

ANTONIO FÁBIO SABBÁ GUIMARÃES VIEIRA
DEIVISON CARVALHO MOLINARI
ORGANIZADORES

GEOGRAFIA FÍSICA DA AMAZÔNIA

VOLUME 1



ALEXA
CULTURAL

EDUA
EDITORA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO AMAZONAS

COMITÊ CIENTÍFICO ALEXA CULTURAL

Presidente

Yvone Dias Avelino (PUC/SP)

Vice-presidente

Pedro Paulo Abreu Funari (UNICAMP)

Membros

- Adailton da Silva (UFAM – Benjamin Constant/AM)
Alexandre de Oliveira (IFRO - Porto Velho - RO)
Alfredo González-Ruibal (Universidad Complutense de Madrid - Espanha)
Ana Cristina Alves Balbino (UNIP – São Paulo/SP)
Ana Paula Nunes Chaves (UDESC – Florianópolis/SC)
Arlete Assumpção Monteiro (PUC/SP - São Paulo/SP)
Barbara M. Arisi (UNILA – Foz do Iguaçu/PR)
Benedicto Anselmo Domingos Vitoriano (Ananguera – Osasco/SP)
Carmen Sylvia de Alvarenga Junqueira (PUC/SP – São Paulo/SP)
Claudio Carlan (UNIFAL – Alfenas/MG)
Denia Roman Solano (Universidad de Costa Rica - Costa Rica)
Débora Cristina Goulart (UNIFESP – Guarulhos/SP)
Diana Sandra Tamburini (UNR – Rosário/Santa Fé – Argentina)
Edgard de Assis Carvalho (PUC/SP – São Paulo/SP)
Estevão Rafael Fernandes (UNIR – Porto Velho/RO)
Evandro Luiz Guedin (UFAM – Itacoatiara/AM)
Fábia Barbosa Ribeiro (UNILAB – São Francisco do Conde/BA)
Fabiano de Souza Gontijo (UFPA – Belém/PA)
Gilson Rambelli (UFS – São Cristóvão/SE)
Grazielle Acçolini (UFGD – Dourados/MS)
Iraíldes Caldas Torres (UFAM – Manaus/AM)
José Geraldo Costa Grillo (UNIFESP – Guarulhos/SP)
Juan Álvaro Echeverri Restrepo (UNAL – Leticia/Amazonas – Colômbia)
Júlio Cesar Machado de Paula (UFF – Niterói/RJ)
Karel Henricus Langermans (Ananguera – Campo Limpo - São Paulo/SP)
Kelly Ludkiewicz Alves (UFBA – Salvador/BA)
Leandro Colling (UFBA – Salvador/BA)
Lilian Marta Grisólio (UFG – Catalão/GO)
Lucia Helena Vitalli Rangel (PUC/SP – São Paulo/SP)
Luciane Soares da Silva (UENF – Campos de Goitacazes/RJ)
Mabel M. Fernández (UNLPam – Santa Rosa/La Pampa – Argentina)
Marilene Corrêa da Silva Freitas (UFAM – Manaus/AM)
María Teresa Boschín (UNLu – Luján/Buenos Aires – Argentina)
Marlon Borges Pestana (FURG – Universidade Federal do Rio Grande/RS)
Michel Justamand (UFAM – Benjamin Constant/AM)
Miguel Angelo Silva de Melo - (UPE - Recife/PE)
Odenei de Souza Ribeiro (UFAM – Manaus/AM)
Patricia Sposito Mechi (UNILA – Foz do Iguaçu/PR)
Paulo Alves Junior (FMU – São Paulo/SP)
Raquel dos Santos Funari (UNICAMP – Campinas/SP)
Renata Senna Garraffoni (UFPR – Curitiba/PR)
Renilda Aparecida Costa (UFAM – Manaus/AM)
Rita de Cassia Andrade Martins (UFG – Jataí/GO)
Sebastião Rocha de Sousa (UEA – Tabatinga/AM)
Thereza Cristina Cardoso Menezes (UFRRJ – Rio de Janeiro/RJ)
Vanderlei Elias Neri (UNICSUL – São Paulo/SP)
Vera Lúcia Vieira (PUC – São Paulo/SP)
Wanderson Fabio Melo (UFF – Rio das Ostras/RJ)

Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira
Deivison Carvalho Molinari
(Organizadores)

**Geografia Física da
Amazônia
Volume 1**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

CONSELHO EDITORIAL

Presidente

Henrique dos Santos Pereira

Membros

Antônio Carlos Witkoski

Domingos Sávio Nunes de Lima

Edleno Silva de Moura

Elizabeth Ferreira Cartaxo

Spartaco Astolfi Filho

Valeria Augusta Cerqueira Medeiros Weigel

COMITÊ EDITORIAL DA EDUA

Louis Marmoz Université de Versailles

Antônio Cattani UFRGS

Alfredo Bosi USP

Arminda Mourão Botelho Ufam

Spartacus Astolfi Ufam

Boaventura Sousa Santos Universidade de Coimbra

Bernard Emery Université Stendhal-Grenoble 3

Cesar Barreira UFC

Conceição Almeida UFRN

Edgard de Assis Carvalho PUC/SP

Gabriel Conh USP

Gerusa Ferreira PUC/SP

José Vicente Tavares UFRGS

José Paulo Netto UFRJ

Paulo Emílio FGV/RJ

Élide Rugai Bastos Unicamp

Renan Freitas Pinto Ufam

Renato Ortiz Unicamp

Rosa Ester Rossini USP

Renato Tribuzy Ufam

Reitor

Sylvio Mário Puga Ferreira

Vice-Reitor

Jacob Moysés Cohen

Editor

Sérgio Augusto Freire de Souza

Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira
Deivison Carvalho Molinari
(Organizadores)

Geografia Física da Amazônia Volume 1



ALEXA
Embu das Artes - SP
2020



© by Alexa Cultural

Direção

Gladys Corcione Amaro Langermans

Nathasha Amaro Langermans

Editor

Karel Langermans

Capa e Editoração

Klanger

Fotografias de capa

Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira

Revisão Técnica

Michel Justamand

Revisão de língua

Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira e Deivison Carvalho Molinari

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

V658a - VIEIRA, Antonio Fábio Sabbá Guimarães

M722d - MOLINARI, Deivison Carvalho

Geografia física da Amazônia Volume 1, Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira e Deivison Carvalho Molinari, Alexa Cultural: São Paulo, SP; EDUA: Manaus, AM, 2020

14x21cm -156 páginas

ISBN - 978-65-87643-03-8

1. Geografia física - 2. Voçoroca - 3. Aspectos socioambientais - 4. Goemorfologia, I. Índice - II Bibliografia

CDD - 300

Índices para catálogo sistemático:

Geografia física

Goemorfologia

Voçoroca

Todos os direitos reservados e amparados pela Lei 5.988/73 e Lei 9.610
Os artigos publicados são de inteira responsabilidade de seus autores. As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista da editora e dos organizadores

Alexa Cultural Ltda

Rua Henrique Franchini, 256
Embú das Artes/SP - CEP: 06844-140
alexacultural.com.br
alexacultural@terra.com.br
www.alexacultural.com.br
www.alexaloja.com

Editora da Universidade Federal do Amazonas

Avenida Gal. Rodrigo Otávio Jordão Ramos,
n. 6200 - Coroado I, Manaus/AM
Campus Universitário Senador Arthur Virgílio
Filho, Centro de Convivência – Setor Norte
Fone: (92) 3305-4291 e 3305-4290
E-mail: ufam.editora@gmail.com

A Deus que nos permitiu chegar até esse momento.

PREFÁCIO

É com grande satisfação que faço o prefácio do livro *Geografia Física da Amazônia*, organizado por Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira e Deivison Carvalho Molinari; dois geógrafos que conheço há bastante tempo, e que admiro muito pela sua dedicação à pesquisa, ensino e formação de recursos humanos.

Os autores escolhidos por Fábio e Deivison são todos muito experientes nos temas que abordam e, por isso mesmo, o livro será leitura obrigatória, não só para aqueles interessados na Geografia Física da Amazônia, mas também na Geografia Física Brasileira. Uma vez que dá uma contribuição significativa a esse ramo da ciência geográfica.

O fio condutor do livro são os processos geomorfológicos, em especial a formação e evolução de voçorocas, mas questões relacionadas aos riscos socioambientais, às enchentes, às chuvas concentradas, ao uso e manejo inadequado dos solos; tudo isso no âmbito das bacias hidrográficas, que são tão importantes na Amazônia.

Os vários capítulos que compõem o livro, com seus respectivos autores são aqui destacados:

Mapeamento das voçorocas na rodovia AM-010 Manaus/Itacoatiara – AM (Anne Carolina Marinho Dirane e Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira).

Modelos evolutivos para voçorocas em Manaus – AM (Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira).

Monitoramento de voçorocas na bacia Colônia Antônio Aleixo, Manaus – AM (Armando Brito da Frota Filho e Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira).

Mapeamento e caracterização de voçorocas na Rodovia BR-174 (Manaus - Presidente Figueiredo – AM (Daniela Paiva Carvalho e Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira).

A influência da produção socioespacial nos processos geomorfológicos: áreas de risco em Manaus – AM (Deivison Carvalho Molinari).

Caracterização dos impactos socioambientais associados aos eventos extremos de chuva em Manaus-AM, no período de 1986 a 2015 (Miriliane Judite dos Santos Fernandes e Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira).

Uso e ocupação do solo na planície de inundação do Rio Negro, Distrito de Cacao Pirêra – Iranduba (AM): enchentes e impactos na dinâmica regional (Neliane de Sousa Alves, Caio Geovanne Amorim da Silva, Kethleen Kerolaine Gonçalves Carvalho Lelian Regina Lima dos Anjos, Mônica Cortez Pinto).

Mapeamento das áreas de riscos à erosão na Bacia Hidrográfica do Mauazinho, Manaus-AM (Roberto Epifânio Lessa, Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira e Neliane de Sousa Alves).

O livro aborda de maneira clara e didática, vários aspectos da Geografia Física, estando repleto de excelentes ilustrações, como fotografias, mapas, gráficos e diagramas. As tabelas contidas em diversos capítulos, também auxiliam o leitor a melhor compreender o que o texto aborda.

Nesse sentido, só tenho a elogiar e recomendar o livro organizado por Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira e Deivison Carvalho Molinari, que certamente será de grande utilidade, não apenas para alunos e professores de geografia da Amazônia, como das outras partes do país. Além disso, por tratar de questões técnicas, metodológicas, científicas e aplicadas, poderá e deverá ser usado por funcionários de órgãos públicos e privados, que lidam com os temas abordados no livro. **PARABÊNS!!!!!!**

Prof. Dr. Antonio José Teixeira Guerra
Coordenador do LAGESOLOS (Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos)
Departamento de Geografia, UFRJ
Rio de Janeiro, 29/05/2020 (Dia do Geógrafo)

SUMÁRIO

Prefácio

- 9 -

Apresentação

- 13 -

Mapeamento das voçorocas na rodovia AM-010 Manaus/Itacoatiara – AM

Anne Carolina Marinho Dirane

Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira

- 15 -

Modelos evolutivos para voçorocas em Manaus(AM)

Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira

- 29 -

Monitoramento de voçorocas na bacia Colônia Antônio Aleixo,
Manaus- AM

Armando Brito da Frota Filho

Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira

- 45 -

Mapeamento e caracterização de voçorocas na
Rodovia BR-174 (Manaus - Presidente Figueiredo/AM)

Daniela Paiva Carvalho

Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira

- 61 -

A influência da produção socioespacial nos processos
geomorfológicos: áreas de risco em Manaus (AM)

Deivison Carvalho Molinari

- 79 -

Caracterização dos impactos socioambientais associados aos eventos
extremos de chuva em Manaus-AM, no período de 1986 a 2015

Miriliane Judite dos Santos Fernandes

Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira

- 95 -

Uso e ocupação do solo na planície de inundação do rio Negro,
Distrito de Cacau Pirêra – Iranduba (AM): enchentes e impactos na
dinâmica regional

Neliane de Sousa Alves

Caio Geovanne Amorim da Silva

Kethleen Kerolaine Gonçalves Carvalho

Lelian Regina Lima dos Anjos

Mônica Cortez Pinto

- 109 -

VMapeamento das áreas de riscos à
erosão na Bacia Hidrográfica do Mauzinho, Manaus-AM

Roberto Epifânio Lessa

Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira

Neliane de Sousa Alves

- 131 -

Dados dos autores

- 153 -

APRESENTAÇÃO

Desvendar a riqueza existente no universo amazônico constitui-se num desafio registrado em diversos trabalhos. Neste, foi realizado um pequeno recorte nessa realidade, tentando decifrá-la, ciente das limitações e de que mesmo sendo uma visão parcial, a riqueza existente ali não será menor. Desta forma, este livro intitulado “Geografia Física da Amazônia” tem um caráter inacessível em relação à totalidade do objeto amazônico, ou seja, as ideias, análises e teses levantadas serão sempre imprecisas diante da complexidade inerente a esta peculiar realidade: a Amazônia. Organizado em oito capítulos, traz resultados de pesquisas realizadas no campo da Geografia, especificamente da Geografia Física, com profissionais da Universidade Federal do Amazonas e da Universidade do Estado do Amazonas.

Assim, o 1º e o 4º capítulos tratam de “Mapeamento das voçorocas na rodovia AM-010 Manaus/Itacoatiara – AM” e “Mapeamento e caracterização de voçorocas na Rodovia BR-174 (Manaus - Presidente Figueiredo/AM)”, encabeçados, respectivamente por, Daniela Paiva Carvalho e Anne Carolina Marinho Dirane. Nestes capítulos é possível entender a dinâmica e as características ambientais, as particularidades das incisões, assim como os impactos socioeconômicos, visualizados no risco erosivo para estas importantes rodovias no estado do Amazonas.

O capítulo 2, também trata de voçorocas, no entanto, no âmbito do espaço urbano da cidade de Manaus. Intitulado “Modelos evolutivos para voçorocas em Manaus (AM)” de autoria de Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira, busca propor um modelo evolutivo para as voçorocas existentes na capital do estado do Amazonas.

O Capítulo 3, também trata sobre voçorocas na cidade de Manaus, intitulado “Monitoramento de voçorocas na bacia Colônia Antônio Aleixo, Manaus- AM”, encabeçado por Armando Brito da Frota Filho, busca explicá-las no âmbito da bacia, apresentando também uma discussão sobre algumas técnicas de monitoramento de feições erosivas.

O 5º capítulo, intitulado “A influência da produção socioespacial nos processos geomorfológicos: áreas de risco em Manaus (AM)” é escrito por Deivison Carvalho Molinari, no qual o autor buscar realizar uma abordagem teórico-conceitual visando entender as áreas de risco em Manaus. Para isto, estrutura abordagem em 4 etapas: Breve discussão acerca da Geografia Física, Geomorfologia e Questões Ambientais; Resgate Histórico da Inserção do Homem nas Formas e Processos Geomorfológicos; Geomorfologia Histórica: Uma Proposta Metodológica; e, Estudos de Processos Erosivo em Manaus e a Possibilidade de análise das Áreas de Risco à erosão sob a perspectiva da Geomorfologia Histórica.

O capítulo 6, faz uma descrição dos impactos socioambientais relacionados aos eventos extremos de chuva ocorridos em Manaus, no período que compreende 1986 a 2015. O trabalho foi encabeçado por Miriliane Judite dos Santos Fernandes, intitulado “Caracterização dos impactos socioambientais associados aos eventos extremos de chuva em Manaus-AM, no período de 1986 a 2015”. Neste, busca-se entender se há algum padrão de chuvas em Manaus que pode provocar impactos socioambientais. E se as chuvas que provocam tais impactos são sempre consideradas chuvas extremas e ainda se estas chuvas tem relação direta com os fenômenos El Niño e La Niña.

As recentes transformações decorrentes da criação/implantação da Região Metropolitana de Manaus (RMM) ficam evidentes no capítulo 7, intitulado “Uso e ocupação do solo na planície de inundação do Rio Negro, Distrito de Cacao Pirêra – Iranduba (AM): enchentes e impactos na dinâmica regional” encabeçado por Neliane de Sousa Alves. O mesmo busca explicar a dinâmica de uso e ocupação do solo, o processo de enchentes no Distrito do Cacao Pirêra, e os reflexos socioambientais para a população local.

Por fim, mas não menos importante, o capítulo 8, intitulado “ Mapeamento das áreas de riscos à erosão na Bacia Hidrográfica do Mauazinho, Manaus-AM”, encabeçado por Roberto Epifânio Lessa, descreve como se deu a ocupação na Bacia do Mauazinho, localizada no perímetro urbano de Manaus. Descreve também a influência da ocupação na modificação do relevo, conseqüentemente destacando um importante ramo da Geomorfologia, a Geomorfologia Urbana.

Esperamos que este seja o 1º de muitos livros que tenham como foco a Geografia Física da Amazônia. Neste primeiro exemplar, a área central foi Manaus e adjacências, mas esperamos que no futuro outros autores se juntem a essa empreitada e que possamos ampliar as discussões relacionadas à Geografia Física da Amazônia. Desejamos uma boa leitura a todos.

Os organizadores.

Mapeamento das voçorocas na rodovia AM-010 Manaus/Itacoatiara – AM

*Anne Carolina Marinho Dirane
Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira*

Introdução

A erosão dos solos embora seja um fenômeno natural muito estudado, ainda é pouco compreendida, principalmente no que se refere a sua previsão, tanto no espaço quanto no tempo. Tal dificuldade resulta, dentre outras razões, das complexas interações entre os diversos fatores condicionantes, os vários mecanismos de ruptura dos solos, as características de transporte, além da intervenção humana, cada vez mais frequente.

Sabe-se também que as diferentes feições erosivas observadas na natureza encontram-se associadas a processos bem específicos, fato este que dificulta ainda mais o desenvolvimento de estudos (FERNANDES et al., 2004).

Em termos geomorfológicos, pode-se dizer que a erosão é o processo que envolve o destacamento e o transporte de solos e fragmentos de rochas de um lugar para outro (distante ou próximo do local de origem). A erosão ocorre sempre que a força de cisalhamento excede a força de resistência, resultante de propriedades mecânicas intrínsecas aos materiais (GUERRA, 2004).

Os processos erosivos podem ser prejudiciais, quando causam perda de solo, assoreamento dos cursos d'água, por exemplo. O presente trabalho busca apresentar o mapeamento das voçorocas ao longo da rodovia AM-010 e lançar algumas discussões com base nos resultados obtidos.

