

A DEGRADAÇÃO DO SOLO POR MEIO DA EROSÃO: PRINCIPAIS AGENTES CONDICIONANTES E IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS CAUSADOS POR VOÇOROCAS NO LAGO DO ZÉ AÇU, PARINTINS-AM

Rildo Oliveira Marques¹
Reginaldo Luiz Fernandes de Souza²

RESUMO

Nos últimos anos a degradação do solo por meio da erosão tem promovido inúmeras alterações tanto em ambientes rurais quanto urbanos, gerando a partir dos seus efeitos, várias consequências para os grupos sociais afetados com tal dinâmica. Nesse sentido, o presente trabalho teve por objetivo principal compreender os principais agentes condicionantes para a formação e desenvolvimento de voçorocas na cabeceira do Jará, localizada no Lago do Zé Açú, zona rural do município de Parintins-AM, e como específicos verificar a classificação quanto ao tipo e forma dessas incisões; descrever as outras feições erosivas encontradas no local e identificar os principais problemas socioambientais gerados a partir dessa forma de degradação do solo. Para tal, o estudo esteve pautado nas bases do método dedutivo, onde se utilizou os seguintes procedimentos metodológicos: Levantamento bibliográfico; trabalho de campo; análise microbiológica da água; entrevistas com os moradores e a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e imagens de satélite. Com os resultados pôde-se compreender que os principais agentes condicionantes para o surgimento das voçorocas na área de estudo são: o alto índice de precipitação do município e o seu escoamento superficial e subsuperficial; o tipo de solo que possui em sua base um horizonte com grande concentração de material arenoso; a forma do relevo, pois a maioria das encostas apresenta configuração convexa com aproximadamente 45° de declividade, propícia a erosão; e como um dos principais agentes, o uso do solo para práticas pecuárias extensivas, sendo o desmatamento de áreas de mata ciliar e o pisoteio do gado os iniciadores dos processos erosivos. Entre os principais danos socioambientais causados pela erosão destacam-se, o abandono da terra por parte dos moradores, a constante ocorrência de doenças como diarreia e vômitos causados pelo consumo de água contaminada que apresentou tanto Coliformes Totais quanto Escherichia Coli, impróprios para o consumo humano em decorrência de indicadores fecais e a morte de várias nascentes e de peixes afetados com o assoreamento que se estende e aproxima cada vez mais das comunidades e que pode no futuro interromper o curso superior do Lago do Zé Açú.

Palavras-chave: Degradação do solo. Voçorocas. Problemas socioambientais.

¹Graduando do Curso de Licenciatura em Geografia da Universidade do Estado do Amazonas, Centro de Estudos Superiores de Parintins CESP/UEA. rildomarques.geo@gmail.com

²Professor MSc. da Universidade do Estado do Amazonas, Centro de Estudos Superiores de Parintins CESP/UEA. reginaldo.uea@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a degradação do solo por meio da erosão tem promovido inúmeras alterações tanto em ambientes rurais quanto urbanos, gerando a partir dos seus efeitos várias consequências de ordem socioambiental para os grupos sociais afetados com tal dinâmica. Parte dessa degradação é causada principalmente por voçorocas que se formam a partir das condições ambientais específicas de suas áreas de ocorrência, tais como o clima, as características solo, tipo de encosta, afloramento do lençol freático, cobertura vegetal e a precipitação que condiciona os fluxos superficiais e subsuperficiais.

Por outro lado, com a expansão urbana e a com a pressão sobre os recursos naturais existentes em áreas rurais, a ação antrópica tem ganhado destaque dando a sua parcela de contribuição tanto na origem quanto na aceleração desses processos, levando a um desequilíbrio que por sua vez desencadeia uma série de problemas ambientais como o assoreamento, a interrupção de fontes d'água e a redução ou perda plena de fauna aquática.

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo geral compreender os principais agentes condicionantes para a formação e desenvolvimento de voçorocas na cabeceira do Jará, localizada no Lago do Zé Açú, zona rural do município de Parintins-AM, e como específicos verificar a classificação quanto ao tipo e forma dessas incisões; descrever as outras feições erosivas encontradas no local e identificar os principais problemas socioambientais gerados a partir dessa forma de degradação do solo.

Para tal, o estudo esteve pautado nas bases do método dedutivo, onde se empregou os seguintes procedimentos metodológicos: Levantamento bibliográfico, onde se trabalhou principalmente autores como Oliveira (2005); Viera (2008) e Molinari (2007). Já no trabalho de campo que se deu a partir de observações periódicas durante aproximadamente dois meses no local, se utilizou além de entrevistas com antigos moradores das comunidades de Bom Socorro, Paraíso e Nossa Senhora das Graças, uma análise microbiológica da água feita no laboratório de controle da qualidade da água do SAAE³. O trabalho teve também como suporte a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e imagens de satélite disponíveis no site do Arcgis Landsat ndvi change. Outro procedimento empregado foi o uso de um protótipo com uma câmera digital acoplada em um “papagaio” com dimensões de 1 m x 40 cm para a compreensão quanto ao tipo e forma de uma das voçorocas identificadas.

O trabalho está dividido da seguinte forma: no primeiro item **Sulcos, ravinas e voçorocas: classificação, dimensões e formas**, procurou situar a pesquisa no contexto dos

³ Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Parintins.

princípios básicos e classificações que serão utilizados no decorrer do trabalho, discutindo os conceitos, dimensões e formas dos sulcos, ravinhas e das voçorocas, assim como o termo usado e a classificação empregada para este estudo. Ao final foi apresentada a área pesquisada, com suas dimensões, comunidades pertencentes e a cabeceira onde se instalou as voçorocas.

Em os **Principais agentes condicionantes e o uso do solo na área de ocorrência das voçorocas na cabeceira do Jará, Lago do Zé Açu**, discorreu-se sobre os principais agentes que condicionam a formação e o desenvolvimento das voçorocas, assim como o uso que é dado ao solo e sua relação com tais processos erosivos. Verificou-se também neste item, tomando por base modelos teóricos, a classificação quanto ao tipo e a forma dessas incisões, bem como a identificação de outras feições erosivas encontradas no local.

Por último, em os **Principais problemas socioambientais causados pela degradação do solo no Lago do Zé Açu**, serão apresentados os resultados obtidos a partir da identificação dos principais problemas socioambientais gerados a partir dessa forma de degradação do solo, e como estes vêm interferindo na vida dos moradores através do abandono da terra, do assoreamento, morte de nascentes e de doenças que ocorrem constantemente pelo consumo da água contaminada pelos materiais carreados para o lago.

2 SULCOS, RAVINAS E VOÇOROCAS: CLASSIFICAÇÃO, DIMENSÕES E FORMAS

Nas últimas décadas a degradação do solo por meio da erosão tem causado inúmeros transtornos às populações localizadas tanto em áreas rurais como urbanas (VIEIRA, 2010). Dentro desse contexto de degradação ambiental, as voçorocas, feições geomorfológicas resultantes da ação erosiva acelerada durante um tempo suficiente para a formação de incisões no solo, além de poderem alcançar centenas de metros de comprimento e dezenas de metros de profundidade, podem causar várias consequências socioambientais, apresentando em alguns casos específicos efeitos catastróficos (VIEIRA, 2010; ALBUQUERQUE, 2012).

