	-	-	-
PERCEPTIVO	Alteração da estética da paisagem	10,11,16,17,19,21	16,19,20	12,20	20	18,19,20,23	3,10,20	-	1,2,5,10,14,16,18,19,20,21,23,29	1,2,10,11,15,17,18,19,20,25,26	1,11,17,20,21,25,28	1,2,10,11,17,20,21,25,26,29
SÓCIO ECONÔMICO	Indústria da construção	2,3,11,17,18,19,21	19	-	23	18,19,23	9,18,19,23,25	16,23	9,11,18,20,21,22,23,24	18,19,23	-	23
	Comércio	2,3,11,17,21	24	-	22,24	18,24	24	-	9,22,24	11,24	-	9,22,24
	Economia	9,18,19,21	9,19,24	9	9,18,22	9,18,19	2,4,9,18,19,22,23	16	9,18,21,22,24	18,10,23	11,28	9,22,24
	Uso do solo	3,5,10,11,14,16,17,18,19,20,21	16,19,21	12,16,21	6,21	18,19,21,27	9,16,18,19	16,19	9,14,16,17,18,19,20,23,29	1,5,10,11,18,19,21,25,29	11,16,17,19,21,25,28	1,2,10,11,14,16,17,19,21
	População	11,18,17,29	11	-	18,22	18,21	18,22	13,16	7,18,22,23	10,11,23,25,29	11,25	1,9,11,21,22,24,25,27,29

Referências

- Chorley R.J. & Kennedy B.A. 1971. *Physical Geography: a Systems Approach*. London, Prentice Hall Inc. Co., 370p.
- Gomez O. 1994. *Evaluación de Impacto Ambiental*. Madrid, Agrícola Española, 260p.
- Guerra A. 1996. *Geomorfologia Exercícios, Técnicas e Aplicações. Processos Erosivos nas Encostas*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 343p.
- Guidicini G. & Nieble C.M. 1984. *Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação*. 2TM, Edgand, B1 cher., 194p.
- Köppen J.W. 1948. *Climatología con uno Estudio de los Climas de la Tierra*. Mexico, Fondo de Cultura Económica, 478p.
- ITEP. Laboratório de Meteorologia de Pernambuco. 2005. Monitoramento da Precipitação Pluviométrica. Estação Camaragibe. Disponível em <<http://www.itep.br/lamepe.asp>>. Acesso em: 13 fev. 2006
- Oliveira N. 1998. *Problemas Geomorfológico – Ambientales de las Restingas y Mangles Em Pernambuco y Cuba*. Tese de Doutorado, Ministério de Ciências y Tecnología y Medio Ambiente. I.G.T. Academia de Ciencias de Cuba. La Habana, 120p.

Manuscrito ID 13563

Submetido em 6 de março de 2009

Aceito em 17 de fevereiro de 2010