1. Início do processo erosivo

1.1. Fatores controladores de erosão

O surgimento de feições erosivas, e conseqüentemente de voçorocas depende das variações das taxas de erosão, as quais estão ligadas à ação de fatores controladores, como os processos hidrológicos, as propriedades físicas dos solos, a erosividade, as características da encosta, a cobertura vegetal (GUERRA, 1994) e a intervenção antrópica.

A respeito da ação antrópica como um dos fatores que controlam a erosão dos solos, que assim como os fatores naturais, podem variar no tempo e no espaço. A ação humana altera a dinâmica natural

da vertente através da retirada da cobertura vegetal, elemento importante para a estabilidade do solo. A vegetação determina o volume de precipitação que atinge a superfície inclinada, amortece o impacto das gotas de chuva direcionando os escoamentos superficiais e fortalece o solo para resistir aos efeitos das forças erosivas (MOLINARI, 2007).

Em termos gerais, o uso e ocupação irregular de áreas naturalmente susceptíveis a erosão, como as encostas íngremes, e/ou a mudança na geometria das encostas acelera e amplia a instabilidade dessas superfícies.

A ação do homem acelera a dinâmica dos processos nessas superfícies, principalmente desequilibrando a relação existente entre água e solo, onde os efeitos se manterão em toda a vertente. Assim, as porções mais superficiais dos solos exercem influência dominante sobre os processos que regulam a distribuição das águas nas vertentes (HORTON, 1933 apud COELHO NETTO et al., 1980). As rodovias acabam acelerando o processo de erosão, seja pela distribuição e escoamento nas vertentes ou obras de infraestrutura e canalização de cursos d'água.

Assim, a erosão dos solos tem causas relacionadas à própria natureza, como a quantidade e distribuição das chuvas, a declividade, o comprimento, a forma das encostas, o tipo de cobertura vegetal e também a ação do homem, como o uso e o manejo da terra que na maioria das vezes, tende a acelerar os processos erosivos (GUERRA e MENDONÇA, 2004).

A degradação do solo por meio da erosão tem causado problemas às populações localizadas tanto em áreas rurais como urbanas (NASCIMENTO, 1998) e parte dessa degradação é causada por voçorocas.

A retirada de vegetação deixa o solo mais suscetível aos processos erosivos, além disso, o uso do solo para fins agrícolas tende a antecipar as mudanças no teor de matéria orgânica acelerando o processo de formação de ravina. Estas por sua vez, quando permanecem nos mesmos locais por um longo período (sem receber qualquer tipo de contenção), quase sempre evoluem para voçorocas, iniciando um novo estágio na evolução da rede de drenagem (BRYAN, 1987 apud GUERRA, 2006).

A voçoroca (figura 1) é um canal de drenagem com paredes abruptas, com fluxos temporários ou eventualmente pequenos, erosão geralmente intensa e cabeceira bastante íngreme e escapada (BIGARELLA e MAZUCHOWSKI, 1985). Oliveira (1999) descreve as ravinas e voçorocas como incisões resultantes de desequilíbrios naturais ou induzidos pela ação antrópica. Neste trabalho, entende-se a voçoroca (Figura 2) como

uma incisão erosiva que apresenta queda em bloco das camadas do solo, paredes verticais e fundo plano, formando secção transversal em U e profundidade superior a 1,5 m (VIEIRA, 2008).

Figura 1: Voçoroca na rodovia AM-010, km 46.



Fonte: Anne C. M. Dirane, 2013.

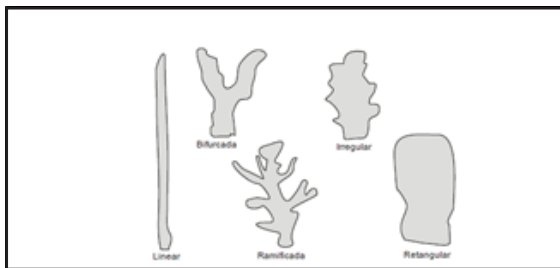
Bigarella e Mazuchowski (1985), apontam os seguintes condicionantes para as voçorocas de origem antrópica: a) nos movimentos de massa frequentes ao longo dos cortes nas rodovias, onde ocorreu a desestabilização das encostas e como consequência dos deslizamentos de terra; b) dos fluxos hidrológicos subsuperficiais como os dutos de drenagem tubulares no interior dos solos, que quando estão próximos a superfície acarretam o desabamento do teto, causando o afundamento da superfície do solo.

Em ambientes urbanos e mesmo em rodovias, como destacado em alguns trabalhos (SILVA, 2014; ABREU, 2016; CARVALHO, 2017; dentre outros), a maior parte das ocorrências estão relacionadas à existência de sistemas de drenagem pluvial ineficientes, os quais drenam a água captada da chuva diretamente em encosta ou talude de forte declividade.

As voçorocas também podem ser classificadas quanto as formas (Figura 2), as quais podem auxiliar no entendimento de sua origem.

Nesse sentido destaca-se nesse trabalho cinco formas e suas respectivas gêneses (VIEIRA, 2008): **linear**, está ligada á existência de uma zona principal de convergência de drenagem; a **bifurcada** apresenta duas zonas de contribuição de fluxos superficiais concentrados; a **ramificada** se caracteriza pela ocorrência de vários canais de drenagem superficiais; a **irregular** pode está ligada a existência de um ou mais fluxos superficiais concentrados, caracterizando-se transitório entre as outras formas existentes; a **retangular** pode ser, na maioria dos casos a forma final da expansão de uma das outras formas descritas.

Figura 2: Forma das voçorocas.



Fonte: Vieira, 2008.

Outra classificação, baseia-se no tipo, que assim como as formas descritas podem auxiliar no entendimento da gênese e neste último caso, também o estágio de evolução da voçoroca, permitindo possíveis previsões de crescimento.

As voçorocas segundo Oliveira (1989), podem ser de três tipos (Figura 3): 1) conectadas - se associam ao escoamento hipodérmico e/ou subterrâneo nas partes baixas da encosta, podendo ser consideradas canais de primeira ordem; 2) desconectadas - encontrando-se na parte superior da encosta, estão ligadas ao escoamento superficial e/ou a movimentos de massa e não poderiam ser consideradas canal de primeira ordem por não estarem ligadas a nenhuma rede de drenagem; e, 3) integradas - são na verdade a junção das duas formas anteriores (voçorocas conectadas e voçorocas desconectadas), formando uma só incisão erosiva (VIEIRA, 2008) estas mudam totalmente a forma do relevo.

Figura 3: Tipos de voçorocas.



Fonte: Oliveira (1989).

As voçorocas podem ser classificadas também quanto ao tamanho, pelo volume erodido em m^3 (Quadro 1). Vale destacar, que tal classificação ajuda a visualizar a magnitude da feição e o volume erodido, servindo também como subsídio para a recuperação da área degradada (VIEIRA, 2008).

Quadro 1: Classificação das voçorocas por tamanho (m^3).

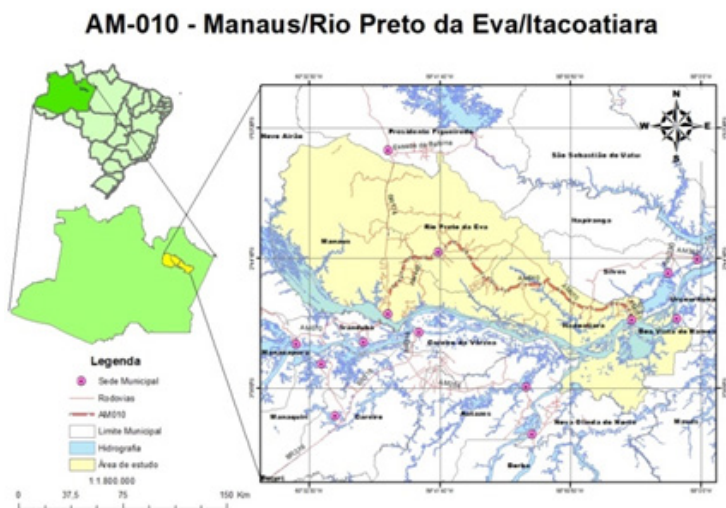
Ord.	Volume erodido	Tamanho
01	Até $999m^3$	Muito pequena
02	De $1.000m^3$ até $9.999m^3$	Pequena
03	Entre $10.000m^3$ e $19.999m^3$	Média
04	Entre $20.000m^3$ e $40.000m^3$	Grande
05	Mais de $40.000m^3$	Muito grande

Fonte: Vieira e Albuquerque (2004).

Área de Estudo

A cidade de Manaus é ligada a outros municípios por dois eixos rodoviários fundamentais, que compõem a malha do Estado: Rodovia Estadual AM-010 e Rodovia Federal BR-174 (Anuários Estatísticos Bienio 2008-2009). A área de estudo compreende a rodovia AM-010 pertencente à região metropolitana de Manaus, com 265 km de extensão, ligando os municípios de Manaus, Rio Preto da Eva e Itacoatiara (figura 4).

Figura 4: Área de estudo e sedes municipais.



Org.: Anne Dirane, 2013.

Procedimento metodológico

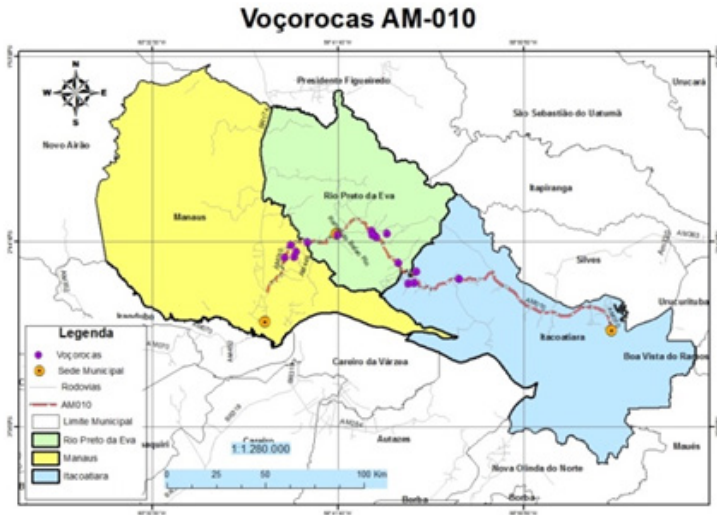
Este trabalho destaca o uso da ficha cadastral em campo, a qual consta com anotações a respeito de cada voçoroca, com destaque para localização, dados métricos das incisões (comprimento, largura e profundidade), tipos de voçorocas (conectada, desconectada e integrada) utilizando o modelo de evolução de voçorocas de Oliveira (1989); a forma (VIEIRA, 2008) (retangular, bifurcada, ramificada, linear e irregular) e o modelo de tamanho (VIEIRA e ALBUQUERQUE, 2004) como muito pequena, pequena, média, grande e muito grande) baseados nos volumes erodidos.

Resultados: Análises e discussões

Ao longo da rodovia AM-010 foram realizados três campos, o primeiro configurou-se no cadastramento e os dois seguintes, nos monitoramentos 1 e 2. A figura 5 mostra a área de estudo e a localização das voçorocas distribuídas ao longo da rodovia.

O mapa da área de estudo aponta os 265 km de extensão da rodovia AM-010 e a distribuição das voçorocas ao longo da rodovia. No trecho que compreende o município de Manaus, foram mapeadas 5 voçorocas, Rio Preto da Eva 6 incisões e em Itacoatiara, 4. Destaca-se as distancias da sede dos municípios para as incisões erosivas, sendo o município de Rio Preto da Eva a apresentar o maior numero de voçorocas.

Figura 5: Mapeamento das voçorocas na rodovia AM-010.



Org.: Anne C. M. Dirane, 2015.

O **quadro 2** mostra os dados de localização das incisões erosivas, pelas coordenadas geográficas e pelo km da rodovia, além de evidenciar parâmetros de identificação, dados morfométricos do cadastramento e a orientação da voçoroca em relação á pista.

No que diz respeito a forma das voçorocas, de acordo com os resultados, 34% das voçorocas (n=5), correspondem a forma retangular, forma que denuncia o estágio bem avançado de erosão; 33% (n=5) são do tipo bifurcada, possuindo duas cabeceiras e evidenciando que a voçoroca está ativa e que pode facilmente evoluir para a forma retangular; 13% das incisões (n=2), corresponde a voçorocas irregulares, 13% (n=2) constituem incisões ramificadas e 7% (n=1) corresponde a voçoroca linear, com maior comprimento, porém, com pouco volume erodido.

Quadro 2: Localização e outros parâmetros de identificação das voçorocas mapeadas ao longo da rodovia AM-010.

Voc.	Km	Coordenada geográfica	Tipo	Forma	Área de	Orientação
1	46	S 02°46'03,5" e W 059°55'19,5"	Conectada	Bifurcada	6,57	SW/ NE
2	46	S 02°46'03,5" e W 059°55'19,5"	Conectada	Retangular	41,1	NE/ SW
3	104	S 02°41'14,1" e W 059°32'21,7"	Conectada	Bifurcada	17,7	SW/ NE
4	104	S 02°41'14,6" e W 059°32'22,8"	Conectada	Retangular	11,35	NO/SE
5	116	S 02°48'32,5" e W 059°34'45,3"	Conectada	Irregular	16,1	NE/ SW
6	125	S 02°5'02,5" e W 059°25'06,8"	Conectada	Retangular	9,6	NO/SE
7	135	S 02°55'34,4" e W 059°21'52,2"	Integrada	Irregular	2,6	NO/SE
8	135,6	S 02°52'46,6" e W 059°21'40,8"	Conectada	Linear	2,1	NO/SE
9	136	S 02°52'54,5" e W 059°21'32,5"	Desconectada	Ramificada	14,9	NO/SE
10	136	S 02°52'54,5" e W 059°21'32,5"	Desconectada	Ramificada	23,0	NO/SE
11	136	S 02°52'54,5" e W 059°21'32,5"	Desconectada	Retangular	22,0	NO/SE
12	136	S 02°52'54,5" e W 059°21'32,5"	Conectada	Bifurcada	17,0	NO/SE
13	136	S 02°52'55,1" e W 059°21'34,2"	Conectada	Bifurcada	9,9	NO/SE
14	137	S 02°52'54,5" e W 059°21'32,5"	Desconectada	Retangular	11,3	NO/SE
15	137	S 02°52'55,1" e W 059°21'34,2"	Conectada	Bifurcada	14,9	NO/SE

Um grupo de 67% (n=10) das voçorocas são do tipo conectadas e, portanto, estão ligadas a algum canal de drenagem. Essa característica permite que os mecanismos que atuam para o processo erosivo sejam frequentes nessas incisões. Um grupo de 27% (n=4) são do tipo desconectadas, ou seja, não tem ligação com a rede de drenagem. E apenas uma incisão (n=1) o que representa apenas 6% do total é classificada como do tipo integrada. Este tipo, representa o estágio mais avançado de evolução da incisão e pode ser resultante da ligação entre os dois tipos de voçorocas descritas anteriormente, formando uma só incisão.

Para determinar o tamanho das voçorocas, o parâmetro utilizado foi o volume erodido. Nessa descrição, 9 incisões foram consideradas muito pequenas, pois o volume erodido não ultrapassava 999 m³. Um grupo de 5 incisões foram classificadas como pequenas, pois o volume erodido ficou entre 1.000 m³ e 9.999 m³. Apenas 1 voçoroca foi considerada de tamanho médio, pois o volume ficou entre 10.000 e 19.999 m³ (quadro 3).

Foram realizados três monitoramentos em um intervalo de 11 meses, os dados nos mostram o crescimento das voçorocas, evidenciando a perda de material erodido nas incisões que estão próximas de canais hidrográficos, seu crescimento ocorre geralmente por conta de feições de retrabalhamento no seu interior e pela presença de canaletas, que concentram o fluxo diretamente para a voçoroca.

Quadro 3: Dados de área e volume erodido no monitoramento das voçorocas localizadas na AM-010.

1o Monitoramento			2o Monitoramento		3o Monitoramento	
Voc.	Área (m ²)	Volume (m ³)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Área (m ²)	Volume (m ³)
1	364,0	2620,8	504,8	3786,0	536,7	4025,7
2	162,6	1040,7	172,9	1106,5	222,3	1489,4
3	669,9	2746,5	683,8	3521,8	730,8	4494,4
4	97,3	584,1	108,0	648,0	111,3	723,4
5	232,4	581,0	232,4	697,2	238,0	714,0
6	112,0	1008,0	192,0	1728,0	242,1	2178,9
7	2287,5	16012,5	2837,5	19862,5	2837,5	19862,5
8	258,0	490,2	386,4	850,0	386,4	463,6

9	1298,5	5843,2	1298,5	7531,3	1298,5	7531,3
10	Ravina		26,0	179,6	109,2	753,4
11			86,0	266,6	86,02	266,6
12			182,0	655,2	182,0	655,2
13	47,2	132,3	90,1	342,6	69,4	260,4
14	496,4	844,0	665,0	4389,3	144,0	547,2
15	110,2	198,3	127,5	255,0	133,0	266,0

Fonte: Anne C. M. Dirane, 2015.

Considerações finais

Os resultados permitem concluir que a ocorrência de incisões erosivas do tipo voçoroca são frequentes ao longo da rodovia AM-010, que conecta diretamente Manaus aos municípios de Rio preto da Eva e Itacoatiara.

Tais feições estão ligadas diretamente às obras de infraestrutura dessa via, com destaque para as canaletas e tubulações de canais pluviais. Ao longo do trabalho foram cadastradas e monitoradas 15 incisões erosivas do tipo voçoroca. No primeiro campo foram cadastradas 12 voçorocas e 3 ravinas (no período de 8 meses essas ravinas evoluíram para voçorocas). O monitoramento consistiu na coleta de dados morfométricos de cada incisão erosiva (comprimento, largura, profundidade, tipo, forma e tamanho) e a distancia da pista, para entender a evolução e assim fazer a previsão de risco.

A maior parte dessas voçorocas (n=9) foram consideradas muito pequenas, pois seu volume erodido não ultrapassava 999 m³. Apesar de algumas incisões apresentarem grandes larguras e comprimentos, o volume erodido era pequeno. Outra característica é que todas as voçorocas apresentam risco a longo prazo em relação á pista, pois levarão um tempo superior a 15 meses para atingi-la.

Os parâmetros de identificação quanto ao tipo e a forma foram primordiais para a previsão de risco, relacionadas com a orientação da incisão e da vertente, permitindo a verificação de áreas ativas, prevendo a direção de seu crescimento. As voçorocas retangulares denunciavam atividades nas cabeceiras, apresentando crescimento rápido.

A degradação ambiental ao longo de rodovias é perceptível de diversas maneiras, seja com o desmatamento, assoreamento e poluição de cursos d'água e degradação do solo. Nos trechos em que não há ocorrência de voçorocas, são os trechos em que a rodovia segue em boa parte sobre os platôs.