Nesse sentido, para que se possa compreender como se dá a formação e evolução de uma voçoroca, tendo como parâmetro básico os seus agentes condicionantes, objetivo principal deste trabalho, deve-se primeiramente entender que uma voçoroca é consequência de outras feições erosivas no solo, tais como sulcos e ravinhas, causados principalmente pela concentração do escoamento superficial e subsuperficial da água.

Nesse contexto, os sulcos de acordo com Vieira (2008), correspondem a pequenos canais de algumas polegadas de profundidade, sendo formados quando a ação do escoamento

superficial da água acumula, se concentra e flui nas depressões do solo, podendo alcançar até 0,5 m de profundidade.

Diferente dos sulcos, as ravinas apresentam profundidade superior a 0,5 m, e são também formadas pelo escoamento superficial, possuindo uma forma retilínea, alongada e estreita, constituída por um perfil transversal em “V”, sendo, portanto, o aprofundamento dos sulcos (CANIL et. al, 1995 apud VIEIRA, 2008).

Uma das principais diferenças entre os sulcos e ravinas está justamente no fato de que a erosão por ravinamento diferentemente dos sulcos, passa a fazer incisões no terreno como aponta Guerra & Guerra (2011), onde a água de escoamento superficial, ao sofrer certas concentrações, evolui de uma erosão superficial para uma mais acentuada, ou seja, passa para a erosão do tipo ravinamento e posteriormente assume as características de um voçorocamento.

Por haver muita confusão em termos de classificação entre sulcos e ravinas, e até mesmo pelas suas semelhanças dimensionais, Vieira (2010) aponta que a profundidade de uma ravina pode variar entre 0,5 m a 1,5 m podendo em alguns casos apresentar dimensões superiores a esta.

Já em relação à voçoroca, é preciso primeiramente entender que existem inúmeras classificações em relação a este tipo de erosão. Algumas por exemplo, levam em consideração as dimensões da incisão erosiva, como é o caso da Soil Science Society of America (1975); outras levam em conta o afloramento do lençol freático e os processos erosivos que ocorrem nas paredes de tais feições, como o Instituto de Pesquisas Tecnológicas⁴ (IPT), e por fim existem autores que se utilizam da combinação entre o escoamento superficial/subsuperficial, dimensões, processos erosivos internos e perfis transversais, como é o caso de Vieira (2008), Guerra & Guerra (2011) e Oliveira (2005).

Por outro lado, é preciso também esclarecer que o termo voçoroca pode variar entre os pesquisadores, principalmente quando se trata de um local para o outro. Em estados como São Paulo, por exemplo, é comum a utilização do termo boçoroca, sendo também ainda escrita por alguns poucos pesquisadores com a grafia vossoroca (VIEIRA 2010). No entanto, ambos os termos se referem ao mesmo processo erosivo, variando somente em relação as suas formas e classificações.

Por esse motivo, adota-se neste trabalho o termo voçoroca, e a classificação proposta por Vieira (2008) que compreende uma junção de definições, como sendo uma incisão

⁴ Segundo a classificação do IPT, as voçorocas apresentam como características principais a queda em bloco e afloramento do lençol freático, não estando, portanto, pautada em dimensões como largura, comprimento e profundidade (OLIVEIRA, 2005).

erosiva, que apresenta queda em bloco das camadas do solo, paredes verticais e fundo plano, formada por um perfil transversal em U e profundidade superior a 1,5 m.

Nesse contexto de degradação do solo pela erosão descrito acima, encontra-se a área de estudo (figura 1), localizada na cabeceira do Jará, a montante das margens do Lago do Zé Açu, pertencente ao Projeto de Assentamento do INCRA de Vila Amazônia que está distante aproximadamente 11 km a leste da zona urbana do Município de Parintins-AM, onde foi detectada uma área com intenso processo erosivo, com um total de nove voçorocas de grande porte.

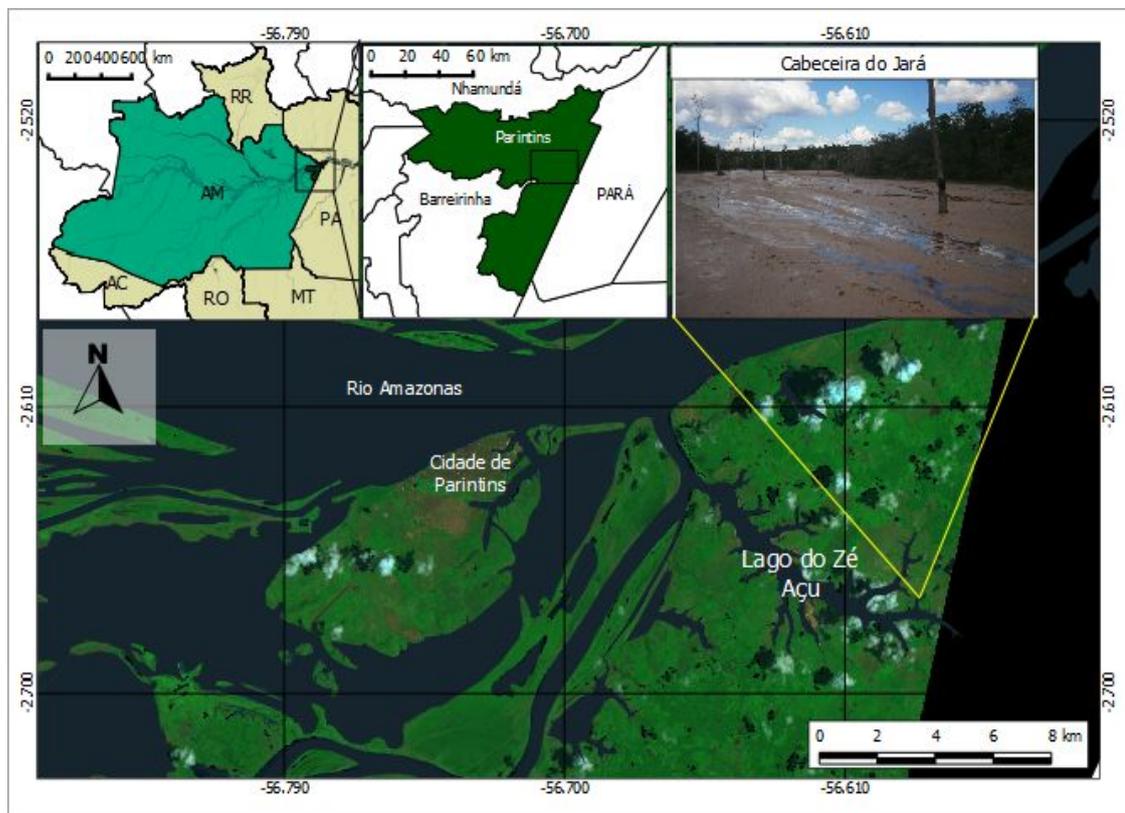


Figura 1: Localização da área de estudo. Em destaque o assoreamento na foz da cabeceira do Jará.

Fonte da imagem: LANDSAT/7: INPE, 2007.

Organizador: Rildo Marques, 2013.

Segundo Pacheco (2013) a microbacia hidrográfica Zé Açu possui uma área de 126.923 km². As suas águas são transparentes de cor-verde-oliva e pertencem à rede hídrica do Brasil Central. A sua calha principal compreende uma extensão de 19.512 km lineares, estando sua nascente a -56°33'13"W e -2°44'7"S, e sua foz entre -56°39'42"W e -2°38'15"S.

A área pertencente ao Zé Açu possui de acordo com o Projeto Nova Cartografia Social da Amazônia (2007) nove comunidades, sendo Nossa Senhora de Nazaré, Bom Socorro, Paraíso e Nossa Senhora das Graças localizadas nas margens do lago, e Brasil Roça, Boa

Esperança, Santa Fé, Nova Esperança e Vista Alegre situando-se no interior do Projeto de Assentamento.

Segundo o fascículo 16 da Nova Cartografia Social (2007), o mapeamento desenvolvido junto aos moradores dessas comunidades, identificou que o surgimento de voçorocas nas margens do Lago do Zé Açu não se restringe apenas a esta cabeceira em estudo, mas em várias outras situadas em seus limites, como é o caso das cabeceiras do Inferno, Igarapé Açu e do Papagaio, onde suas consequências vão desde a morte de nascentes até vários quilômetros de assoreamento e sedimentos em suspensão.

3 PRINCIPAIS AGENTES CONDICIONANTES E O USO DO SOLO NA ÁREA DE OCORRÊNCIA DAS VOÇOROCAS NA CABECEIRA DO JARÁ, LAGO DO ZÉ AÇU

É de comum acordo na literatura que o surgimento de voçorocas é resultante de processos específicos e das condições ambientais (geologia, geomorfologia, clima, solo, ação antrópica) do local de ocorrência destas feições erosivas, posto que tais variáveis determinam tanto suas formas quanto em suas dimensões, podendo estas ser classificadas entre as de origem natural e aquelas que podem ter sido deflagradas por meio da ação humana.

Dentre os principais agentes que influenciam a ocorrência e o desenvolvimento de voçorocas, Molinari (2010), aponta que este tipo de erosão está ligado principalmente a fatores como o escoamento superficial, o escoamento subsuperficial, condicionantes biogeofísicos, geomorfologia, geologia, clima, o tipo de solo e as atividades humanas.

Nesse sentido, tendo como base o trabalho de campo e imagens de satélite, observou-se que a cabeceira do Jará apresenta-se como uma área voçorocada⁵ onde foi possível identificar nove voçorocas de grande porte, sendo estas denominadas de V1 a V9 em função de suas dimensões (Figura 2) e com um assoreamento que chega a mais de 70% do total desta cabeceira.

⁵ Área onde há um grande número de voçorocas relativamente paralelas (GUERRA & GUERRA, 2011).



Figura 2: Vista aérea da dimensão da borda da Voçoroca principal (V1), que apresenta 150 m de largura e 32 m de profundidade.
Fonte: Rildo Marques, 20/10/2013.

Antes de discorrer teoricamente sobre os principais agentes, é preciso que se tenha idéia de que a formação deste processo se dá de forma muito complexa e diversificada, e que não basta apenas concebê-la de forma superficial, considerando apenas os fatores físicos, mas sim levar em consideração a relação entre estes e a ação humana através do uso do solo como um dos principais deflagradores deste processo.

Os principais agentes condicionantes observados que possuem relação direta na formação e no desenvolvimento dessas incisões erosivas estão ligados principalmente ao clima da Amazônia e aos processos hidrológicos (alto índice de precipitação) oriundos deste tipo climático, assim como as características das encostas, o tipo de solo e o seu uso para práticas pecuárias extensivas.

Em relação a sua posição geográfica na América do Sul, o clima da Região Amazônica é predominantemente equatorial quente e úmido e quente superúmido, com chuvas distribuídas de forma muito irregular espacial e temporalmente (SALATI, 1983). Já o clima do município de Parintins de acordo com a classificação de Strahler apresenta temperatura média anual em torno de 25° C a 28° C, com pequena amplitude térmica e elevada precipitação pluviométrica, alcançando mais de 2.000 mm por ano (MELO, 2012).

Os processos hidrológicos oriundos das características climáticas da Amazônia e de Parintins, como o elevado índice anual de precipitação, são muito importantes para se compreender os processos erosivos que envolvem a formação dessas incisões, visto que o

escoamento superficial e subsuperficial concentrado da água da chuva é um dos primeiros a influenciar a formação dos sulcos, o que posteriormente podem dar origem as ravinas e conseqüentemente ao surgimento de voçorocas. Dessa forma, Molinari (2007), afirma que a dinâmica hidrológica constitui-se nos caminhos da água após e durante os eventos chuvosos até o leito do rio. Esse percurso caracteriza-se ainda por algumas etapas, tais como a interceptação por meio da copa das árvores, a infiltração, a percolação no solo e os escoamentos superficiais e subsuperficiais.

O escoamento superficial da água da chuva nas encostas é um dos primeiros fatores que influenciam a formação de incisões no solo e ocorre principalmente quando o mesmo se torna saturado, ou seja, quando a capacidade de infiltração de sua superfície é excedida e não consegue mais absorver água (MOLINARI, 2007).

Por outro lado, no escoamento subsuperficial a água que percola pode encontrar uma descontinuidade com menor permeabilidade e começa a escorrer lateralmente dentro do solo, em subsuperfície. De acordo com Guerra & Guerra (2011) os horizontes mais argilosos, como é o caso do presente na área de estudo, podem provocar a ocorrência deste tipo de escoamento.

Nesse sentido, outro aspecto a ser levado em conta nesse processo é a geologia e a geomorfologia do local. O município de Parintins, assim como a sua área urbana, sito a margem direita do rio Amazonas, está assentada sobre rochas sedimentares predominantemente arenosas de idade cretácea da Formação Alter do Chão, sendo que a unidade geomorfológica predominante é a planície amazônica (CPRM, 2005).

De acordo com Igreja; Carvalho; Franzinelli (2010), os depósitos mais antigos da Formação Alter do Chão são mais argilosos, mais compactos e intemperizados. Nesse contexto, a classificação do solo na área de ocorrência das voçorocas é constituída por latossolo amarelo, composto basicamente por três horizontes: um horizonte superficial com baixa concentração de matéria orgânica (O), um horizonte formado de argila e pequenas lateritas (A), e em sua base um horizonte com uma alta concentração de material arenoso (B), o que classifica esta como uma área de extrema susceptibilidade à erosão (figura 3).



Figura 3: Perfil do solo no interior da Voçoroca 1 (V1).
Fonte: Rildo Marques, 04/08/2013.