Não foram observadas voçorocas no topo das vertentes e estas incisões ocorrem principalmente na porção do solo exposto pelo processo de terraplanagem, onde o horizonte B do Latossolo Amarelo (solo predominante ao longo da rodovia) por ser mais argiloso, dificulta a infiltração e favorece o escoamento superficial e consequentemente o aparecimento de incisões erosivas diversas (filetes, sulcos, ravinas e voçorocas). Juntamente com a exposição do horizonte B do Latossolo, o horizonte C mais arenoso favorece a rápida evolução das incisões, quando estas atingem esse nível.

A construção de rodovias se faz necessário para o crescimento, desenvolvimento e mobilidade, e como consequência, muitas vezes os impactos são inevitáveis. Para que tais impactos sejam mínimos são necessários estudos e planejamentos, uma vez que a degradação dos solos podem causar prejuízos imediatos e a longo prazo provocar danos materiais e sociais.

Agradecimentos

Ao CAPES, pela concessão de bolsa ao 1o autor.

REFERÊNCIAS

ABREU, N.R.P. **Classificação de unidades ambientais na paisagem da bacia hidrográfica do rio Sanabani, em Silves-Amazonas**. Dissertação de Mestrado. Manaus: PPGGEO/UFAM, 2016. 107p.

BIGARELLA, J.J.; MAZUCHOWSKI, J. Z. Visão integrada da problemática da erosão. In: **Livro guia do 3º Simpósio Nacional de Controle de erosão**. Maringá: ADEA / ABGE, 1985.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL** : Folha SD. 23. Rio de Janeiro, 1982. 660 p. (Levantamento de Recursos Naturais, v. 29).

CARVALHO, D.P. **Ocorrência de voçorocas (*gullies*) na rodovia BR 174, trecho Manaus-Presidente Figueiredo (AM): gênese, morfologia e previsão de riscos**. Dissertação de Mestrado. Manaus: PPGGEOG/UFAM, 2017. 131p.

COELHO NETTO, A. L.. Hidrologia de encostas na interface com a Geomorfologia. In: **GUERRA, Antonio J.T.; CUNHA, Sandra B. da. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p.93-148

CUNHA, M.A. (Coord.); FARAH, F.; CERRI, L.E.S.; GOMES, L.A.; GALVÊZ, M.L.; BITAR, O.Y.; AUGUSTO FILHO, O. e SILVA, W.S. da. **Ocupação de Encostas**. São Paulo: IPT, 1991. 216p.

SILVA, E.D. **Causas e consequências da ocorrência de voçorocas nas estradas AM-330 (Silves) e AM-363 (Itapiranga), Amazonas – Brasil.** Dissertação de Mestrado. Manaus: PPGGEO/UFAM, 2014. 99p.

DUNNE, T. Hidrology, mechanics and geomorphic implications of erosion by surface flow. **In: Geological Society of America. Special Paper 252**, 1990. p.1-28,

FARIA, A.P. Os processos erosivos e as suas variações nas escalas temporal e espacial: revisão e análise. **In: Revista Brasileira de Geografia. vol.58, nº1/4.** 1996. p.37-54

FERNANDES, N.F. et al. Topographic controls of landslides in Rio de Janeiro: field evidence and modeling. **In: Catena - interdisciplinary journal of Soil Science, vol.55.** 2004. p. 163-181

GUERRA, A.J.T. **Processos erosivos nas encostas.** In: GUERRA, A. J.T. & CUNHA, S.B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p. 181-227

GUERRA, A.J.T. . BOTELHO, R.G.M. Erosão dos solos. **In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. Geomorfologia do Brasil.** (Orgs.). Rio de Janeiro: BertrandBrasil, 1998. p.

GUERRA, A.J.T.; MENDONÇA, J.K.S. Erosão dos Solos e Questão Ambiental. **In: VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T. (Orgs.). Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 1-29.

Guerra, A.J.T. Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. **In: Revista do Departamento de Geografia, vol. 16.** São Paulo, 2011. p. 32-37.

GUERRA, A.J.T. Processos erosivos nas encostas. **In: GUERRA, A. J.T.; CUNHA, S.B. da. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p.149-209

GUERRA, A.J.T. Degradação dos Solos - Conceitos e Temas. **In: GUERRA, A.J.T.; JORGE, M.C.O. (Orgs.). Degradação dos Solos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 15-50.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basis: hydrophysical approach to quantitative morphology. **In: Bulletin of the Geological Society of America. Vol. 56 (3).** 1945. p.275-370

LAL, R; Elliot, W. Erodibility and erosivity. **In: LAL, R. (ed.). Soil erosion: Research methods.** 2a. Ed. Soil and Water Conservation Society (SWCS).Ankeny, IA, USA,1994. p.181-208

NASCIMENTO, E.E.D.J. **Contribuições ao estudo de processos erosivos acelerados em áreas de rampas de dissipação.** Dissertação de Mestrado. Florianópolis: DPGG/UFSC, 1998. 180p.

OLIVEIRA, M.A.T.de. Erosion Disconformities and Gully Morphology: A Threedimensional Approach. **In: Catena: An interdisciplinary journal of Soil Science Hydrology – Geomorphology. Vol. 16.** W. Germany: Catena Verlag, 1989. p. 413-423

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

VIEIRA, A.F.S.G.; ALBUQUERQUE, A.R.da C. Cadastramento de voçorocas e análise de risco erosivo em estradas: BR-174 (Trecho Manaus – Presidente Figueiredo). **In: V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul- Americano de Geomorfologia. (Anais).** Santa Maria: UGB/UFMS, 2004. p.50-65

VIEIRA, A. F.G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbanos-ambientais.** Tese de doutorado. Florianópolis: DPPG/UFSC, 2008. 310p.

VITTE, A. C. E MELO, J. P de. Considerações sobre a erodibilidade dos solos e a erosividade das chuvas e suas consequências na morfogênese das vertentes: um balanço bibliográfico. **In: Climatologia e Estudos da Paisagem, Vol. 2, n.2.** Rio Claro, 1999. p.107-133

Modelos evolutivos para voçorocas em Manaus(AM)¹

Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira

Introdução

A ocorrência de voçorocas em várias partes do mundo, está como descrito nas referências sobre o assunto, como oriundas da combinação de determinados fatores físicos naturais (erosividade, erodibilidade, cobertura vegetal e características das encostas, por exemplo) e fatores antrópicos (desmatamento, terraplanagem, abertura de vias de acesso, construção de sistemas de drenagem pluvial, etc.).

Da mesma forma em que cada voçoroca pode estar relacionada à vários fatores, há também várias definições e conceitos sobre este tipo de feição. Juntamente com estes, surgiram classificações pela forma (BIGARELA e MAZUCHOWSKI, 1985; VIEIRA, 1998), tipo (OLIVEIRA, 1989), tamanho (VIEIRA e ALBUQUERQUE, 2004), etc. Assim, buscando contribuir para a ampliar a abordagem a respeito dessas questões que envolve o estudo sobre voçorocas, este trabalho apresenta 6 modelos evolutivos (VIEIRA, 2008).

Vale destacar, que não se trata de um modelo fechado, pois acredita-se que este possa ser adaptado a outros locais, conforme os respectivos fatores desencadeadores dessa feição. Portanto, espera-se que este trabalho, possa contribuir (inspirar) na construção de novos modelos evolutivos, conforme as características de cada lugar.

Caracterização da área de estudo

A cidade de Manaus-AM está situada na microrregião denominada Médio Amazonas, na confluência do Rio Negro com o Rio Solimões. O município apresenta uma área de 11.401 km² (IMPLAN / CPRM, 1996).

A litologia da cidade de Manaus é caracteriza em sua maior parte pela Formação Alter do Chão (VIEIRA, 2008). Esta formação, segundo Leal (1996), teria iniciado no Albiano Médio a Superior (entre 112 a 99,6 Ma – na Era Mesozóica, Período Cretáceo Inferior), estendendo-se pelo Cenominiano (99,6 a 93,5 Ma – Cretáceo Superior) ao Turoniano (93,5 a 89,3 Ma – Cretáceo Superior).

O Município de Manaus está inserido no Planalto da Amazônia Oriental (ROSS, 2000), que apresenta intensa atuação de processos

¹ Parte da tese de doutorado do autor, na referência deste capítulo - VIEIRA,2008.

erosivos. No perímetro urbano, a altimetria desse relevo não ultrapassa os 120 metros, sendo classificado como interflúvio tabular, cortado por uma rede de canais (igarapés).

Manaus está inserida no tipo climático, Equatorial quente e úmido. Localmente a temperatura média máxima fica em torno de 32,1° C e a média mínima em 23,7° C e a média anual 27,9° C (SANTANA, 2017). A pluviometria em termos médios fica em torno de 2334,8 mm/ano, com cerca de 178 dias de chuva por ano (DÁVILA JUNIOR, 2016).

A cidade é cortada por vasta rede de canais que formam 28 bacias, com destaque para a bacia do Tarumã, a bacia do São Raimundo, a bacia do Educandos e a bacia do Gigante (as maiores no perímetro urbano de Manaus).

Em Manaus, destacam-se três classes de solo: os Latossolos, Espodosolos e os Argissolos. Sendo o primeiro, o de maior representatividade na cidade (VIEIRA, 2008). Sobre essas classes de solo, desenvolve-se a Floresta Amazônica (Floresta Ombrófila Densa) (BOHRER e GONÇALVES, 1991). Todavia, a contínua expansão da malha urbana avança sobre a floresta, provocando a **diminuição dessa mancha verde. Isso pode ser comprovado em estudos, como o do SIPAM (2005)**, no qual detectou-se aumento nas áreas desmatadas nos anos de 1986, 1995 e 2004, de respectivamente 192,63 km², 234,19 km² e 288,35 km² 2004.

Em consequência, as áreas verdes encolheram consideravelmente, passando de 248,66 km² em 1986 e 206,12 km² em 1995 para 152,65 km² em 2004, ocorrendo uma inversão entre a área verde e a área desmatada (VIEIRA, 2008). O processo de expansão urbana e consequentemente o desmatamento, continuam a ocorrer no perímetro urbano da cidade de Manaus.

Aspectos urbanos

Manaus surgiu à margem do Rio Negro, de um forte construído em 1669 (MELLO, 1967). Desde então a cidade tem passado por processos contínuos de expansão urbana, principalmente na década de 80 (século XX), onde ocorreu a redução das áreas verdes e ampliação da ocupação de áreas inadequadas à construção de habitações (processo que continua a ocorrer nos dias de hoje).

Só para se ter uma ideia a esse respeito, em 1970, Manaus apresentava uma área urbana de 25,32 km² com população de 311.622 habitantes, o que resultava numa densidade populacional de 12.307 hab./km². Já em 2004, a população aumentou para 1.582.284 habitantes (população estimada pelo IBGE, 2000 e a área ocupada pelo sítio urbano teve um aumento de mais de 17,4 vezes, passando de 25,32 km²

para 441,3 km², o que resultou para aquele período de uma densidade populacional em torno de 3.585 hab./ km². Hoje (2020) a estimativa populacional é de 2.182.763 pessoas (IBGE, 2020), distribuídas em 427 km², o que resulta numa densidade populacional urbana para Manaus de cerca de 5.111 hab./km².

A respeito da expansão urbana de Manaus, Ribeiro Filho (1997) diz que o crescimento populacional e urbano iniciado no final da década de 60 e principalmente na década de 80 foi bastante acelerado e desordenado. Nesse período, muitos “bairros” surgiram sem nenhum planejamento, ocupando áreas impróprias para construção de habitações, como os igarapés e interflúvios, agravando os problemas ambientais.

Apesar desse “Boom” da expansão desenfreada ter passado, ainda se verifica o surgimento de novas ocupações, todavia, ocupando agora as áreas verdes ou áreas susceptíveis ao risco, não ocupadas anteriormente.

Materiais e métodos

De posse das informações levantadas nas atividades de campo até o ano de 2008 (VIEIRA, 2008) relativas aos aspectos naturais, ao histórico e ocorrência, ao uso e ocupação a montante e a jusante das voçorocas (n=91) foram produzidos alguns modelos esquemáticos, que sintetizam como essas incisões surgiram e evoluíram dentro do espaço urbano de Manaus. Os modelos representam as principais ações antrópicas que favoreceram o desencadeamento desse tipo de feição erosiva.

Do ponto de vista prático, a construção desses modelos foram baseadas nos dados contidos nas fichas cadastrais utilizadas para registrar aspectos como: dados morfométricos das voçorocas, características do ambiente onde cada incisão se desenvolvia, causas da ocorrência dessas incisões, assim como aspectos de seu desenvolvimento. Essas fichas, abrangiam voçorocas cadastradas em 1995, 1998 e 2008 (respectivamente VIEIRA e LIMA, 1995; VIEIRA 1998, 2008).

Resultados

As ações antrópicas mais significativas envolvidas no processo de surgimento de voçorocas, são: o desmatamento (3,3%), o desmatamento com posterior exploração mineral (6,5%), os sistemas de drenagem artificial (31,9%) e o desmatamento associado a terraplanagem (58,3%). Assim, a partir dessas ações, combinadas com a identificação de outros fatores observados em campo, foi possível elaborar 6 modelos esquemáticos, que ilustram como cada grupo de voçorocas aqui estuda-

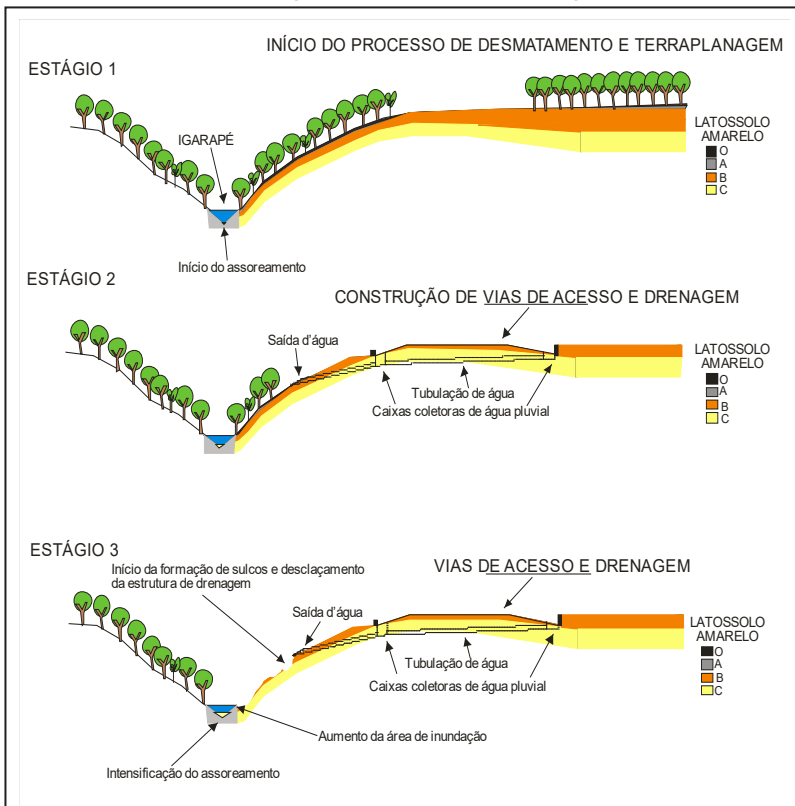
do se originou, conforme suas particularidades, conforme se verifica a seguir:

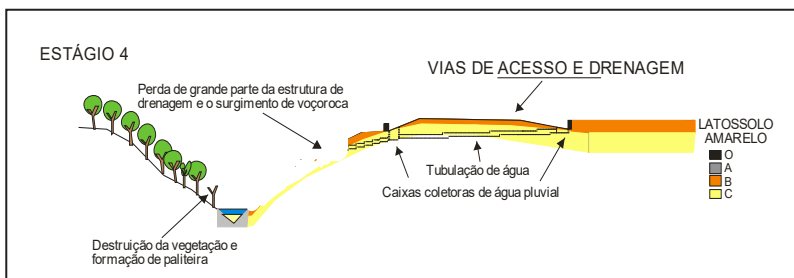
1) Origem e evolução das voçorocas em ambiente urbano – modelo esquemático nº 1: drenagem artificial com saída d’água a meia-encosta (figura 1).

O **Estágio 1** é assinalado pelo início do desmatamento e da terraplanagem no platô, quando ocorre a erosão laminar na superfície plana (platô) e na encosta com conseqüente início do assoreamento dos cursos d’água.

O **Estágio 2** é caracterizado pela pavimentação das vias de acesso e construção do sistema de drenagem. Nesse caso, a canaleta que deveria ter uma saída d’água com dissipadores de energia, situada no mesmo nível do canal, situa-se no meio do talude (ou encosta).

FIGURA 1 – Surgimento de voçorocas na área urbana de Manaus – modelo esquemático nº 1: drenagem artificial com saída d’água a meia - encosta.





Fonte: Vieira (2008).