Nessa conjuntura, cabe aqui mencionar que é na localidade do Zé Açú que se concentra um dos maiores reservatórios de areia do município de Parintins⁶, e isso tem ligação direta com tais processos erosivos, como coloca Vieira (2010) ao afirmar que do ponto de vista físico os principais fatores condicionantes para a formação de voçorocas estão ligados justamente a existência de solos arenosos e a chuva que precipita ou infiltra sobre esse tipo de solo.

Quanto à forma das encostas onde se instalou as incisões erosivas, a maioria, ou seja, seis das nove voçorocas identificadas, principalmente as integradas à rede de drenagem do lago, apresentam aproximadamente 45° e configuração convexa conforme a classificação proposta por Parsons (1988 apud Guerra, 2011).

De acordo com Viera (2008) a forma da encosta representa importante papel na erodibilidade⁷ dos solos. Nesse aspecto, Morgan (1986 apud Viera, 2008) destaca a importância das encostas convexas, como sendo características morfológicas que propiciam a ocorrência da erosão dos solos, principalmente através de voçorocas dos tipos desconectadas e integradas à rede de drenagem. Segundo Guerra (1994 apud Viera 2008) encostas convexas

⁶ Ver estudo realizado por FERREIRA; SILVA; COSTA (2013). **Ambiente e sustentabilidade em comunidades rurais no município de Parintins**: um estudo das dimensões ambientais na comunidade de Bom Socorro do Zé Açú-AM. Anais do VI SINGA, 2013.

⁷ É a susceptibilidade que os solos têm de ser erodidos. As propriedades dos solos influenciam na maior ou menor erodibilidade, facilitando ou dificultando a ação das águas da chuva ou do escoamento superficial. (GUERRA & GUERRA, 2011, p. 229).

com topo plano podem armazenar água que se libera em fluxos concentrados, podendo assim dar origem a ravinas e até mesmo voçorocas.

Os aspectos físico-naturais da área de estudo são dados importantes para a compreensão dos agentes condicionantes para a formação e o desenvolvimento das voçorocas no local. No entanto é preciso também levar em consideração a ação do homem neste processo, pois de acordo com os moradores entrevistados nas comunidades de Bom Socorro e Nossa Senhora das Graças, o surgimento das voçorocas, descritas pelos mesmos como “buracos” e “quedas de campo” se deu a partir do momento em que houve o estabelecimento e expansão das fazendas tanto de bovinos quanto bubalinos na localidade.

Segundo a Nova Cartografia Social da Amazônia (2007), a atuação agressiva dos fazendeiros no Zé Açú atualmente alcança uma extensão de aproximadamente de 6 mil hectares, onde várias famílias têm aos poucos abandonado a terra, vendendo-a por pressão dos fazendeiros.

De acordo com um relato de um morador da comunidade de Nossa Senhora das Graças, algumas pessoas que possuíam residências na cabeceira do Jará, foram aos poucos, principalmente a partir de meados da década de 1980, sendo pressionados pelos fazendeiros a deixar aquele ambiente que na época possuía uma grande variedade de peixes e que possibilitava uma vida tranquila em relação ao sustento dessas famílias. Por outro lado, os demais que ainda resistiam sobre aquela pressão, não tiveram mais opção a partir do momento em que os efeitos gerados a partir das erosões começaram a surgir.

Conforme o Senhor S. S. M, morador da comunidade de Bom Socorro, a intensificação das atividades pecuárias no Zé Açú também ocorreu a partir da década de 1980, nesse período grandes extensões de fazendas se estabeleceram no local e tiveram como meta inicial para o estabelecimento do gado, o desmatamento de grandes extensões de vegetação ciliar.

Com a transformação de extensas áreas em pasto, o solo ficou desprotegido e isso provavelmente teve influência direta nos processos erosivos que hoje atuam com grande intensidade. Nessa perspectiva, cabe mencionar que a ação do homem na remoção da cobertura vegetal altera a dinâmica natural das vertentes, uma vez que esta é um elemento de grande importância para sua estabilidade (MOLINARI, 2010). A vegetação retirada com a inserção dos fazendeiros poderia, tomando como base o pensamento do autor mencionado acima, determinar o volume de precipitação que atingiria a superfície, amortecendo o impacto das gotas da chuva, direcionando os escoamentos superficiais e fortalecendo o solo para resistir aos efeitos das forças erosivas.

De acordo os moradores, antes da intensificação da pecuária no local, não havia erosões nem nas margens e nem nas cabeceiras do lago, a vegetação era densa e protegia o solo das forças erosivas. A cabeceira do Jará, considerada pelos moradores como uma das áreas mais degradadas, consiste em uma das maiores e mais extensas fazendas que se estabeleceram no local, que atualmente “pertence” a um proprietário que ano após anos vem adquirindo mais lotes e isso tem preocupado muitas pessoas pelo fato de que incorporando mais terras, mais erosões possam surgir, e acontecendo isso, a qualidade do ambiente natural, e por consequência a saúde e a qualidade de vida desses moradores fica cada vez mais comprometida.

Na região do Paraíso, entre Nossa Senhora das Graças e Paraíso, tem uma área de dono o fazendeiro, mas não é não, é da União é do INCRA né? É da União, tem os parceiros que têm mais de 30 anos que eles passam, bem próximo, lá onde tem umas crateras grandes né? (S. S M, Bom Socorro).

Com esse depoimento de um morador de Bom Socorro do Zé Açú contido no fascículo 16 do Projeto Nova Cartografia Social da Amazônia surge uma outra discussão: afinal a quem pertence às terras localizadas entre as comunidades de Paraíso e Nossa Senhora das Graças? Aos moradores a quem o INCRA concedeu o “direito de posse”, ou aos grandes fazendeiros que se estabeleceram naquela localidade?

A intenção aqui colocada não é responder tais perguntas e sim chamar a atenção para o grave problema que foi difundido a partir da chegada desses fazendeiros. Com a inserção do gado tanto bovino quanto bubalino e seu pisoteio, associado ao desmatamento, a geomorfologia e o tipo de solo que são propícios à erosão, começou então surgir diversos pontos com voçorocas identificadas em várias cabeceiras do Lago, acarretando em diversos danos aos moradores locais.

Dessa forma, a partir das observações em campo e de sua relação com o referencial teórico que trata sobre a questão, foi possível compreender que há uma correlação de fatores que condicionam a formação de voçorocas na área de estudo, sendo que a intervenção humana através do desmatamento para a prática da pecuária associada ao pisoteio do gado, se mostrou como um dos principais agentes preparatórios para a ocorrência deste tipo de erosão.

3.1 Classificação quanto ao tipo e forma das voçorocas localizadas na cabeceira do Jará.

O estudo de processos dinâmicos como a erosão do solo, requer que o pesquisador utilize não apenas procedimentos que envolvam a observação direta, experimentos ou

medições, mas também que este esteve apoiado em modelos teóricos que possibilitem a compreensão, a descrição e a explicação da evolução destes processos.