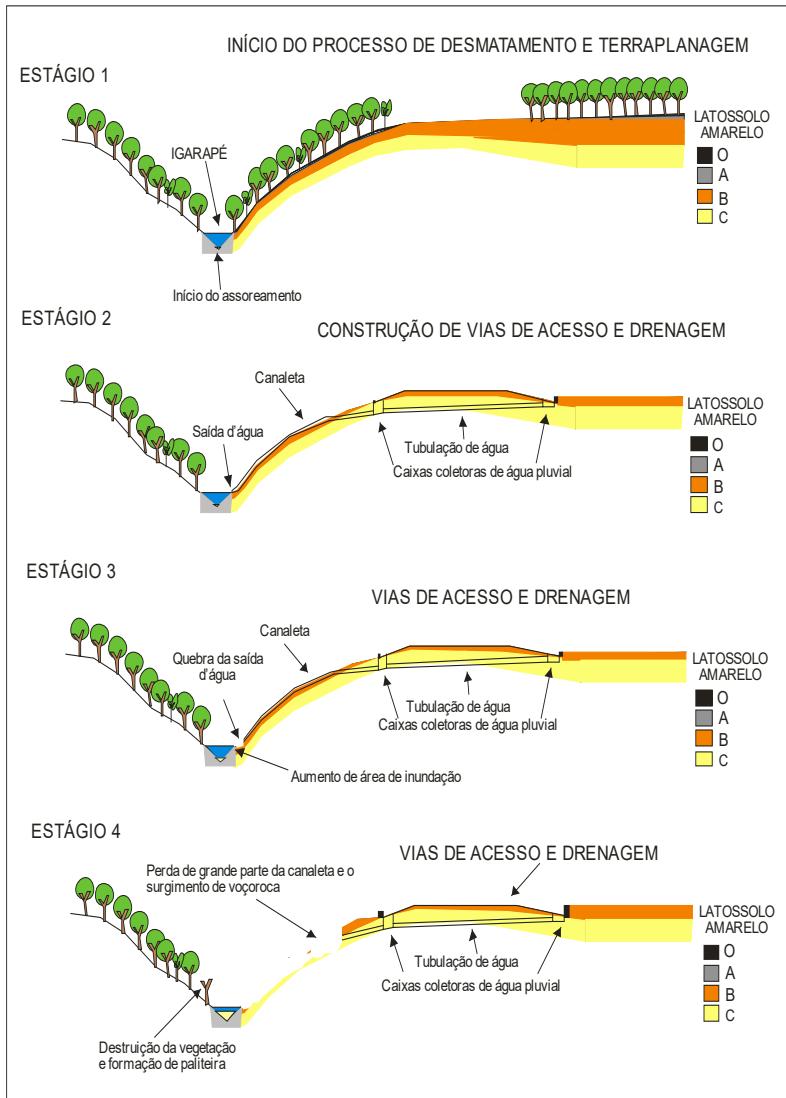
Em alguns casos a canaleta é de sacos solo-cimento e não de concreto. Ocorre nesse estágio a ampliação do desmatamento e da terraplanagem, o aumento do assoreamento do canal e o aumento da erosão na encosta, mesmo que ainda permaneça boa parte da vegetação. No **Estágio 3** os sulcos profundos na base da saída d'água provocam o descalçamento da canaleta e sua ruptura. Nesse momento, pode-se afirmar que ocorre a passagem do sulco para o início da formação de uma voçoroca. O **Estágio 4** é marcado pela perda de grande parte da estrutura de drenagem (canaleta), dando lugar a uma voçoroca. O material transportado pelas enxurradas para dentro dos canais é proveniente também das encostas desmatadas.

Nas observações de campo foram considerados assoreados os cursos d'água que apresentaram as seguintes características: grande acúmulo de material alóctone no canal (dentro e fora); baixa profundidade do canal a jusante da voçoroca, formando às vezes pequenos filetes; formação de paliteiras (troncos de árvores mortas) e o aparecimento (por vezes) de vegetação herbácea em substituição à já extinta vegetação arbórea. Vinte e quatro (n=24) voçorocas se enquadram nesse tipo de modelo, localizadas predominantemente na Zona Leste.

2) Origem e evolução das voçorocas urbanas – modelo esquemático nº 2: drenagem artificial sem dissipador de energia (figura 2).

O **Estágio 1** é caracterizado pelo início do processo de desmatamento e terraplanagem no platô, quando ocorre lenta erosão laminar da superfície plana e na encosta com conseqüente início do assoreamento dos cursos d'água.

FIGURA 2 – Surgimento de voçorocas na área urbana de Manaus – modelo esquemático nº 2: drenagem artificial sem dissipador de energia.



Fonte: Vieira (2008).

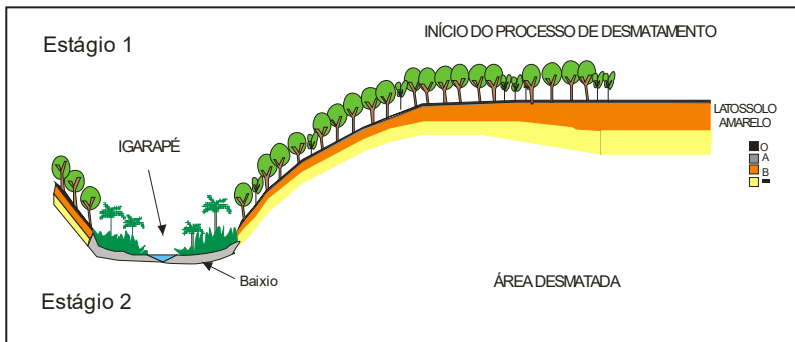
No **Estágio 2**, com a pavimentação das vias de acesso e a construção do sistema de drenagem pluvial composto por tubulação, canaleta e saída d'água (sem dissipador de energia) ocorre o início do despejo da água da chuva diretamente no curso d'água. Acontece também nesse estágio a ampliação do desmatamento e da área terraplanada próxima às pistas, assim como desmatamento e taludamento da encosta. Aumenta o volume escoado para o canal, ampliando-se a erosão na encosta e o assoreamento do canal. Na área terraplanada acontece a perda dos horizontes O, A e parte do B.

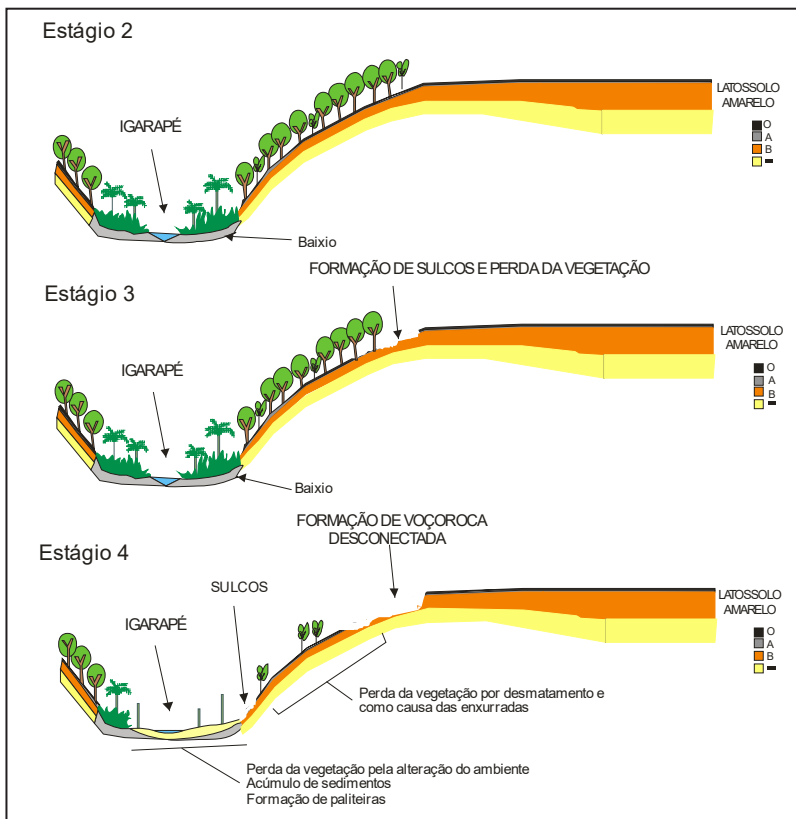
O **Estágio 3** é marcado pelo abandono da área desmatada e terraplanada e pelo início do desgaste do sistema de drenagem. Surgem pequenos sulcos paralelos à canaleta e em vários pontos do talude e da área terraplanada, rompendo-se a saída d'água, o que favorece o surgimento de incisões mais profundas, como as voçorocas. No **Estágio 4** a perda de grande parte da canaleta e o surgimento e a rápida expansão da voçoroca promovem o aumento do assoreamento do canal. A voçoroca avança em direção à pista após chuvas de grande intensidade. Com o assoreamento do canal perde-se também parte da vegetação marginal (mata ciliar), dando lugar às paliteiras. Cinco (n=5) voçorocas estão associadas a esse modelo, principalmente na Zona Leste.

3) Origem e evolução das voçorocas urbanas – modelo esquemático nº 3: desmatamento (figura 3).

No **Estágio 1** inicia-se o desmatamento pelos moradores das áreas próximas, podendo haver a queima da vegetação recém-derrubada. O **Estágio 2** é marcado pela ampliação da área desmatada. Mesmo nessa etapa é possível perceber que o horizonte orgânico ainda presente e continua favorecendo uma boa infiltração da água no solo.

FIGURA 3 – Surgimento de voçorocas na área urbana de Manaus – modelo esquemático nº 3: desmatamento.





Fonte: Vieira (2008).

No **Estágio 3** é perceptível a intensificação do processo de erosão no contato entre a superfície plana do platô e a encosta, caracterizado nesse momento pela formação de pequenos sulcos. Na porção mediana da encosta a vegetação ainda presente retarda o avanço dos sulcos para jusante nos primeiros momentos.

No entanto, mesmo existindo uma camada orgânica na superfície desmatada, é possível perceber o início da selagem do solo e conseqüentemente a diminuição da infiltração que após períodos mais constantes e intensos de chuvas, favorece a formação de fluxos superficiais e naturalmente o aparecimento de pequenos sulcos descontínuos com profundidades variadas, desde poucos milímetros a alguns centímetros.

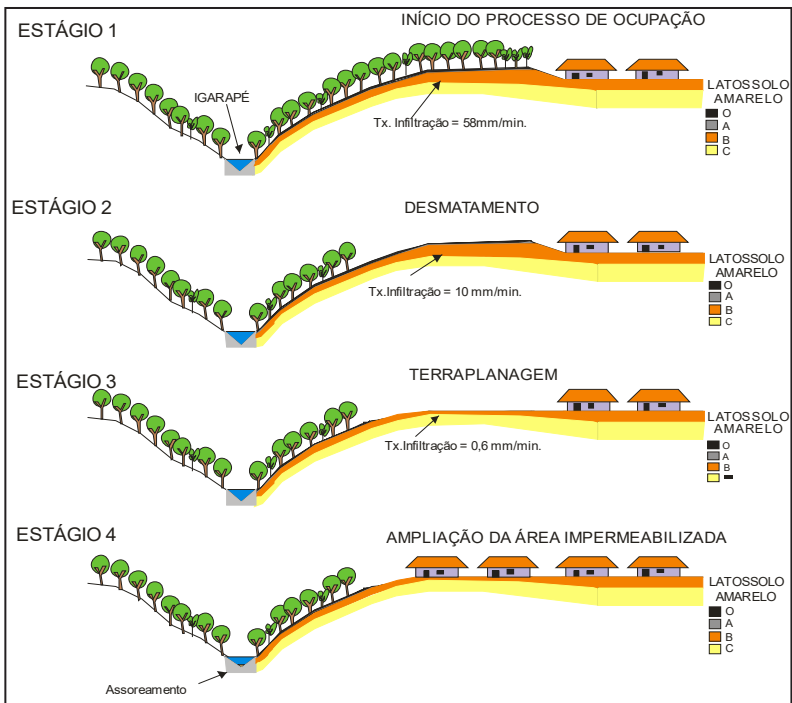
No **Estágio 4** o aprofundamento dos sulcos dá origem a ravinas que evoluem rapidamente para voçorocas, provocando o descal-

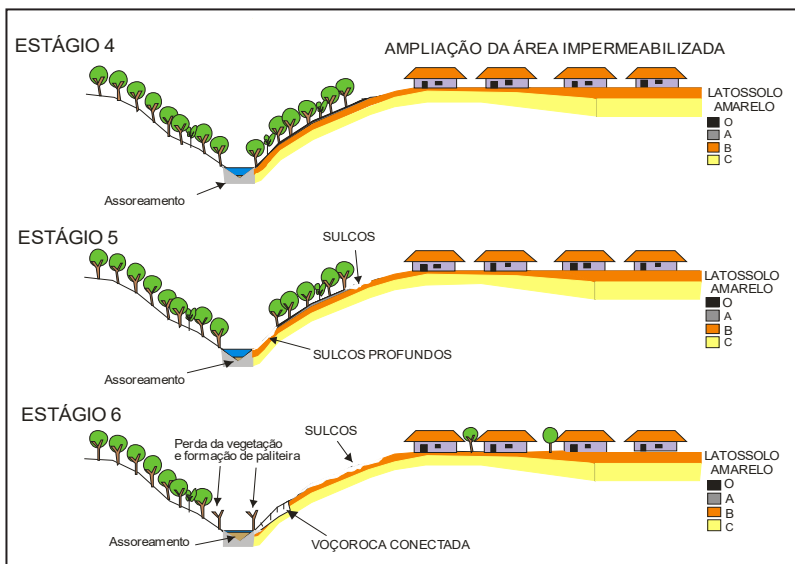
çamento da vegetação, que levada pela enxurrada. As voçorocas que surgem nesse processo (n=03) encontram-se na porção superior da encosta, no contato entre a superfície plana do platô e a encosta. Portanto, sem contato com sistema de drenagem a jusante, configurando-se assim como uma voçoroca desconectada.

4) Origem e evolução das voçorocas urbanas – modelo esquemático nº 4: desmatamento e terraplanagem (com ocupação) (figura 4).

O **Estágio 1** mostra o início do processo de ocupação até próximo ao limite da borda do platô com a encosta. Na superfície ainda vegetada a capacidade de infiltração é bastante elevada, podendo alcançar taxas superiores a 57 mm/minuto. Nessas condições o solo é capaz de absorver até mesmo chuvas muito fortes, superiores a 50 mm/hora.

FIGURA 4 - Surgimento de voçorocas na área urbana de Manaus – modelo Esquemático nº 4: desmatamento e terraplanagem (com ocupação).





Fonte: Vieira (2008).

O **Estágio 2** apresenta o desmatamento como a principal mudança ocorrida. Acompanhando o processo de retirada da vegetação está a mudança da capacidade de absorção da água pelo solo, mesmo com a presença da camada orgânica e do horizonte A. Nesse momento a taxa de infiltração fica em torno de 10 mm/minuto, e o solo conseguiria absorver chuvas leves (1,1 até 5 mm/hora) e chuvas moderadas (5 a 25 mm/hora), mas pouco eficaz para absorver chuvas fortes (25 a 50 mm/hora) a muito fortes (mais de 50mm/hora).

O **Estágio 3** é marcado pelo processo de terraplanagem com a perda dos horizontes O, A e parte do B. Esse processo de terraplanagem promove também a compactação do solo, aumentando a possibilidade de formação de crostas na superfície do terreno. Com a presença de crostas a capacidade de infiltração fica em torno de 0,6 mm/minuto, dificultando até mesmo a absorção de chuva leve pelo solo e tornando constantes os escoamentos superficiais.

O **Estágio 4** configura-se como a ampliação da ocupação e aumento da área impermeabilizada pela presença das moradias. Fluxos superficiais já começam a arrastar de modo mais eficaz as partículas soltas da superfície do terreno em direção ao canal na parte jusante da encosta, iniciando assim um novo processo, o assoreamento.

O **Estágio 5** marca o início da formação de sulcos mais profundos nos pontos de ruptura de declive, tanto na secção superior da

encosta quanto na sua secção inferior. A perda de vegetação por enxurrada também começa a acontecer nessas duas secções da encosta, e o assoreamento do canal também cresce com o aumento do transporte de partículas.

E por fim o **Estágio 6** é configurado pela presença da voçoroca na secção inferior da encosta. Sua migração em direção ao topo da encosta pode ocorrer durante uma única estação chuvosa. Nesse momento, um longo trecho do canal encontra-se assoreado e agora se apresenta anastomosado, diferente do que ocorre em Franca - SP, onde os sedimentos oriundos das voçorocas são depositados distantes da área afetada, não provocando anastomosamento dos cursos d'água (AB'SA-BER, 1968). Quatorze (n=14) voçorocas se enquadram nesse modelo.

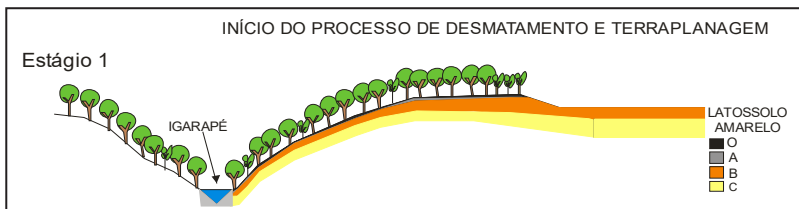
5) Origem e evolução das voçorocas urbanas – modelo esquemático nº 5: desmatamento e terraplanagem (sem ocupação) (figura 5).

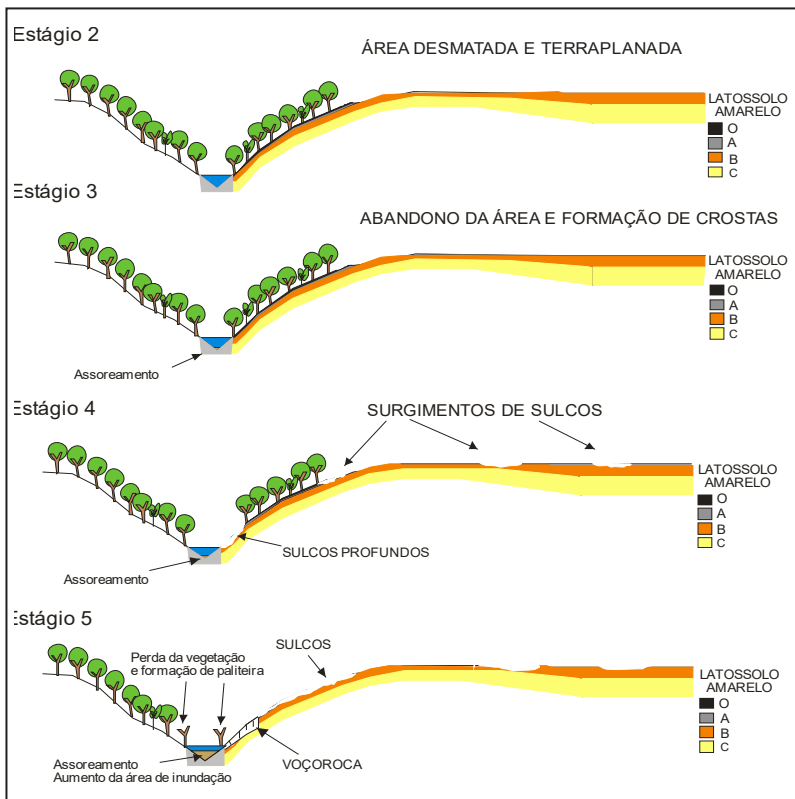
No **Estágio 1** ocorre o início de desmatamento e terraplanagem, onde já é possível observar o aumento nos volumes escoados na superfície do terreno. No estágio seguinte (**Estágio 2**) os horizontes **O**, **A** e parte do **B** foram retirados e a área desmatada já se encontra totalmente terraplanada. Inicia-se o assoreamento da área a jusante.

O **Estágio 3** é caracterizado pelo abandono da área por vários meses, podendo chegar a anos, período em que no terreno se formam crostas que dificultam a infiltração, favorecendo o escoamento superficial.

O **Estágio 4** é marcado pelo surgimento de sulcos em toda a extensão do platô e principalmente no contato entre o platô e a encosta, porção na qual os sulcos se aprofundam. Ocorre nessa fase também a intensificação do assoreamento a jusante.