Nesse sentido, adotou-se para este trabalho o modelo conceitual de evolução de voçorocas (figura4) proposto por Oliveira (2005), onde o mesmo propõe a existência de três tipos principais de voçorocas: as conectadas à rede de drenagem, as desconectadas à rede de drenagem e as integradas.

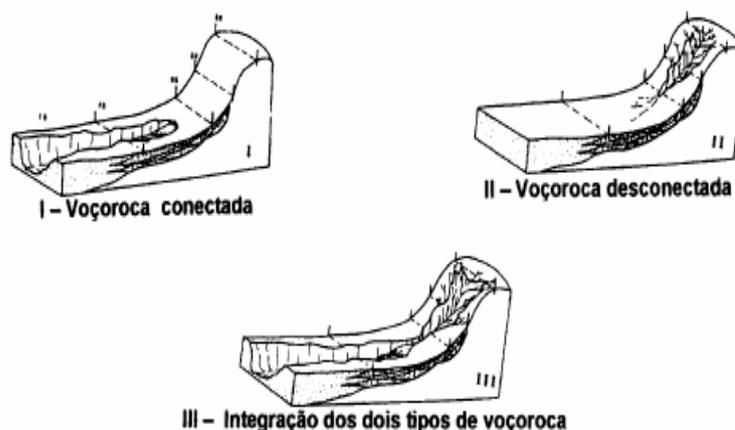


Figura 4: Modelo conceitual de evolução de voçorocas.
Fonte: Oliveira (2005).

As voçorocas conectadas estariam associadas ao escoamento subterrâneo nas partes baixas da encosta, podendo ser consideradas canais de primeira ordem. As desconectadas que se encontram na parte superior da encosta estariam ligadas ao escoamento superficial e não poderiam ainda ser consideradas um canal de primeira ordem em virtude de não estarem ligadas à rede de drenagem, e já o terceiro tipo, as voçorocas integradas, seriam a junção das duas formas anteriores (OLIVEIRA, 2005).

A cabeceira do Jará como mencionado anteriormente apresenta-se com um total de nove voçorocas, sendo seis(6) dessas integradas a rede de drenagem do Lago do Zé Açú (V1, V3, V5, V6, V8, V9), duas conectadas (V2, V7), e uma desconectada a este (V4).

A importância dessa classificação se justifica pelo fato de esta possibilitar uma reflexão sobre a evolução dessas erosões, pois a partir da identificação quanto ao tipo, foi possível compreender que a maioria, ou seja, seis das voçorocas identificadas no local apresentam-se no último estágio de evolução, sendo estas classificadas como integradas, ou seja, já atingiram, ou se formaram próximo a rede de drenagem fluvial, depositando sedimentos tanto da parte alta, como da parte baixa da encosta, podendo causar sérios danos a partir dos materiais transportados a partir do seu assoreamento.

Já em relação às formas, Vieira (2010) aponta que as voçorocas podem ser classificadas em linear, bifurcada, ramificada, irregular e retangular (figura 5), sendo que cada forma é resultante de processos específicos e das características do local de ocorrência, tais como geologia (litologia e estrutura), relevo (forma e declividade), solo, cobertura vegetal e o sistema de drenagem superficial ou subsuperficial.

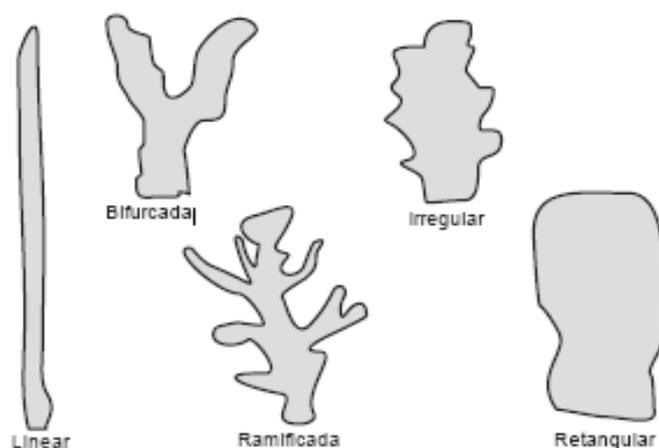


Figura 5: Principais formas de voçorocas.
Fonte: Vieira (2008).

Segundo Viera (2010), a forma linear estaria ligada à existência de uma zona principal de convergência de drenagem e já a bifurcada apresentaria duas zonas de fluxos superficiais concentrados. A voçoroca ramificada é caracterizada pela ocorrência de vários canais de drenagem, ocorrendo principalmente em solos do tipo latossolo, característico da área em estudo e a irregular estaria ligada a existência de um ou mais fluxos superficiais concentrados, sendo também uma transição entre as demais formas existentes. Por outro lado, a retangular pode estar associada, em alguns casos, a forma final da expansão de uma das outras formas descritas acima.

A classificação quanto à forma das voçorocas é um procedimento relevante, pois ganha destaque em função de se compreender a relação entre a forma e o quanto de material erodido tais feições podem apresentar. Este tipo de análise se faz necessário tanto em estudos em áreas rurais quanto urbanas, em vista dos possíveis problemas que estas voçorocas podem causar, tais como: alcançar casas em áreas de risco e assorear fonte d'água potável, assim como atingir estradas, ruas e vicinais.

No caso da área de estudo, apesar de não adotarmos cálculos de perda de solo por voçoroca em função do pouco tempo de pesquisa, esta classificação se justifica em função dos próprios prejuízos que a erosão tem causado, e a relação com este modelo teórico se encaixa

justamente no fato de se compreender quais tipos de formas predominam, pois à medida que uma área apresenta, por exemplo, um maior número de voçorocas mais complexas e com vários padrões de drenagem tais como as ramificadas, irregulares e as retangulares, pode-se considerar esta como uma área altamente degradada, pois houve uma grande perda de material erodido, e já o contrário poderia ser observado se houvesse a predominância de voçorocas do tipo lineares, pois não haveria nesse caso grande perda de material. A figura 6 demonstra a classificação das nove voçorocas encontradas na cabeceira do Jará.

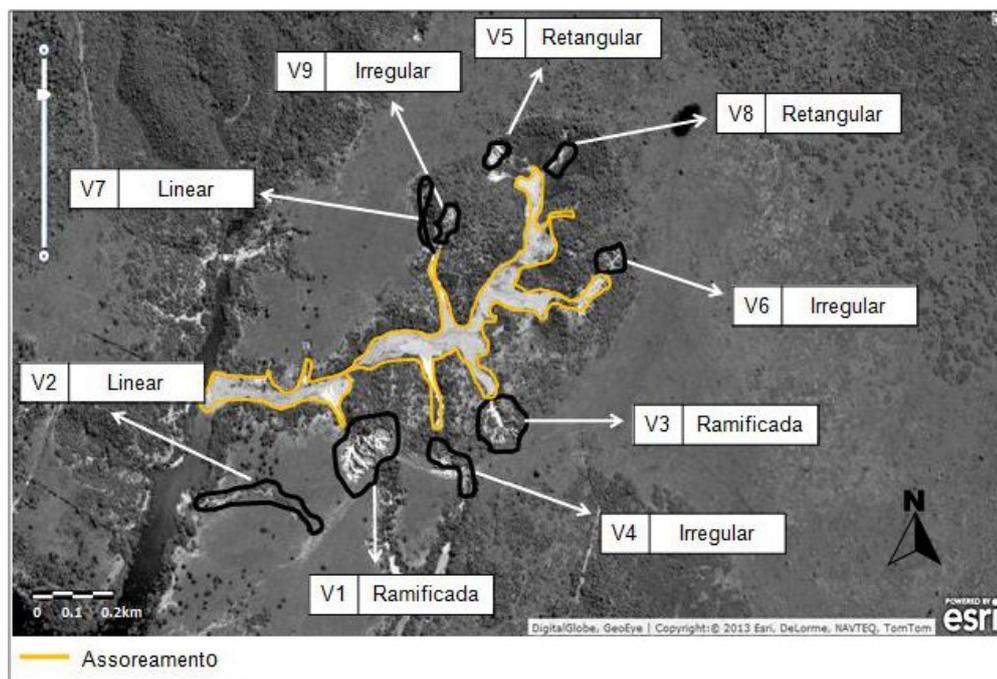


Figura 6: Formas das voçorocas da Cabeceira do Jará.

Fonte: ARCGIS LANDSAT, (2009).

Organizador: Rildo Marques, 2013.

O modelo teórico proposto por Oliveira (2005) e adaptado por Vieira (2008), revela um estágio avançado de degradação do solo e conseqüentemente do lago, pois foi possível identificar que há uma predominância de voçorocas complexas, tais como ramificadas (3), irregulares (2) e retangulares (2), que pelo fato de seis destas estarem ligadas a rede de drenagem fluvial, apresentam maiores descargas de sedimentos que influenciam diretamente no assoreamento do Lago do Zé Açú.

Por outro lado, a voçoroca V4 identificada como irregular, apesar de não estar ligada a rede de drenagem do lago, se fundiu a uma outra e hoje impede o acesso via terrestre a comunidade de São Sebastião localizada ao norte do local. O que mais chamou a atenção neste caso é a intensidade com que a erosão ocorreu, pois segundo o mapa gerado pelos moradores em 2007 através do Projeto Nova Cartografia Social da Amazônia, a área que separava as duas voçorocas hoje unidas, era de aproximadamente 50 metros uma da outra.

Esse fato demonstra a velocidade temporal com que a erosão atua no local, deixando claro que esta voçoroca, assim com as demais, se mantém em plena atividade erosiva, podendo ainda serem classificadas como ativas.

3.2 Outras feições erosivas encontradas na cabeceira do Jará.

A identificação e o acompanhamento sistemático de outras feições é um procedimento importante na compreensão da atividade erosiva em áreas de voçorocamento, sendo também uma das principais etapas no cadastramento de ravinas e voçorocas, possibilitando tornar mais eficiente o dimensionamento de eventuais medidas corretivas a serem implementadas (OLIVEIRA, 2005).

Dessa forma, Vieira (2008) aponta que as outras feições erosivas podem ser identificadas e observadas não apenas no interior das voçorocas, mas também no seu entorno, podendo influenciar diretamente na evolução dessas incisões. No entanto, na cabeceira do Jará foi possível identificar a presença de algumas dessas feições principalmente no interior das voçorocas. Entre as quais se destacam as alcovas de regressão, os escamamentos, os pedestais, os dutos e as costelas.

Segundo Oliveira (2005), as alcovas de regressão podem ocorrer em diferentes condições climáticas e litológicas, tanto por escoamento superficial quanto pela exfiltração do lençol freático ou também pela combinação de ambos os processos. A expansão dessas feições resulta em desmoronamento das camadas superiores das paredes das voçorocas por perda de sustentação, sendo importantes feições na compreensão de sua evolução.

Outra feição erosiva muito comum no interior das voçorocas localizadas na área em estudo são as escamas ou escamamentos. Segundo Viera (2010), os escamamentos, que se assemelham a escamas de peixe, constituem-se de feições formadas pelo acúmulo de material fino (areia fina ou muito fina) sobre uma superfície mais resistente. O transporte dessas partículas ocorre em forma de pequenos fluxos laminares⁸ verticais e subverticais.

Os pedestais identificados são também feições muito comuns nas superfícies erodidas, ocorrendo tanto no interior quanto no entorno de voçorocas e estão relacionados, ou indicam a ocorrência de erosão por salpicamento⁹ ou ainda pelo escoamento superficial difuso que remove as partículas soltas no solo da sua camada mais superficial (VIEIRA, 2010).

⁸ Termo usado para designar o escoamento superficial das águas das chuvas (GUERRA & GUERRA, 2011).

⁹ Trabalho, ou melhor, bombardeio feito pelas gotas de água das chuvas nos solos (GUERRA & GUERRA, 2011).

Os pedestais observados no local variam de poucos centímetros a aproximadamente 1m de altura, porém de acordo Vieira (2008), grandes pedestais também podem ser encontrados no interior ou no entorno de algumas voçorocas, ou mesmo em áreas degradadas, ou desprovidas de vegetação.

Os dutos identificados apresentam-se principalmente nas cabeceiras das voçorocas. Segundo Vieira (2010) estas feições estão associadas à existência de macroporos que podem ter sido originados principalmente a partir de fraturas de tração e de atividade biológica, como através das raízes das plantas e de ninhos de pequenos pássaros.

Já as costelas que são feições que indicam variações de diferença entre materiais mais resistentes e outros menos resistentes, podendo ser formadas tanto pelo escoamento superficial, como também a partir da exfiltração do lençol freático (VIEIRA, 2010; OLIVEIRA, 2005). No caso específico das voçorocas observadas na área de estudo, a diferença entre os materiais, eram principalmente entre argila que formava as costelas e areia grossa e fina que formavam as depressões nas paredes das voçorocas.

4 PRINCIPAIS PROBLEMAS SOCIOAMBIENTAIS CAUSADOS PELA DEGRADAÇÃO DO SOLO NO LAGO DO ZÉ AÇU

A degradação do solo por meio do processo erosivo causado por voçorocas pode provocar, do ponto de vista socioambiental, impactos diretos tanto no local onde as mesmas se instalaram quanto indiretos no entorno das áreas que estão sujeitas a erosão. Por outro lado, do ponto de vista socioeconômico, também há perdas, pois além dos danos materiais e dos custos envolvidos nas obras para conter o avanço das voçorocas, não é possível desenvolver qualquer tipo de atividade próximo a essas incisões (ARMESTO, 2012).

Sobre o ponto de vista social, o poder público por meio da prefeitura, defesa civil e demais órgãos, precisam tomar decisões no sentido de recuperar, ou em caso extremos, como o aqui exposto, tomar medidas urgentes, pois esse problema não é recente e tem causado sérios danos não apenas aos recursos naturais tais como o solo, fauna, vegetação e nascentes, mas também as famílias, principalmente as que moram nas margens e que precisam de tais recursos para sua subsistência.