FIGURA 5 - Surgimento de voçorocas na área urbana de Manaus – modelo esquemático nº 5: desmatamento e terraplanagem (sem ocupação).





Fonte: Vieira (2008).

No **Estágio 5**, com o aprofundamento dos sulcos tanto na porção superior da encosta como na porção inferior (contato entre a base da encosta e o fundo do vale), surgem as ravinas (principalmente na porção inferior da encosta), as quais evoluem rapidamente para voçorocas. Formam-se assim voçorocas conectadas devido ao maior volume de água que passa nessa porção e também porque aí o solo apresenta maiores teores de areia que na porção superior da encosta. Tais aspectos favorecem a expansão das incisões na base das encostas. Trinta e nove (n=39) voçorocas se enquadram nesse modelo.

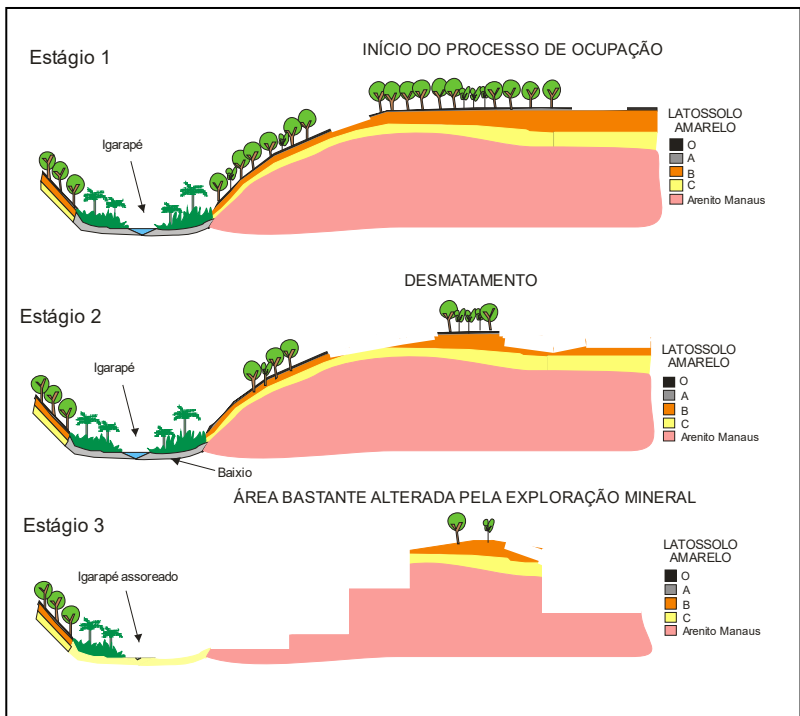
6) Origem e evolução das voçorocas urbanas – Modelo esquemático nº 6: desmatamento e exploração Mineral (figura 6).

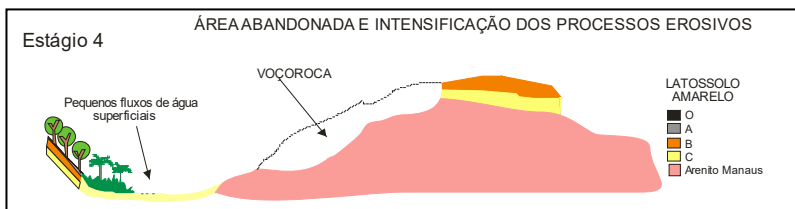
No **Estágio 1** inicia-se o processo de desmatamento e retirada dos horizontes **O** e **A** e erosão generalizada em toda área (erosão laminar e pequenos sulcos). No **Estágio 2** ocorre a ampliação do desmata-

mento e retirada dos horizontes **B** e **C**. O **Estágio 3** é caracterizado pelo início da extração do Arenito Manaus e pela perda quase completa da vegetação circundante. Assoreamento do canal a jusante com perda da vegetação marginal.

No **Estágio 4** o canal já assoreado passa a caracterizar-se por pequenos fluxos anastomosados. Ocorre também o abandono da área e a instalação de voçorocas. A passagem de um estágio para o outro é muito rápida e extremamente danosa ao meio ambiente local. Além disso, em função da grande alteração sofrida, a recuperação dessa área é bastante morosa. Tanto as voçorocas oriundas desse processo, quanto as áreas onde estão inseridas são hoje utilizadas como áreas receptoras de lixo e entulho de construções, agravando a degradação ambiental. Seis (n=06) voçorocas são desse modelo.

FIGURA 6 – Surgimento de voçorocas na área urbana de Manaus – modelo esquemático nº 6: desmatamento e exploração mineral.





Fonte: Vieira (2008).

CONCLUSÕES

Foram apresentados aqui 6 modelos esquemáticos, os quais demonstram como as voçorocas evoluem nesse ambiente urbano de Manaus. Conforme mencionado no início deste trabalho, não se trata de um modelo fechado, nem mesmo para Manaus, pois novos modelos esquemáticos que tratam da evolução de voçorocas poderão ser inseridos neste. Mas trata-se de uma forma de entender/apresentar como as voçorocas evoluem nesta área.

Assim, do ponto de vista prático, conhecendo as etapas da evolução desse tipo de incisão erosiva, será possível criar mecanismos de monitoramento de área com as características descritas acima, a fim de evitar o surgimento dessas incisões.

Em outras palavras, ações preventivas são mais eficientes economicamente do que ações corretivas. Uma vez que esta última, além de necessitar de um recurso financeiro bem maior que as ações preventivas, nunca conseguirá devolver o ambiente ao seu estado natural/original.

AGRADECIMENTOS

Ao CAPES, pela concessão de bolsa de estudo, a qual possibilitou a realização dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIGARELLA, J.J. e MAZUCHOWSKI, J.Z. Visão integrada da problemática da erosão. In: **3º Simpósio Nacional de Controle de Erosão**. (Livro Guia). Maringá: ABGE/ADEA, 1985. 331p.

BOHRER, C.B.de A. e GONÇALVES, L.M.C. (1991). Vegetação. In: **Geografia do Brasil. Região Norte**. Volume 3. Rio de Janeiro: IBGE. p.137-168

DÁVILA JUNIOR, J.C.M. **Análise dos padrões pluviométricos da Cidade de Manaus-AM no período de 1986 a 2015**. Relatório de Pesquisa. Manaus: PROPESP/UFAM, 2016. 60p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/censodemografico> . Acesso em 15.01.2001, 20:30:00.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/am/manaus.html>. Acesso em 18/05/2020, 15:23.

IMPLAN – Instituto Municipal de Planejamento Urbano e Informática, CPRM – Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. **Base cartográfica da área urbana de Manaus-AM**. (cd room). Manaus: SONOPRESS/IMPLAN/CPRM, 1996.

LEAL, P.C. **Caracterização e interpretações genéticas de alguns solos da região de Manaus-AM**. Ciências do Solo. Recife-PE: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1996. 109p.

MELLO, O. **Topônimos Amazonenses: nomes das cidades amazonenses sua origem e significação**. Série Torquato Tapajós. Volume XIII. Edições Governo do Estado do Amazonas, 1967. 163p.

OLIVEIRA, M.A.T.de. Erosion Disconformities and Gully Morphology: A Threedimensional Approach. In: **Catena: na interdisciplinary journal of Soil Science Hydrology – Geomorphology**. Vol. 16. W. Germany: Catena Verlag, 1989. p.413-423

RIBEIRO FILHO, V. **Mobilidade Residencial em Manaus: Uma Análise Introdutória**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: PPGG/UFRJ, 1997. 197p.

ROSS, J.L.S. Fundamentos da Geografia da Natureza. In: _____ (org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 2000. p.13-65

SANTANA, G.F. **Análise dos padrões térmicos da cidade de Manaus-AM no período de 1986 a 2015**. Relatório de Pesquisa. Manaus: PROPESP/UFAM, 2017. 173p.

SIPAM – Sistema de Proteção da Amazônia. (2005) **Estudo do desmatamento na Zona Urbana de Manaus e sua relação com a expansão demográfica**. (cd room). Manaus: CENSIPAM/CTO-MN/DAMB, 2005.

VIEIRA, A.F.G. e LIMA, N.P.S.de. **Mapeamento e Estudo das Voçorocas do Sítio Urbano de Manaus**. Relatório de Pesquisa. Manaus: PROPESP/UFAM, 1995. 133p.

VIEIRA, A.F.S.G. **Erosão por voçorocas em áreas urbanas: o caso de Manaus (AM)**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: DPGG/UFSC, 1998. 181p.

VIEIRA, A.F.S.G.; ALBUQUERQUE, A.R.da C. Cadastramento de voçorocas e análise de risco erosivo em estradas: BR-174 (Trecho Manaus – Presidente Figueiredo). **In: V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia.** (Anais). Santa Maria: UGB/UFMS, 2004. p.50-65

VIEIRA, A.F.S.G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais** .Tese de Doutorado. Florianópolis: DPGG/UFSC, 2008. 310p.

Monitoramento de voçorocas na bacia Colônia Antônio Aleixo, Manaus- AM¹

Armando Brito da Frota Filho
Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira

Introdução

Os processos erosivos e suas consequências, são parte do ciclo natural da evolução da paisagem e do relevo. Pode-se descrevê-los como sistemas resultantes das interações de fatores físicos, biológicos e sociais que se relacionam no espaço e no tempo (PASSOS, 2009). Contudo como apontam Selby (1982), Guerra (2005; 2008; 2014) e Bertoni e Lombardi Neto (2010) os processos erosivos, de forma geral, vêm sendo acentuados pela atividade humana através do desflorestamento, retirada das camadas superficiais do solo e mesmo de sua compactação, dentre outros. Essas alterações fazem a erosão se tornar mais danosa ao ambiente e impactam cada vez mais ao meio, seja este natural ou social (SUERTEGARAY, 1999; MENDONÇA, 2011).

E nessa tônica que os estudos dos processos erosivos de forma geral são de grande valia, sejam eles mapeamentos, experimentos ou monitoramento (ROSS, FIERZ e VIEIRA, 2011). Quanto ao último Guerra (2005) afirma que se referem “às mensurações sistemáticas de um processo erosivo, sendo necessárias as coletas de dados, em intervalos que podem ser fixos, ou não, dependendo do que está sendo estudado”.

Os monitoramentos tem como finalidade conhecer a dinâmica do processo, e das feições erosivas, e por conseguinte tomar medidas de conservação dos solos, ou dependendo do caso, prevenções ao risco.

As técnicas de monitoramento das feições erosivas vêm evoluindo continuamente, tornando-se cada vez mais precisas e práticas, fato este explanado tanto por Boardmann (2015) ao usar o Google Earth para mapeamento de erosões, e recentemente o uso de VANTs, com a mesma função e mostrando um nível de detalhamento ainda maior.

Um exemplo da importância do monitoramento são os trabalhos desenvolvidos na cidade de Manaus e adjacências como: Vieira (2008), Frota Filho *et al.* (2012), Dirane (2015) e Frota Filho (2016) sobre as voçorocas. Em 2008, haviam sido mapeados 91 voçorocas (VIEIRA, 2008), desse total 50 estavam localizadas na bacia Colônia Antônio Aleixo, e as demais distribuídas na cidade de Manaus. Enquanto que na

¹ Parte da dissertação do 1º autor.

atualização do mapeamento realizado em 2012 na referida bacia, somente 38 incisões foram localizadas (FROTA FILHO, 2012).

Essa redução do número de incisões ocorreu devido à ação do Poder Público através de obras de contenção, em especial, àquelas localizadas em áreas com maior densidade populacional, embora seja importante salientar que em alguns casos, houve a junção de duas ou mais voçorocas.

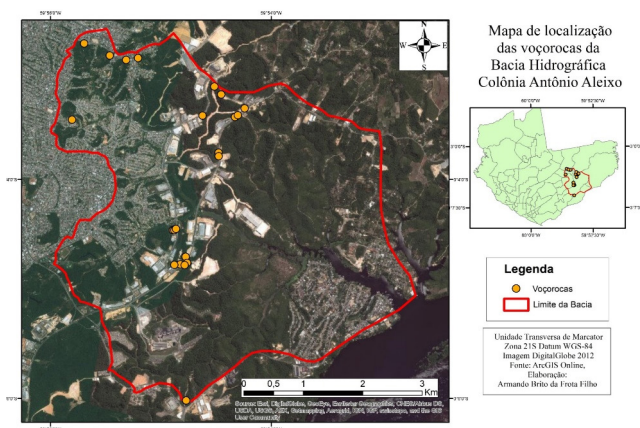
O mapeamento mais recente mostra que a dinâmica se repetiu, ou seja, o número de voçorocas na bacia Colônia Antônio Aleixo foi reduzido de forma rápida. Foram localizadas 22 incisões (FROTA FILHO, 2016).

Objetivando mostrar o monitoramento, foi realizado um estudo na bacia Colônia Antônio Aleixo, Manaus – AM, por se tratar de uma área na cidade que apresenta um número elevado de incisões. E nesse sentido o presente teve como objetivo monitorar algumas voçorocas presentes nesta bacia.

Breve descrição da área de estudo

O recorte espacial da área de estudo é composto pela Bacia Hidrográfica Colônia Antônio Aleixo, localizada na Zona Leste da cidade de Manaus (FIGURA 1). Essa bacia ocupa área de aproximadamente 24,93 km², composta parcial ou integralmente por 8 (oito) bairros.

Figura 01: Mapa de localização das voçorocas encontradas na Bacia Hidrográfica Colônia Antônio Aleixo.



Fonte: Imagem DigitalGlobe, 2012 – ArcGIS Online. Org.: Armando Brito da Frota Filho, 2019.

A cidade de Manaus está no contexto geológico-geomorfológico da Unidade Morfoestrutural do Planalto Dissecado do Rio Trombetas/Rio Negro, representado por um sistema de colinas pequenas e médias, tabuliformes, pertencentes a uma vasta seção de um tabuleiro de sedimentos terciários, variando com cotas entre 50 a 100 metros (SILVA, 2005). Com vales fechados, estreitos e encaixados e zonas de interflúvios estreitas e alongadas (NW-SE e NE-SW) assim apresentando uma intrincada e densa rede drenagem (AB’SABER, 1953).

No que se refere aos aspectos pedológicos da cidade, verifica-se em sua maior parte a ocorrência de Latossolos Amarelos localizados nos platôs, na porção superior e média das encostas. Nas porções de média encosta a até próximo aos fundos de vale, encontra-se os Argissolos Amarelos e na parte inferior da encosta e nos baixios, encontram-se solos ricos em areias, como o Espodossolo (LUCAS, 1989; VIEIRA, 2008).

A cidade de Manaus apresenta um valor elevado para a taxa de erosividade na ordem de $14.129 \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (SILVA et al., 2009). A temperatura fica em média geral de $26,7^\circ \text{ C}$, com média das máximas em $31,5^\circ \text{ C}$ e médias das mínimas em $23,2^\circ \text{ C}$ (AGUIAR, 1995).

Técnicas de monitoramento

Foram escolhidas 04 voçorocas representativas da bacia Colônia Antônio Aleixo para o monitoramento morfométrico, quanto a seu Tipo através do modelo de Oliveira (1989) (FIGURA 02), quanto à forma pelo modelo de Vieira (2008) (FIGURA 03) por ser um modelo calibrado para a característica da região. Além disso, *in loco* foram aferidos por meio de trena a largura, comprimento e profundidade das incisões, e posteriormente calculados sua área e volume, para que pudessem ser indicados seus tamanhos pelo modelo de Vieira e Albuquerque (2004) (QUADRO 01).

Figura 02: Tipos de voçorocas. **Figura 03:** Formas de voçorocas



Fonte: Oliveira, 1989.



Fonte: Vieira, 2008.

Quadro 1: Classificação das voçorocas por tamanho (m³).

Ord.	Volume erodido	Tamanho
01	Até 999 m ³	Muito pequena
02	De 1.000 m ³ até 9.999 m ³	Pequena
03	Entre 10.000 e 19.999 m ³	Média
04	Entre 20.000 e 40.000 m ³	Grande
05	Mais de 40.000 m ³	Muito grande

Fonte: *Vieira e Albuquerque (2004)*

Dentro de um critério qualitativo ainda foram observados direção do crescimento das incisões além da presença das formas de retrabalhamento (alcovas de regressão, painelas, marmitas, costelas e pedestais), um fator que indica o nível de atividade que a incisão está.

Além disso, foram utilizadas imagens disponibilizadas pelo Software *Google Earth* dos anos de 2005 a 2015 para melhor espacialização destas incisões e observar os seus desenvolvimentos, sua direção de crescimento e até mesmo o impacto na paisagem.

Resultados

A bacia Colônia Antônio Aleixo possui 22 incisões erosivas (FIGURA 01), que com base em trabalhos de campo e análises de imagens do *Google Earth Pro*, pode-se classifica-las quanto ao Tipo de Oliveira (1989), 08 são do tipo Conectada (36%), 07 são do tipo Desconectada (32%) e 07 do tipo Integrada (32%).

Monitorar o Tipo e Forma da voçoroca é de suma importância, pois auxilia em saber qual o estágio de desenvolvimento da mesma, o quanto pode crescer e quais medidas podem ser tomadas.

Oliveira (1989) aponta que as voçorocas do tipo Integrada são o estágio final no desenvolvimento. Sendo assim, ao encontrar certo nível de estabilidade quanto ao processo erosivo, tende à redução da velocidade devido à forma de crescimento remontante das voçorocas. Em contraponto, as incisões do tipo Conectada estão em processo de desenvolvimento, e só entrarão em “estabilização” ao atingirem o topo da vertente.

As voçorocas do tipo Desconectada, por se desenvolverem mais próximas ao topo da encosta, tendem a alcançar a estabilidade mais rapidamente. Devido à forma de crescimento remontante (em direção à montante) podem não se unir à rede de drenagem.

Quanto aos impactos relacionados ao material erodido das voçorocas, o fato de haver um número elevado de voçorocas conectadas (incisões do tipo conectada e integrada) à rede drenagem (15 incisões, 68%), afeta drasticamente os cursos hídricos, pois a quantidade de material erodido depositado no canal pode levar à mudança no padrão de drenagem.

Quanto às formas descritas por Vieira (2008), verificou-se que das 22 incisões, 17 delas apresentam formato Retangular (77%), 02 são bifurcadas, 02 com forma Irregular (09%) e 01 com a forma Linear (05%).

As voçorocas retangulares representam o estágio final das incisões, ou seja, voçorocas mais próximas da estabilização. As voçorocas do tipo desconectada e integrada, devido a sua posição na vertente tendem à estabilização e a maioria das voçorocas retangulares têm os referidos tipos (VIEIRA, 2008).