Nesse sentido, um dos primeiros efeitos gerados a partir da degradação do solo pela erosão na cabeceira onde se instalou as voçorocas, se deu em função das alterações ocorridas pela grande perda de massa do solo que se deslocou para o lago (figura 7), o que levou a

morte de nascentes e a uma grande perda da fauna aquática, promovendo condições para que as famílias que viviam no local abandonassem suas terras.



Figura 7: Assoreamento causado por voçorocas. Cabeceira do Jará, Zé Açu.
Fonte: Rildo Marques, 04/08/2013.

Dessa forma, um dos principais problemas gerados pela presença dessas erosões é o assoreamento que praticamente destruiu a cabeceira, pois aterrou suas nascentes e acabou com os peixes que antes existiam em grande quantidade. Por outro lado, a expansão dos sedimentos em suspensão no lago já atinge vários quilômetros e está cada vez mais se aproximando das comunidades situadas na margem e prejudicando principalmente as famílias que ainda utilizam aquela água para o consumo, como no caso de algumas residências isoladas.

Outro aspecto a ser levado em conta nesse processo é a formação de grandes bancos de areia na calha fluvial do curso superior do Lago do Zé Açu (PACHECO, 2013). Segundo esta autora, na vazante a geração de sedimentos vem do curso médio e na enchente vem do curso superior. Se estas características se mantiverem, em poucas décadas haverá o “estrangulamento” do curso superior do lago em função do assoreamento, e com isso a comunidade de Nossa Senhora das Graças ficará isolada e a cabeceira do Igarapé Açu, sito a margem direita do curso médio do lago, será a nascente principal.

Segundo o Sr. C. M. N, morador de Bom Socorro do Zé Açu, os grandes pecuaristas que se estabeleceram no local são os principais responsáveis por esse problema, pois além de contaminarem o lago, os mesmos desmataram grandes extensões de mata ciliar, o que gerou

um efeito em cadeia, pois com o desmatamento veio à erosão e esse tipo de degradação posteriormente causou a morte de aproximadamente vinte e seis nascentes.

Os grandes pecuaristas são os principais responsáveis por esse impacto ambiental na região do Zé Açú. Nós temos só na última pesquisa da UFAM, 26 fontes que morreram. Inclusive essa situação você vê que seria o quê? Uma média de 50m né, pra se desmatar próximo ao lago, não é isso? Isso é uma lei federal, a questão do desmatamento das matas ciliares, então você vê que uma boa parte dessas fazendas aqui, quase não tem mais matas ciliares, causando o assoreamento, e a erosão com a enxurrada vai aterrando cada vez mais o lago. (pesquisa de campo de Hapolo Híbson, 2013).

Partindo dos problemas socioambientais causados pela degradação do solo, o assoreamento como subproduto das erosões apresenta-se como um incômodo para muitos moradores que utilizam o lago para sua subsistência, pois os mesmos sofrem principalmente no período da estiagem em virtude de o mesmo apresentar uma coloração turva e barrenta. No contexto dessa problemática, o assoreamento mostra-se cada vez mais crescente, e isso também tem afetado a fauna local, pois segundo relato de alguns moradores, antigamente esse lago era farto em pescado, hoje em função da grande carga de sedimentos em suspensão, não oferece mais condições de manter as comunidades que estão no seu entorno.

Outra questão relacionada ao assoreamento do lago é a contínua ocorrência de doenças como diarreia e vômito causado pelo consumo da água contaminada, principalmente nas comunidades de Paraíso e Nossa senhora das Graças. De acordo com o diagnóstico microbiológico realizado em dois pontos do Lago (na foz da cabeceira do Jará e em frente a comunidade do Paraíso), foram identificados tanto Coliformes Totais¹⁰ quanto Escherichia Coli¹¹, indicando que a água do lago em ambos os pontos apresenta-se inadequada para o consumo humano. Tais elementos confirmam justamente que o transporte dos sedimentos contidos nas voçorocas tem trazido consigo principalmente as fezes do gado para dentro do Lago do Zé Açú.

Por outro lado, apesar de as comunidades apresentarem poço, e a partir destes utilizarem a água para o consumo, não podemos deixar de considerar a relação que essas pessoas possuem com o lago, principalmente através de atividades de lazer como o banho, e podendo dessa forma ingerir essa água contaminada.

A comunidade de Nossa Senhora das Graças, que se localiza a montante da cabeceira do Jará, sofria até pouco tempo ao ter que consumir a água direta do lago. Essa comunidade em questão situa-se na confluência de duas cabeceiras afetadas por voçorocas, onde foi identificado uma das maiores concentrações de sedimentos em suspensão, deixando a água

¹⁰ Indicador de eficiência de tratamento

¹¹ Indicador de contaminação fecal

com um aspecto muito desagradável. Por outro lado, somente por volta de agosto de 2013 foi construído com recurso e mão de obra dos próprios moradores um poço d'água manual onde os mesmos agora mais tranquilos consomem e utilizam diariamente uma água de melhor qualidade.

Uma das principais reivindicações por parte dos moradores do Zé Açú, o que também foi confirmado durante a pauta de discussões no ano em que a Cartografia Social esteve no local, diz respeito à presença do INCRA e da Polícia Federal para retirar do Projeto de Assentamento os fazendeiros que detêm ilegalmente lotes no assentamento. Outra questão seria o investimento das multas aplicadas pelo IBAMA às madeiras e principalmente aos fazendeiros, no reflorestamento, na infraestrutura e na recuperação das áreas degradadas pela erosão.

Por outro lado, em entrevista o ex-presidente da Comunidade de Bom Socorro afirma que é difícil reverter essa situação, pois o município de Parintins depende e está condicionado a atender os interesses dos pecuaristas do local em virtude de sua economia está baseada principalmente na pecuária, e dessa forma não seria intenção do município tomar decisões no sentido de punir-los, e assim um jogo de interesses entre município, órgãos ambientais e pecuaristas seria reproduzido e nada seria feito para controlar esse tipo de degradação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste trabalho foi realizado um esforço no sentido de sistematizar os conhecimentos adquiridos sobre o problema da degradação do solo por meio da erosão por voçorocas em uma área de ocorrência no Lago do Zé Açú, e como tais problemas têm afetado a vida dos moradores locais. Foi também discutido, de acordo com evidências observadas em campo, os fatores que condicionam a formação dessas incisões, onde se pôde compreender que a erosão por voçorocas além de ser um processo complexo, resulta da interação entre diferentes mecanismos, sejam estes de ordem natural ou com a influência da ação antrópica.

Nesse sentido, os principais fatores observados que possuem ligação direta na formação das voçorocas foram: o alto índice de precipitação do município e o seu escoamento superficial e subsuperficial no solo; o tipo de solo que possui em sua base um horizonte com grande concentração de material arenoso e a forma do relevo onde as mesmas estão situadas, pois a maioria das voçorocas apresenta configuração convexa com aproximadamente 45° de declividade, característica que propicia a erosão.

Ainda nessa perspectiva, foi possível verificar que o principal agente que desencadeou os processos erosivos segundo relato dos moradores, foi o uso do solo para práticas pecuárias extensivas, tendo o desmatamento de áreas de mata ciliar para o pasto dos rebanhos e o pisoteio do gado os iniciadores do processo.

Com relação aos principais problemas causados pela degradação do solo destacam-se o abandono da terra por parte dos moradores, a morte de várias nascentes em todo o lago, redução da fauna aquática, principalmente de peixes afetados com o assoreamento, e a constante ocorrência de doenças como diarreia e vômitos causados pelo consumo de água contaminada por indicadores fecais que se estende e se aproximam cada vez mais das comunidades situadas nas margens do Lago do Zé Açú.

A partir das classificações quanto ao tipo, forma e dos modelos teóricos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho, foi possível compreender o grande impacto ambiental causado pelo surgimento dessas incisões, cabendo ao poder público municipal tomar as devidas providências no sentido de controlar tais erosões, pois, de acordo com as observações, a recuperação dessa área degradada demandaria um alto custo financeiro e ambiental, devido à maioria das voçorocas apresentarem profundidade e largura entre 20 m a 30 m, e nesse sentido, um dos primeiros passos a se tomar seria ouvir os moradores afetados e suas propostas de intervenção, pois a partir desse conhecimento seria possível se pensar em medidas que possibilitem o controle desses impactos.

Para finalizar, é importante propor algumas medidas que podem, de acordo com as características ambientais do local, ser instrumentos de possíveis planejamentos futuros que visem o controle à erosão, tais como reflorestamento¹² de espécies nativas com crescimento rápido, tanto em áreas de mata ciliar, quanto na parte de cima e no interior das voçorocas, com intuito de diminuir a ação dos escoamentos superficiais e subsuperficiais.

Outra estratégia seria a implantação de contenções na foz das voçorocas¹³ com a finalidade de amenizar as descargas de massa de solo para dentro do canal fluvial. Essa técnica onde se utiliza principalmente paliçadas, ou um alinhamento de estacas que servem de barreira defensiva, pode ser viabilizada pelo seu baixo custo, pois podem ser construídas com materiais como bambu ou pneus usados, que amenizam a força da enxurrada, diminuindo a erosão e retendo os sedimentos dentro da voçoroca.

¹²Ver BACELLAR, L. de A. P. Processos de formação de voçorocas e medidas preventivas e corretivas. Disponível em: http://www.ufv.br/dec/simea/apresentacoes/Luiz%20Prado_apresentacao.pdf.

¹³ Ver Princípios básicos da estratégia e planejamento da conservação da água. Disponível em: www.mp.gov.br/porta/web/hp/9/docs/praticas_de_conservacao.pdf.

Após a pesquisa realizada, acredita-se que os resultados apresentados possam contribuir para uma melhor compreensão da complexidade dos mecanismos que envolvem a formação das voçorocas, pois apesar de ser um fenômeno de ordem natural, as atividades antrópicas, podem, além de dar início, acelerar todo um processo em cadeia. O poder público municipal ainda não tomou providências concretas no sentido de buscar soluções para impedir o avanço das erosões e as consequências geradas pelo problema que já comprometem a segurança e principalmente a saúde da população local.

Dessa forma, a pesquisa além de possibilitar uma melhor compreensão dessa dinâmica erosiva, visa contribuir principalmente, para políticas e ações voltadas para o planejamento ambiental no sentido de amenizar tais impactos no Lago do Zé Açu.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. R. C. Erosão no Contexto das Bacias Hidrográficas (org.) In: ALBUQUERQUE, A. R. C. (org.) **Contribuições Teórico-metodológicas da Geografia Física**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2010. p.9-39.
- ALBUQUERQUE, F. N. B. **Impactos ambientais e agentes/fatores controladores de voçorocas urbanas na cidade de Eunápolis (Bahia)**. Revista Eletrônica Multidisciplinar Pindorama do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia IFBA Nº 02 – Ano 3– junho/2012. Disponível em: www.revistapindorama.ifba.edu.br. Acesso em 28/09/2013.
- ARMESTO, R. C. G. **Temas geológicos para educação ambiental**. Caderno VII. Ação da água subterrânea no planeta terra. Disponível em: www.cprm.gov.br/publique/media/cadernoVII_17_09_2012.pdf. Acesso em: 27/10/2013.
- FERREIRA, H. H. S; SILVA, C. M. M; COSTA, L. F. B. (2013). **Ambiente e sustentabilidade em comunidades rurais no município de Parintins**: um estudo das dimensões ambientais na comunidade de Bom Socorro do Zé Açú-AM. Anais do VI SINGA, 2013, CD-ROOM.
- GUERRA, A. J. T; GUERRA, A. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 9ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- _____. (org.) Encostas urbanas. In: GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- IGREJA, L. S; CARVALHO, J. A. L; FRANZINELLI, E. **Aspectos das Terras Caídas na região Amazônica**. In: ALBUQUERQUE, A. R. C. (org.) **Contribuições Teórico-metodológicas da Geografia Física**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2010. p. 135-153.
- MELO, H. L. S. **Relação entre a oscilação decadal do Pacífico e a precipitação em Parintins-AM**. Relatório final de Iniciação Científica do PAIC da Universidade do Estado do Amazonas – Centro de Estudos Superiores de Parintins, 2012.
- MOLINARI, D. C. **Dinâmica erosiva em cicatrizes de movimento de massa – Presidente Figueiredo (Amazonas)**. (Dissertação de mestrado em Geografia): Programa de Pós-Graduação em Geografia. UFSC, 2007.
- _____. Hidrologia, Processos Erosivos e Movimentos de Massa. In: ALBUQUERQUE, A. R. C. (org.) **Contribuições Teórico-metodológicas da Geografia Física**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2010. p. 67-103.
- 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**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. P. 57-99.
- PACHECO, J. B. **Uso e ocupação da terra e a sustentabilidade ambiental da dinâmica fluvial das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá na Amazônia Ocidental**. Tese

(Doutorado). Pós-graduação do Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2013, 261 p.

PNCSA. Projeto Nova Cartografia Social da Amazônia. Série: Movimentos sociais, identidade coletiva e conflitos FASCÍCULO 16 – **Ribeirinhos da região do Zé Açu em defesa de sua história e da natureza**. Manaus, junho 2007 ISBN: 85-86037-20-6.

SALATI, E. O Clima atual depende da floresta. In: **Amazônia; desenvolvimento, integração, ecologia**. São Paulo: Brasiliense; (Brasília) CNPq, 1983. p. 45-100.

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. Glossary of science terms. Madison: Wisconsin-USA, 1975. P. 1-34.

VIEIRA, A. F. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais**. (Tese de doutorado em Geografia): Programa de Pós-Graduação em Geografia. UFSC, 2008.

_____. Voçorocas e outras feições. In: ALBUQUERQUE, A. R. C. (org.) **Contribuições Teórico-metodológicas da Geografia Física**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2010. p.41-65.