As voçorocas com forma bifurcada apresentam duas cabeceiras, pois têm duas fontes de contribuição de fluxos superficiais concentrados e isso ocorre por diversas razões (VIEIRA, 2008). Na bacia foram observadas duas situações:

- Voçorocas que apresentaram dois fluxos superficiais, formando duas cabeceiras;

- Resultantes da união de duas incisões desenvolvidas próximas, quando a parede que as separava foi erodida.

Foram cadastradas 02 voçorocas, que se desenvolvem devido à presença de múltiplos fluxos superficiais. No caso da incisão 03, isso ocorre em área densamente ocupada e os fluxos têm origem no escoamento de águas pluviais e servidas. Quanto à voçoroca 18, o grande número de fluxos ocorre devido às crostas na área do entorno da incisão.

Apenas uma voçoroca apresentou forma Linear que está ligada a uma única zona de convergência de fluxos. Como a bacia apresenta áreas com declividades elevadas, não foram encontradas voçorocas com o formato Ramificado, pois esta forma é característica de “solos onde a declividade do terreno é relativamente baixa” (VIEIRA, 2008) ou em solos arenosos.

Monitoramento da Morfometria

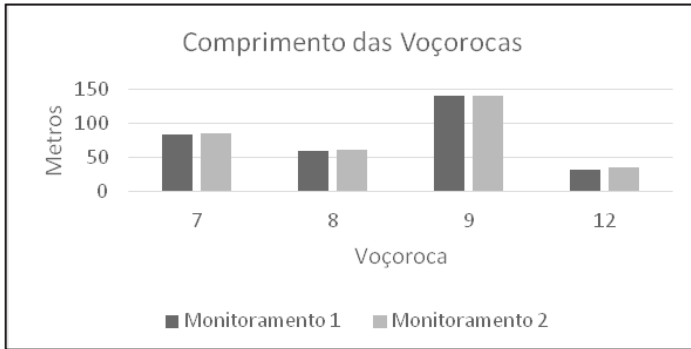
Foram monitoradas 04 voçorocas quanto as suas características morfométricas, escolhidas por apresentarem maior mudança e crescimento e, por meio de imagens de satélite, foram monitoradas em sua forma e evolução.

As incisões 07, 08, 09 e 12 foram monitoradas tanto quanto ao comprimento, largura, profundidade, área e volume erodido como tam-

bém quanto à evolução de seu Tipo (OLIVEIRA, 1989) e de sua Forma (VEIRA, 2008) e à direção do crescimento.

Quanto ao comprimento das voçorocas monitoradas o Gráfico 01 exibe o crescimento no comprimento de todas as voçorocas com exceção da incisão 09. Esta voçoroca não apresenta crescimento, pois sua cabeceira sofre deposição tecnológica úrbica.

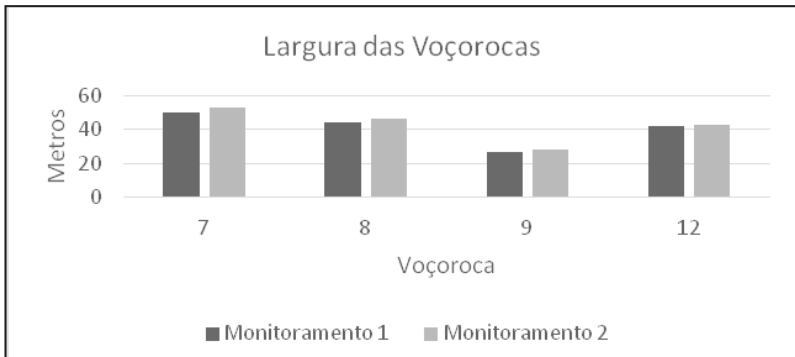
Gráfico 01: Crescimento do comprimento das voçorocas monitoradas.



Org.: Armando Brito da Frota Filho, 2019.

Todas as voçorocas apresentaram aumento na largura (gráfico 2) e isso ocorre, por apresentarem bordas sem vegetação que, por sua vez, ocasiona a geração de fluxos superficiais que escorrem pelas paredes da incisão e desenvolvendo alcovas de regressão.

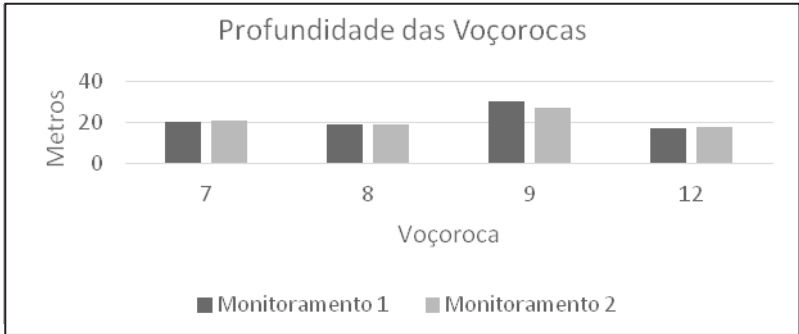
Gráfico 02: Crescimento da largura das voçorocas monitoradas.



Org.: Armando Brito da Frota Filho, 2019.

A profundidade apresentou pouca variação entre os dois monitoramentos, porém a voçoroca 09 apresentou redução na sua profundidade (GRÁFICO 03), uma vez que esta vem sofrendo alterações nos seus arredores e deposição no seu interior.

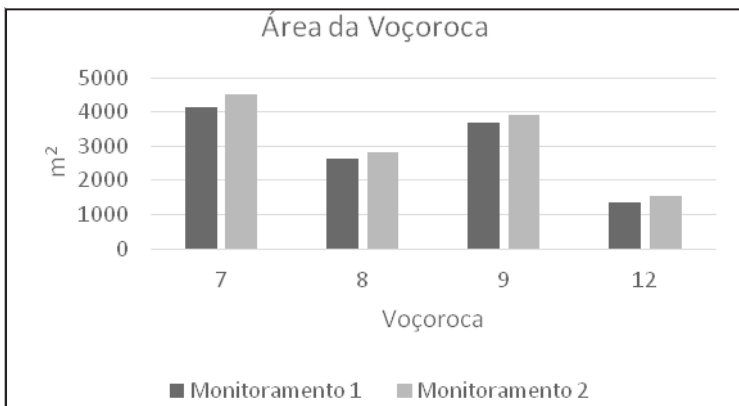
Gráfico 03: Crescimento da profundidade das voçorocas monitoradas.



Org.: Armando Brito da Frota Filho, 2019.

A área e o volume são dados baseados nos valores citados acima. Em relação à área (GRÁFICO 04) pode-se notar que a voçoroca 09 apresenta a maior área, visto que a mesma também apresenta os maiores valores de comprimento e largura, não apenas referentes às voçorocas monitoradas, mas a toda bacia.

Gráfico 04: Crescimento da área das voçorocas monitoradas.

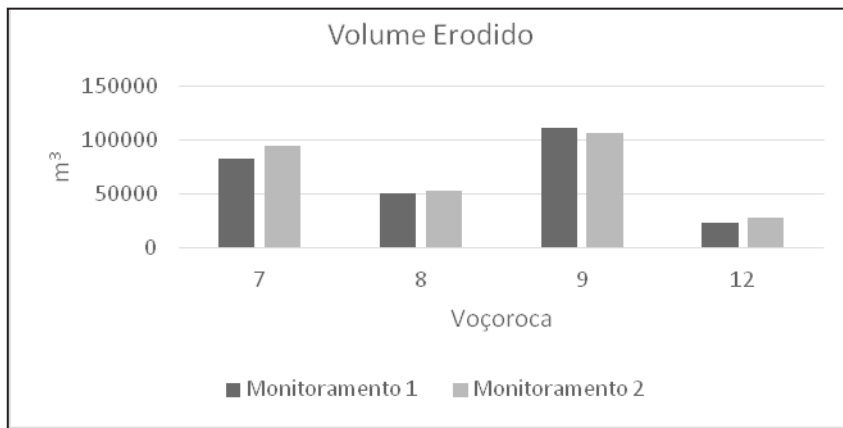


Org.: Armando Brito da Frota Filho, 2019.

Quanto ao monitoramento do volume, é possível notar no gráfico 05 que todos os volumes superam o 20000 m³ erodidos. Pela classificação, quanto ao volume erodido (VIEIRA e ALBUQUERQUE, 2004), voçorocas com volume entre 20 000 e 40000 m³ são caracterizadas como “grandes”, como é o caso da incisão 12. As demais voçorocas apresentam volume superior a 40 000m³ caracterizadas como “muito grande”.

Ao comparar a soma dos valores de material erodido no primeiro monitoramento 266 678 m³ e do segundo monitoramento 281 623 m³, é possível observar a quantidade de material carregado pelas voçorocas à rede drenagem, o que ocasiona a alteração da composição da paisagem e o regime hidrológico da bacia, visto que apresenta vários canais assoreados.

Gráfico 05: Crescimento do volume das voçorocas monitoradas.

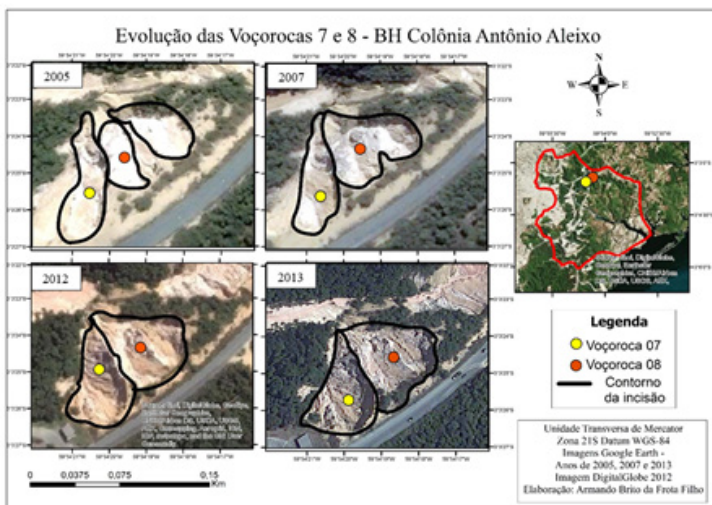


Org.: Armando Brito da Frota Filho, 2019.

A figura 04 exhibe a evolução das incisões 07 e 08, onde as respectivas voçorocas apresentaram aumento na largura, na mesma proporção que a cabeceira se aproximou da pista. No que concerne à forma, é possível notar que a mesma apresentava um formato mais linear à medida que atingiu um formato mais retangular, ou seja, ao chegar ao estágio evolutivo final. Como esta incisão está próxima ao topo da vertente, diminui-se a área de contribuição significativamente, o que colabora na redução do seu desenvolvimento.

A incisão cresce em direção à pista, apresentando-se como um risco, pois de acordo com o monitoramento realizado em dezembro de 2015, a borda da voçoroca está a 6,7 metros de distância da pista.

Figura 04: Mapa da evolução das voçorocas 07 e 08 com imagens dos anos de 2005, 2007, 2012 e 2013.



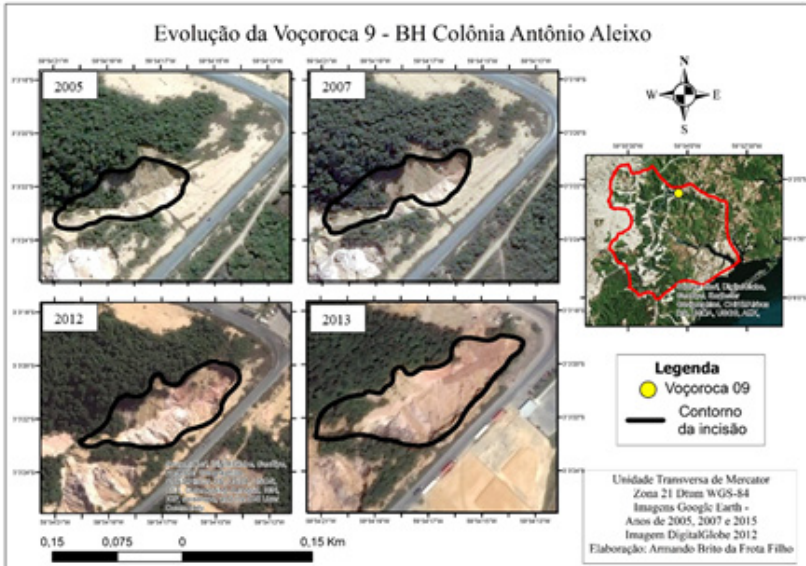
Fonte: Google Earth e DigitalGlobe. Org. Armando Brito da Frota Filho, 2019.

A incisão 08, é possível observar que no ano de 2005 consistia de duas incisões que cresciam próximas. Porém, à medida que se desenvolveram, a parede que as dividia foi erodida, transformando as incisões retangulares em uma incisão bifurcada.

O fato de terem se tornado uma única incisão com duas cabeceiras fez com que ela se desenvolvesse mais rapidamente, pois na primeira imagem as incisões eram do tipo conectadas e distantes da pista, em 2015 a incisão apresenta-se como integrada e estando a 7 metros da via principal.

Na figura 05 apresenta a evolução da incisão 09. Esta é a voçoroca que mais se desenvolveu, apresentando, portanto, as maiores dimensões, principalmente em termos de comprimento e profundidade.

Figura 05: Mapa da evolução da voçoroca 09 com imagens dos anos de 2005, 2007, 2012 e 2013.



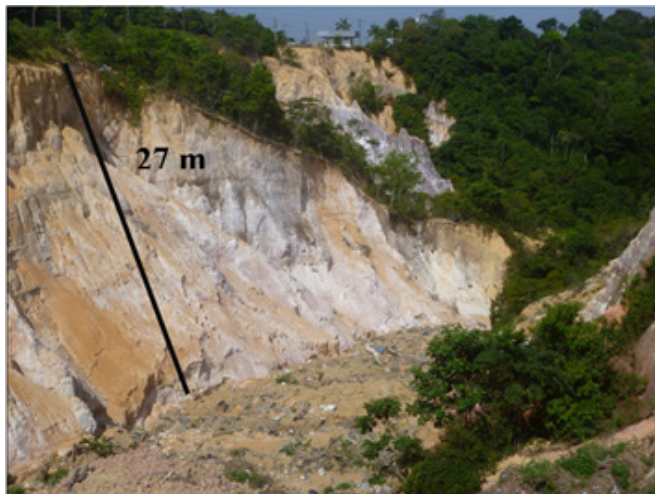
Fonte: Google Earth e DigitalGlobe. Org.: Armando Brito da Frota Filho, 2019.

A partir da terceira imagem, referente ao ano de 2012, nota-se que a incisão começa um processo de alargamento de suas bordas e fica mais próxima à pista. O crescimento da incisão é expressivo, tendo em vista que a incisão inicialmente era do tipo conectada, atualmente é do tipo integrada, o que significa seu desenvolvimento por quase toda extensão da vertente.

No monitoramento realizado em dezembro de 2015 a borda lateral da voçoroca estava a 7 metros da pista. A incisão apresenta uma forma retangular e sua cabeceira está localizada paralelamente à via pública e não apresenta risco expressivo, além disso, a área de contribuição da incisão foi reduzida pelo seu crescimento.

A voçoroca também sofre intervenções humanas na sua cabeceira que foi ocupada pela iniciativa privada, que culminou na tentativa de contenção por meio da deposição tecnogênica *gárbica* e *espódica* (FIGURA 06). No primeiro monitoramento a profundidade encontrada foi de aproximadamente 30m, enquanto no segundo monitoramento foi obtida valor aproximado de 27m, devido a deposição que ocorre no interior da incisão.

Figura 06: Deposição tecnogênica Gárbica no interior da incisão 09.



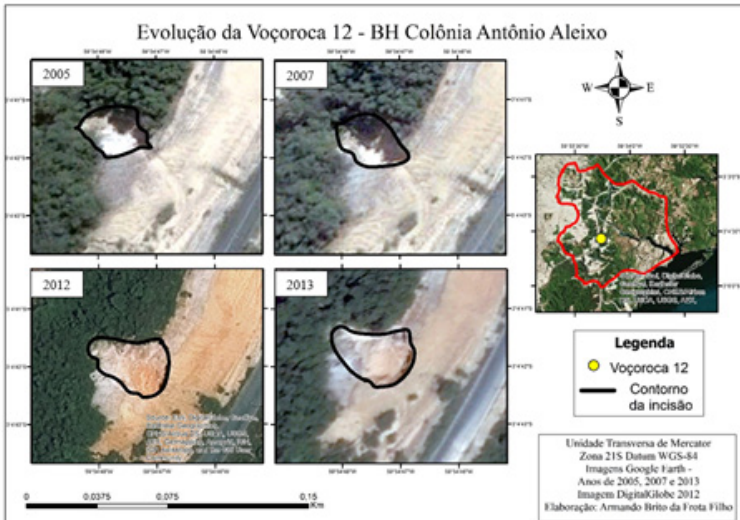
Fonte: Armando Brito da Frota Filho, 2015.

As incisões 07, 08 e 09 são voçorocas de grande porte, tem seu impacto aumentado pela sua proximidade, pois todo o material carreado das incisões chega à rede de drenagem, ocorre assoreamento em canais mais próximos e há mudança no formato de outras.

A figura 07 mostra o processo evolutivo da incisão 12 em que é possível notar que da primeira imagem (2005) para a segunda (2007) a voçoroca apresenta crescimento do seu comprimento, enquanto que nas imagens seguintes o crescimento mais expressivo ocorre no aumento de suas bordas laterais.

A voçoroca 12 apresenta forma retangular e é do tipo conectada contudo, devido às características fisiográficas, a voçoroca apresenta possibilidades de crescimento que pode levá-la a alcançar o tipo integrada.

Figura 07: Mapa da evolução da voçoroca 12 com imagens dos anos de 2005, 2007, 2012 e 2013. Fonte: Google Earth e DigitalGlobe.



Org.: Armando Brito da Frota Filho, 2016.

Os aspectos da área do entorno da incisão, como a falta de cobertura vegetal e o solo encrostado (FIGURA 08) facilitam o desenvolvimento da feição erosiva. Além disso, a voçoroca apresenta grande área de contribuição favorecendo seu crescimento.

Percebeu-se no monitoramento realizado em dezembro de 2015, que a incisão se desenvolveu em direção à via pública, onde sua cabeceira aparece a 32,9m da pista.

Figura 08: Solo encrosta na borda da incisão 12. Linha preta indica a borda da voçoroca. Seta indica a caneta como escala.



Fonte: Armando Brito da Frota Filho, 2015

Considerações Finais

O presente trabalho teve como finalidade expor algumas técnicas e abordagens sobre o monitoramento de feições erosivas, tendo como exemplo a bacia Colônia Antônio Aleixo, assim, não pretendeu esgotar ou falar de todas as metodologias existentes, visto que não foram utilizadas algumas das mais conhecidas nacionalmente, como o s pinos de erosão ou monitoramento por poligonais.

O intuito foi de fato mostrar que o monitoramento não necessariamente deve ser quantitativo, ou seja, a mensuração de dados métricos como largura, comprimento, profundidade, área e volume erodido. O caráter qualitativo também é importante para aferir a situação atual (diagnostico) e seu prognostico, como a mesma tenderá a atuar no futuro, através dos conhecimentos de Tipo, Forma e das feições de retrabalhamento.

Outro ponto a ser salientando, vem sobre o uso de novas tecnologias como as imagens do Google Earth Pro que podem indicar data do desenvolvimento da incisão, e com as imagens georreferenciadas é possível indicar as áreas, ainda que aproximadas, das voçorocas e inferir uma taxa de crescimento.

Agradecimentos

Ao CAPES, pela concessão de bolsa ao 1º autor.

Referências

AB'SABER, A.N. A cidade de Manaus (primeiros estudos). In: **Boletim Paulista de Geografia**, vol. 15. São Paulo, 1953. p.18-45.

AGUIAR, F.E.O. **As alterações climáticas em Manaus no século XX**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: IG/UFRJ: Instituto de Geociências, 1995. 182 p.

BERTONI, J. LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7a. Ed. São Paulo: Editora Ícone, 2010. 355 p.

BOARDMAN, John. The value of Google Earth™ for erosion mapping. In: **Catena**, v. 143, 2016. p.123-127

DIRANE, A.C.M. **Mapeamento das áreas de risco a voçorocamentos e caracterização geoambiental da rodovia AM-010, Manaus/Itacoatiara - AM**. Dissertação de Mestrado. Manaus: PPGGEO/UFAM, 2015. 105p

FROTA FILHO, A. B.; VIEIRA, A. F. G. ; ANDRADE, J. M. B. ; ABREU, N.R.P. . **Análise geral do risco a movimentos de massa e voçorocamentos nas microbacias Colônia Antônio Aleixo e Boa Vista (Manaus - AM)**. In: 9º SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2012, Rio de Janeiro. GEOMORFOLOGIA E EVENTOS CATASTRÓFICOS: passado, presente e futuro, 2012.

FROTA FILHO, A.B. **Análise da vulnerabilidade erosiva da Bacia Hidrográfica Colônia Antônio Aleixo, Manaus-AM**. Dissertação de Mestrado. Manaus: PPGGEO/UFAM, 2016. 189p.

GUERRA, A.J.T. Experimentos e Monitoramento em Erosão dos Solos. In: **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, v.16, 2005. p.32-37

GUERRA, A.J.T. Processos erosivos nas encostas. In: **CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. (Orgs.). Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p.139-155

GUERRA, A.J.T. Degradação dos Solos: Conceitos e Temas. In: **GUERRA, A.J.T.; JORGE, M.C.O. (Orgs.). Degradação dos Solos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p.15-50

GUERRA, A., J.T. GUERRA, A., T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 8 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 652p.

OLIVEIRA, M.A.T. de. Erosion Disconformities and Gully Morphology: A Threedimensional Approach. **In: Catena: an interdisciplinary journal of Soil Science Hydrology – Geomorphology**, v.16. 1989. p.413- 423

ROSS, J.L.S.; FIERZ, M.S.M.; VIEIRA, B.C. Técnicas de Geomorfologia. **In: VENTURI, L.A.B. (Org.). Geografia-Praticas de Campo, Laboratório e Sala de Aula**. São Paulo: Editora Sarandi, 2011. p.29-54.

SELBY, M. J. **Hillslope Materials & Processes**. New York: Oxford University Press, 1990. 451p.

SILVA, A. M.; SILVA, M. L. N. ; CURI, N. ; AVANZI, J. C. ; FERREIRA, M. M. Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, Sul de Minas Gerais. **In: Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, 2009. p.1811- 1820

SILVA, C. L.; **Análise da tectônica cenozoica da região de Manaus e adjacências**. Tese de Doutorado. Rio Claro – SP.: UNESP, 2005. 309p.

VIEIRA, A.F.S.G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais**. Tese de doutorado. Florianópolis: DPGG/UFSC, 2008. 310p.

Mapeamento e caracterização de voçorocas na Rodovia BR-174 (Manaus - Presidente Figueiredo/AM)¹

*Daniela Paiva Carvalho
Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira*

Introdução

Os estudos ambientais são de fundamental importância para o entendimento dos espaços naturais e das alterações desencadeadas pela ocupação humana, que possibilitaram ao longo do tempo a geração de desequilíbrios com um aumento na fragilidade dos ecossistemas.

Em muitos casos o homem surge como agente principal indutor dos eventos erosivos. As estradas são um dos tipos de intervenção de maior impacto no meio ambiente (SILVA e GUERRA, 2015). Estas causam grandes modificações nos ambientes naturais e associadas a elas existem problemas ligados tanto às questões ambientais quanto às questões socioeconômicas (GUERRA, 1999).

A erosão é responsável por grande parte dos problemas que ocorrem ao longo das rodovias, principalmente, quando se formam ravinas ou voçorocas (IPT, 1991). Nas estradas da Amazônia é comum observar o surgimento de incisões erosivas diretamente relacionadas a sistemas de drenagem pluvial, os quais resultam principalmente de falhas na concepção inicial do projeto ou na instalação destes (VIEIRA e ALBUQUERQUE, 2004; VIEIRA e MOLINARI, 2005).

Um exemplo é a rodovia BR-174, onde a transformação da geomorfologia local expôs a fragilidade dessa paisagem, tornando-a área de estudo de importantes pesquisas já realizadas nesta. Como a realizada em 2013, quando foram cadastradas 21 incisões do tipo voçorocas no trecho até Presidente Figueiredo (CARVALHO, 2013). Tendo como área de estudo a referida rodovia, compreendendo o trecho entre Manaus e a cidade de Presidente Figueiredo, o presente trabalho teve como objetivo principal, o mapeamento das voçorocas ativas e suas respectivas morfometrias.

Referencial Teórico

Vale destacar que as voçorocas constituem-se como agentes importantes na transformação da paisagem, com forte contribuição

¹ Parte da dissertação de mestrado do 1º. autor.

para a degradação ambiental. Assim, esta expressa conotação negativa, relacionada à modificação no ambiente.

Na construção de obras civis (estradas, rodovias) há a necessidade de planejamento, não somente no projeto inicial, sobretudo, na execução. Fendrich et al. (1984) relacionam que através da abertura de estradas, sem o devido cuidado na execução das necessárias obras de drenagem para coletar, transportar e restituir as águas captadas e acumuladas, e, sobretudo, a ampliação das áreas construídas e pavimentadas aumentam o volume e velocidade das águas pluviais, não dissipadas, acelerando assim o surgimento de processos erosivos.

Bigarella et al. (2007) destacam que o sistema de proteção contra a erosão nas estradas consiste em um sistema de canais e estruturas, que possuam capacidade suficiente para remover as águas pluviais, que caem sobre a pista e obras complementares da rodovia. Para este sistema os autores salientam que é recomendado tipos de canais interceptadores, canais de plataforma, canais de pé-de-talude, banquetas, caixas de queda e dissipadores de energia para evitar que a velocidade da água cause a erosão.

O sistema de drenagem deve obedecer às regras usuais de materiais filtrantes, de modo a não haver carregamento de finos do interior da massa de solo. A não obediência à observância dessa regra é fator de muitos insucessos (BRASIL, 2006).

Caso o funcionamento do sistema de drenagem não seja eficiente causará danos à rodovia, que são: rompimento de aterros, entupimento de bueiros, queda de pontes, diminuição da estrutura de pavimento, variação de volumes de solos mais expansivos, destruição do pavimento pela pressão hidráulica e escorregamento e erosão de taludes, ocasionando no surgimento de processos erosivos (CANHOLI, 2005) e suas feições resultantes, como as voçorocas.

Vale destacar, que o surgimento de feições erosivas, e consequentemente, de voçorocas são dependentes das taxas de variação de erosão, as quais estão ligadas à ação de fatores controladores, como: processos hidrológicos, propriedades físicas dos solos, a erosividade, as características da encosta, a cobertura vegetal (GUERRA, 1994) e a intervenção antrópica (VIEIRA, 2008).

Os processos existentes nas voçorocas, principalmente na cabeceira, variam desde escoamento superficial, escoamento subsuperficial (*subsurface flow or throughflow*) (por meio de poros ou túneis), erosão em cascata, queda em blocos, movimentos de massa diversos, erosão por salpicamento, erosão por percolação e erosão em dutos, entre outros (OLIVEIRA, 1999).

Do ponto de vista da influência antrópica, o desmatamento e terraplenagem criam as condições ideais nessas superfícies dissecadas

para a deflagração de processos de voçorocamentos, que aliados a sistemas de drenagem pluviais ineficientes tornam mais rápido o surgimento dessas incisões.

Estas incisões podem ser classificadas quanto ao tipo, tamanho e forma, conforme descritos por Oliveira (1989), Vieira e Albuquerque (2004) e Vieira (2008), respectivamente.

Na classificação pelo tipo, Oliveira (1989) descreve 3 modelos, sendo: 1) As do tipo conectadas, as quais poderiam estar associadas ao escoamento hipodérmico e/ou subterrâneo nas partes mais baixas da encosta, podendo ser canais de primeira ordem; as do tipo desconectadas, que encontram-se na parte superior da encosta e poderiam estar ligadas ao escoamento superficial e não poderia ainda ser consideradas um canal de primeira ordem, pelo fato de não estarem ligadas à rede de drenagem; as do tipo integradas que é a junção das conectadas com as desconectadas, formando uma única incisão, ou ainda, como sendo uma voçoroca que se estende da porção superior da encosta até a porção inferior (VIEIRA, 2008).

Além disso, as voçorocas podem ser classificadas quanto à forma, em: **linear**, ligada à existência de uma zona principal de convergência de drenagem; a **bifurcada** apresenta duas zonas de contribuição de fluxos superficiais concentrados; a **ramificada** se caracteriza pela ocorrência de vários canais de drenagem superficiais; a **irregular** pode está ligada a existência de um ou mais fluxos superficiais concentrados, caracterizando-se transitório entre as outras formas existentes; a **retangular** pode ser na maioria dos casos a forma final da expansão de uma das outras formas descritas (VIEIRA, 2008).

As voçorocas também foram classificadas quanto ao tamanho (volume erodido - m³). A adoção desta classificação por tamanho ajuda a visualizar a magnitude da feição, uma vez que o volume erodido geralmente provoca assoreamento de cursos d'água e também serve como subsídio para projetos de contenção (VIEIRA e ALBUQUERQUE, 2004) (Quadro 01).

Quadro 01: Classificação das voçorocas por tamanho (m³).

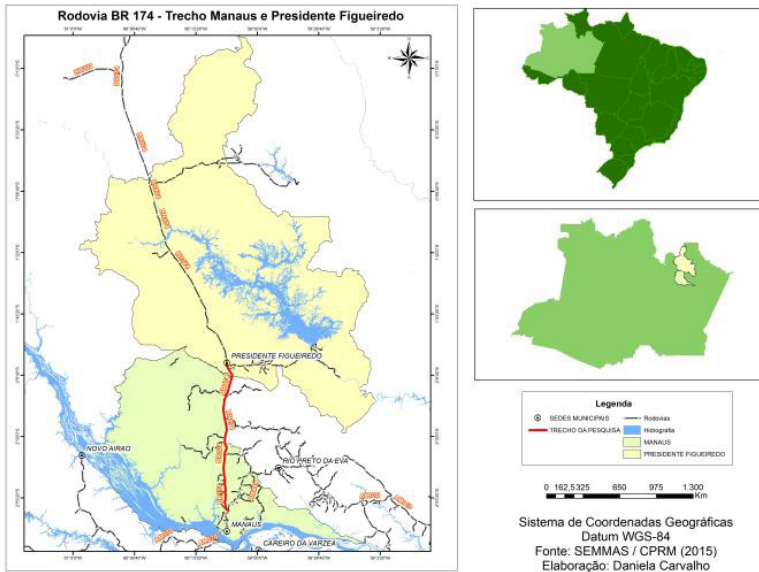
Ord.	Volume erodido	Tamanho
01	Até 999 m ³	Muito pequena
02	De 1.000 m ³ até 9.999 m ³	Pequena
03	Entre 10.000 e 19.999 m ³	Média
04	Entre 20.000 e 40.000 m ³	Grande
05	Mais de 40.000 m ³	Muito grande

Fonte: Vieira e Albuquerque (2004).

Área de estudo

A área de estudo compreende a Rodovia Federal BR-174, o trecho entre Manaus e a cidade de Presidente Figueiredo, totalizando 107 km (Figura 01). Esta rodovia foi concluída em 1977, ligando o município de Manaus (AM) a Caracarái (RR). Hoje, liga Manaus até a fronteira com a Venezuela, perfazendo o total de 974 km. Embora tenha sido construída na década de 70, Rodrigues (2011a) ressalta que a pavimentação somente foi finalizada em 1997.

Figura 01: Mapa de localização da área de estudo: A Rodovia e seu trecho.



Org.: Daniela Carvalho, 2015. Fonte: SEMMAS e CPRM (2015).

De acordo com Nogueira e Sarges (2001), a geologia ao longo da rodovia é constituída pelo domínio litoestratigráfico pertencente ao Fanerozóico (Formação Alter do Chão), na Bacia Sedimentar Incratônica do Amazonas. Na área de estudo, ao norte da cidade de Presidente Figueiredo, encontra-se a Formação Nhamundá, a qual é sobreposta bruscamente pelos folhelhos marinhos da Formação Pitinga, enquanto que depósitos fluviais da Formação Alter do Chão recobrem em faixa contínua W-E ao sul desta cidade.

Em classificação proposta pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010), o território amazense foi compartimentado em nove

domínios geomorfológicos. Dentre os quais Manaus e Presidente Figueiredo estão inseridas no domínio morfoestrutural dos Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental (denominados Planalto Dissecado dos Rios Negro e Uatumã). Os relevos que compõem essa unidade possuem altimetria em torno de 150 m e são do tipo interflúvio tabulares. Os topos possuem extensões variáveis, entre 250 e 1750 m.

Nessas áreas, os platôs são ligeiramente elevados, dissecados e protegidos por crostas lateríticas, truncados por rebordos erosivos com desníveis que variam entre 20 e 50 m. Na região que abrange a rodovia e parte ao sul do município de Presidente Figueiredo encontram-se diversas unidades geomorfológicas, dentre estes o Platô Arenítico, o qual ocorre sobre os arenitos da Formação Trombetas, tendo sido caracterizados por Muller e Carvalho (2005) como relevo tabular, intercalado por depressões amplas que correspondem a calhas dos igarapés e por apresentar drenagem dendrítica aberta.

Quanto ao clima da área de estudo, este é caracterizado por ser chuvoso, quente e úmido, com maior incidência de chuvas no período de dezembro a maio. O Município de Presidente Figueiredo apresenta temperatura média de 28°, com precipitação média anual de 2.000 mm e a umidade relativa do ar fica em torno de 80% (INMET, 2016).

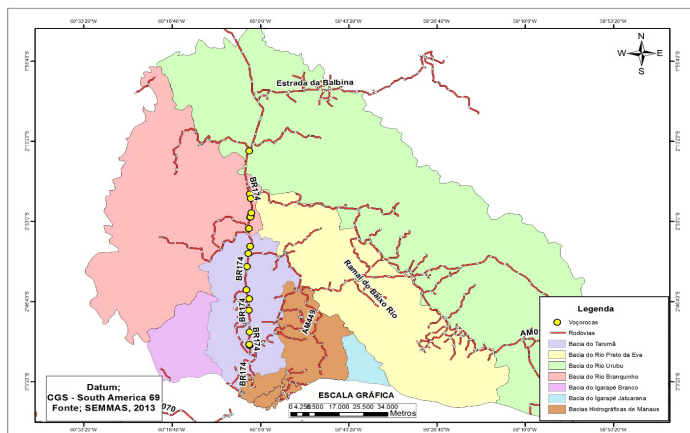
Os solos em destaque na região da rodovia, compreendendo Presidente Figueiredo e Manaus, são os Argissolos, Latossolos, Espodossolos, Gleissolos e Neossolos Quartzarênicos.

Sobre essas classes de solo, verifica-se a o contato da Floresta Densa com a vegetação Campinarana. Reunindo espécies vegetais de formação arbórea, arbustiva e gramíneo-lenhosa, que se desenvolvem em solos de textura arenosa (Espodossolos), pobres em nutrientes e com drenagem deficiente.

A vegetação do Município de Presidente Figueiredo é constituída por vários fitoecossistemas classificados por IBGE (1991) e EMBRAPA (2010), como: Campinarana, Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta.

A rede hidrográfica do município de Presidente Figueiredo apresenta afluentes diretos do rio Amazonas como os rios Urubu, Uatumã, Tarumã-Açu, Preto, além de outros de pequeno porte como o rio Branquinho. Ocorrendo ao longo da BR-174, 08 bacias hidrográficas (Figura 02), das quais em 03 foram localizadas as voçorocas deste trabalho (CARVALHO e MOLINARI, 2014).

Figura 02: Mapa das Bacias Hidrográficas



Org.: Carvalho (2013). Base: SEMMAS, 2013.

Método e Procedimentos Metodológicos

A metodologia empregada neste trabalho seguiu o método sistêmico e organizada em três etapas: 1) Levantamento de dados cartográficos e revisão da literatura; 2) Caracterização Geomorfológica, Hidrográfica e Pedológica através da interpretação dos seguintes produtos: a) (Imagens digitais SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), b) Imagens – Projeto RADAMBRASIL, Arquivos em *shapefiles* disponíveis na Base Cartográfica do IBGE, da folha SA. 20 (Manaus) em escala 1:250.000, c) Imagens TM/LANDSAT-7, Dados SRTM (Modelo Digital de Elevação) da Missão Topográfica por Radar Interferométrico ou *Shuttle Radar Topography Mission*, disponibilizados pelo *United States Geological Survey (USGS)*, através do recurso interativo de Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil-TOPODATA/INPE (OLIVEIRA et al., 2016), imagens de resolução 90 m, formato TIFF (*Tagged Image File Format*) georeferenciado de acordo com o sistema mundial WGS-84 (*World Geodetic Systems*); e 3) Levantamento em campo e interpretação dos resultados.

Seguindo o objetivo principal, foram realizadas as seguintes ações:

Caracterização da morfometria das voçorocas

O mapeamento das voçorocas (Figura 03) foi realizado ao longo da rodovia federal BR 174 com auxílio de fichas cadastrais, as quais continham questões pertinentes à forma, tipo, tamanho, caracterização da área da incisão, dentre outras informações. Em campo, foi

possível levantar dados a respeito do histórico da ocorrência da incisão, danos materiais e danos ambientais.

Figura 03: Monitoramento morfométrico de voçoroca, Km 56,4, BR-174.



Fonte: Antonio F.S.G.Vieira (2016).

Quanto às dimensões das voçorocas o resultado dos valores foi obtido através da medição da incisão com auxílio de trena. Com isso calculou-se:

Área aproximada: $A = C.L$.

Onde:

A = área em m^2 ;

C = comprimento e

L = largura média

Volume erodido: $Vme = A. P$.

Onde:

Vme = Volume médio (m^3);

A = área em m^2 e

P = profundidade

Previsão de risco erosivo dos pontos com voçorocamento

A escala empregada para risco (Quadro 02) foi baseada na distância da voçoroca para a pista combinada com a velocidade de expansão da incisão (TAVARES et al., 2010).

Quadro 02: Escala de risco erosivo

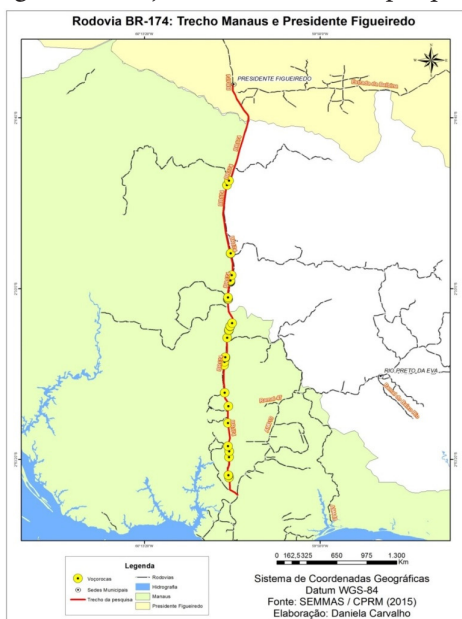
Nível	Intervalo (m)	Descrição	Meses
01	0 – 3	Risco imediato	0 - 6
02	3 – 6	Risco a curto prazo	6 - 15
03	6 – 15	Risco a médio prazo	15 - 36
04	>15	Risco a longo prazo	> 36

Fonte: (TAVARES et al., 2010).

Resultados e discussões

Foram localizadas 21 voçorocas ativas (Figura 04), que surgem a partir do Km 5,3 até o Km 56,4 no limite do município de Manaus.

Figura 04: Voçorocas no trecho da pesquisa



Org.: Daniela Carvalho, 2016.

Morfometria das voçorocas

Em 23/03/2016, foram mapeadas 32 voçorocas, sendo 17 incisões contidas e 15 ativas. Porém, indícios mostravam que a reativação de algumas incisões poderia ocorrer. Em 16/08/2016, 21 incisões já estavam ativas (Tabela 01) e 13 haviam recebido contenção.

Em trabalhos anteriores nesta mesma rodovia, foram localizadas 31 voçorocas em 2004 (VIEIRA e ALBUQUERQUE, 2004), 29 em 2010 (TAVARES e VIEIRA, 2010) e 23 em 2013 (LIMA, 2013).

Tabela 01: Características das voçorocas monitoradas.

Voc.	Km	Tp*	Frm*	Orient.	Dist. Pista (m)	Comp. (m)	Larg. (m)	Prof. (m)	Área (m ²)	Vol. Erod. (m ³)
01	5,3	II	Lin.	NE/SO	6,90	159,0	13,00	10,00	2067,00	20.670,00
02	5,9	II	Irr.	NE/SO	4,60	43,80	18,50	13,50	810,30	10.939,00
03	5,9	II	Irr.	NE/SO	4,60	36,00	21,90	12,90	788,40	10.170,00
04	12,1	II	Ret.	NE/SO	2,30	11,00	13,00	2,50	143,00	357,00
05	24,1	I	Ram.	SE/NO	4,90	75,60	26,00	4,80	1965,60	9.434,00
06	27,5	I	Ram.	NO/SE	15,60	29,30	24,70	6,15	723,70	4.450,00
07	34,8	I	Ram.	NO/SE	5,80	26,90	22,00	3,80	591,80	2.248,00
08	36,0	I	Ram.	NO/SE	19,50	5,80	13,80	8,90	80,00	712,00
09	37,0	II	Ret.	NO/SE	2,70	38,00	16,70	3,30	634,60	2.094,00
10	37,0	II	Ret.	N/S	3,70	67,00	18,10	8,70	1212,70	10.550,00
11	42,0	I	Bif.	NE/SO	9,10	28,10	51,00	2,00	1433,10	2.866,00
12	43,0	III	Ret.	NE/SO	13,20	18,00	6,75	4,10	121,50	498,00
13	43,5	III	Lin.	NE/SO	1,95	136,80	13,20	3,70	1805,70	6.681,00
14	44,0	I	Ram.	NE/SO	2,50	52,00	92,00	6,50	4.874,00	31.096,00
15	45,0	I	Lin.	NE/SO	4,75	86,30	73,70	4,80	6.360,30	30.529,00
16	51,6	I	Irr.	N/S	18,30	59,40	4,90	7,60	291,00	2.212,00
17	51,6	I	Ram.	N/S	76,00	12,00	8,00	6,10	96,00	585,00
18	52,0	II	Ram.	NO/SE	15,80	69,00	32,50	6,30	2.242,50	14.127,00
19	56,1	II	Ret.	NE/SO	19,50	33,40		4,00	4.008,00	16.030,00
20	56,1	II	Ram.	NE/SO		136,70	22,30	11,32	3.048,40	34.508,00
21	56,6	III	Irr.	NE/SO	6,63	128,50	28,50	8,50	3.662,20	31.129,00

(*Tp.=tipo: I=conectada; II=desconectada e III=integrada); Orient.=Orientação; Frm=forma (lin=linear; Irr.=irregular; ret.=retangular; ram.=ramificada; bif.=bifurcada).

Org.: Daniela Carvalho, 2016.

Localizada no km 5,3 a voçoroca 01 apresentou o maior comprimento (159 m), todavia com largura de 13m não é relativamente a maior em termos de área (2.067 m²) se comparada a maior incisão por área, a voçoroca 15 do km 45, a qual ocupava uma área de 6.360,31 m².

Das 21 voçorocas, 5 apresentaram volume erodido até 999 m³, classificadas como muito pequenas; 11 incisões com volume erodido entre 1.000 m³ e 9.999 m³, classificadas como pequenas; 3 de tamanho médio, entre 10.000 m³ e 19.999 m³ e 2 de tamanho grande, entre 20.000m³ e 40.000m³.

Desse grupo, 10 incisões foram caracterizadas como pertencentes ao tipo I – Conectadas; 9 do tipo II – Desconectadas; e 2 incisões do tipo III – Integradas. As voçorocas do tipo conectadas estão relacionadas à rede de drenagem, sendo consideradas canais de primeira ordem; as do tipo desconectadas, não possui conexão com canal de drenagem, sendo ligadas ao escoamento superficial e as do tipo integradas é a integração dos dois primeiros tipos, sendo o estágio mais avançado da voçoroca, resultando em uma incisão (VIEIRA, 2008).

Previsão de risco erosivo dos pontos com voçorocamento

Foram realizados dois monitoramentos em intervalo de 4 meses e 20 dias. Ao todo 8 voçorocas apresentaram risco à médio prazo e 13 voçorocas com risco a longo prazo, sendo que as voçorocas 4 e 13 foram as que mais se aproximavam da rodovia (Quadro 03), distantes respectivamente 1,9 m e 1,8 m. As incisões 20 e 17 apresentaram as maiores taxas de crescimento ao mês, sendo 0,98 m para a primeira e 0,78 m para a segunda.

A taxa de expansão das incisões foi calculada com base na diferença dos dois monitoramentos, onde se obteve a velocidade de crescimento por mês. Logo, dividiu-se os dados do último monitoramento relativo a distância da pista pela taxa de crescimento ao mês resultando na estimativa de meses necessários para atingir a pista.

Quadro 03: Distâncias para pista de cada incisão.

Voç.	1º Cad.	2º Cad.	Cresc. no período (m)	Taxa de cresc. ao mês (m)	Tempo (meses) p/incisão alcançar pista	Risco
1	6,9	6,9	0	0	Estagnada	Risco a longo prazo
2	4,6	4,6	0	0	Estagnada	Risco a longo prazo
3	4,6	4,6	0	0	Estagnada	Risco a longo prazo
4	2,3	1,9	0,4	0,08	24,23	Risco a médio prazo
5	4,9	4,2	0,7	0,14	30,60	Risco a médio prazo
6	15,6	12,6	2,9	0,58	21,69	Risco a médio prazo
7	5,8	5,6	0,2	0,04	142,80	Risco a longo prazo
8	19,5	17,0	2,5	0,49	34,68	Risco a médio prazo
9	2,7	2,7	0	0,00	Estagnada	Risco a longo prazo
10	3,7	2,9	0,8	0,16	18,49	Risco a médio prazo
11	9,1	6,9	2,2	0,43	16,00	Risco a médio prazo
12	13,2	13,0	0,2	0,04	331,50	Risco a longo prazo
13	1,9	1,8	0,15	0,03	61,20	Risco a longo prazo
14	2,5	2,1	0,4	0,08	26,78	Risco a médio prazo
15	4,8	4,8	0	0,00	Estagnada	Risco a longo prazo
16	18,3	17,7	0,7	0,13	138,48	Risco a longo prazo

17	76,0	72,0	4	0,78	91,80	Risco a longo prazo
18	15,8	14,7	1,1	0,22	68,15	Risco a longo prazo
19	19,5	18,5	1	0,20	94,35	Risco a longo prazo
20	330,0	325,0	5	0,98	331,50	Risco a longo prazo
21	6,63	5,8	0,83	0,16	35,64	Risco a médio prazo

Org.: Daniela Carvalho, 2016.

Verificou-se ainda como critério para determinação da evolução do risco erosivo as **feições de retrabalhamento**, podendo ser encontradas não apenas no seu interior como também no entorno da incisão. A presença ou ausência dessas feições secundárias pode indicar se a voçoroca, por exemplo, está em evolução/expansão.

- Risco a médio e longo prazo

A voçoroca **4** localizada no **km 12,1** foi classificada como risco a médio prazo, no último monitoramento com distância 1,9 m para atingir a pista, com taxa de expansão de 0,08 m/mês, o significa que para alcançar a pista, demoraria cerca de 24 meses, logo, classificada com o risco à médio prazo. Verificou-se a presença de fluxo contínuo na cabeceira (Figura 05).

Figura 05: Voçoroca 4, km 12,1, BR174.



Fonte: Antonio Fabio S.G. Vieira, 2016.

Em monitoramento realizado por Lima (2013) constatou-se que a voçoroca **9** do **km 37 (A)** foi classificada como risco a longo pra-

zo, com distância de 2,70m para atingir a pista. Nesta pesquisa, a mesma incisão manteve-se no mesmo nível de risco, pois não se expandiu, mantendo-se estagnada (Figura 06).

Figura 06: Voçoroca 9, km 37 (A), BR-174.



Fonte: Daniela Carvalho, 2016.

No **km 37(B)**, a voçoroca **10** foi classificada como risco a médio prazo, uma vez que a taxa de crescimento desta era de 0,16 m/mês, o que levaria mais de 18 meses para atingir a pista (Figura 07).

Figura 07: Voçoroca 10, km 37(B).



Fonte: Daniela Carvalho (2016)

A voçoroca **13** localizada no **km 43,5**, próximo ao posto da PRF (Polícia Rodoviária Federal) foi classificada como risco a longo prazo com velocidade de crescimento ao mês de 0,03m (Figura 08).

Figura 08: Voçoroca 13, km 43,5, BR174.



Fonte: Daniela Carvalho, 2016.

No **km 44**, a voçoroca **14** apresentou uma distância de 2,80 m em direção à pista e no último monitoramento a distância era de apenas 2,1 m e por esse motivo, a mesma foi classificada com risco a médio prazo. Verificou-se que nesta incisão há exposição de material caulínítico da Formação Alter do Chão, próximo às margens do Igarapé Cabeça Branca, cujo material é mais fácil de ser erodido e isso influencia no entalhe da incisão. O depósito de caulim está estabelecido no horizonte basal de perfis lateríticos evoluídos (laterito maturo) truncados, ou seja, nas zonas pálidas e em partes mosqueadas dos horizontes saprolíticos (Figuras 09 A e B).

Figuras 09: A e B) Voçoroca km 43,5.



Fonte: Daniela Carvalho, 2016.

Considerações Finais

Diante dos estudos realizados, destaca-se a importância da Rodovia BR-174 como um corredor viário importante para região, por interligar os estados do Amazonas e Roraima, e estes à Venezuela. Entretanto, as obras de reestruturação da rodovia, atrelada a expansão a novos fluxos de veículos potencializaram ainda mais os impactos, ocasionando problemas na drenagem pluvial em consequência da ineficácia na projeção dessas estruturas. A intensificação dos processos erosivos e a desconfiguração da paisagem local constituem alguns dos impactos visualizados ao longo do trecho.

Comparando os objetivos realizados de monitoramento das incisões no primeiro cadastro e no segundo pode-se analisar a grande importância do dinamismo que existe no desenvolvimento das voçorocas. A maior parte das incisões foi classificada como pequenas (volume erodido entre 1.000 m^3 e 9.999 m^3). Quanto ao tempo de expansão para atingir a rodovia, a maioria apresentou risco a longo prazo, pois estas levarão um prazo superior a 18 meses para atingi-la.

Assim, as degradações ambientais identificadas em campo foram os de: assoreamento na maioria dos canais (mais da metade das voçorocas são ligadas a algum vale, logo grande parte é obstruído), risco para a pista com o crescimento considerável de algumas incisões, desmatamento de significativa parcela da vegetação, solo muito exposto podendo provocar desmoronamentos que podem atingir essa importante via de acesso e provocar sua interrupção ou dificuldade de acesso.

A ocorrência dessas incisões está ligada ao processo natural de escoamento das águas das chuvas passando por estruturas construídas como as canaletas e tubos. Essas estruturas em sua maioria não apresentam dissipadores de energia que teriam como função diminuir a velocidade do escoamento da água da chuva. Somam-se a isso, as tentativas de contenção ineficientes, confirmadas pelo fato de que as voçorocas, mesmo após contenção acabaram sendo reativadas e voltaram a crescer em direção a pista.

Os processos de erosão possuem a especialidade de velocidade lenta, entretanto, é contínua e progressiva ao longo do tempo. O combate é oneroso e complexo, por isso é mais fácil e barato preveni-la. Como prevenção, as medidas devem ser implantação de captação adequada ao volume pluviométrico local e o manejo de águas pluviais eficazes, de forma que elimine o efeito destruidor da erosão.

Agradecimentos

Ao CAPES pela concessão de bolsa ao 1o autor.

Referências

- BIGARELLA, J.J., BECKER, R. D., SANTOS, G. F. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. 2ª ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2007. 425p.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT). Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Drenagem de Rodovias**. Rio de Janeiro, 2006. 337p.
- CANHOLI, A.P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 384p.
- CARVALHO, D.P. **Caracterização geológica geomorfológica da BR 174 (trecho Manaus-Presidente Figueiredo) - AM**. Relatório Final de Iniciação de Pesquisa (PIBIC). FAPEAM/Universidade Federal do Amazonas, 2013. 47p.
- CARVALHO, D.P.; MOLINARI, D.C. Caracterização das voçorocas na BR 174: Trecho Manaus – Presidente Figueiredo (Amazonas). **Revista Geográfica Acadêmica**, v.8, n.2, 2014. p.5-19.
- MAIA, M.A.M.; MARMOS, J.L. (orgs.). **Geodiversidade do Estado do Amazonas**. Manaus: CPRM, 2010. 282p.
- OLIVEIRA JUNIOR, R.C.de; SANTOS, P.L. dos; SILVA, P.R.O. da. (Orgs.). **Caracterização e classificação dos solos do município de Presidente Figueiredo, Estado do Amazonas**. Belém: EMBRAPA, 2010. 50p.
- FENDRICH, R.; OBLADEN, N.L.; AISSE, M.M.; GARCIAS, C.M.; ZENY, A.S. **Drenagem e controle da erosão urbana**. Editora Universitária Champagnat, 1984. 486p.
- GUERRA, A.J.T. O início do processo erosivo. In.: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Orgs.). **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p.17-55
- GUERRA, A.J.T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J.T. & CUNHA, S.B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p.149-209
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil**. Vol. 3. Rio de Janeiro, 1991.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Boletim Agrometeorológico da região de Manaus**. INMET/Manaus, AM, 2016.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Manual de geotecnia: taludes de rodovias: orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas.** São Paulo, 1991. 388p.

LIMA, L.S. da. **Caracterização dos canais incisos da BR-174: trecho Manaus a Presidente Figueiredo (AM).** Relatório Final de Pesquisa. Manaus: FAPEAM/UFAM, 2013. 64p.

MULLER, A.J.; CARVALHO, A.S. Uso de Produtos CERBS para o Zoneamento Geoambiental de Presidente Figueiredo – Amazonas. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. (**Anais**). Goiânia: INPE, 2005. p.1035-1043

NOGUEIRA A.C.R.; SARGES R.R. *Characterization and genesis of waterfalls of the Presidente Figueiredo region, northeast state of Amazonas, Brazil.* In.: **Anais da Academia Brasileira de Ciências, vol. 73, n. 02.** Rio de Janeiro, 2001. p.287-301

OLIVEIRA, M.A.T.de. Erosion Disconformities and Gully Morphology: A Threedimensional Approach. In: **Catena: An interdisciplinary journal of Soil Science Hydrology – Geomorphology.** Vol. 16. W. Germany: Catena Verlag, 1989. p.413-423

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

OLIVEIRA, W.F.; SÁ, R.A.; LEITE, M.E. Dinâmica do uso e ocupação do solo na área de drenagem do reservatório de abastecimento do sistema Juramento/MG. In.: **Revista Caminhos de Geografia,** vol. v. 17, n. 57, 2016. p.92–106

RODRIGUES, E.P. **Dinâmica da paisagem no entorno da BR-174 (1978 - 2008).** Dissertação de Mestrado. Manaus: PPGCASA/UFAM, 2011. 96p.

SEMMAS - Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Base cartográfica. Manaus, 2013.

SILVA, L.F.T.C; GUERRA, A.J.T. Avaliação da suscetibilidade à erosão ao longo da RJ-165 (Estrada Paraty-Cunha) através da análise das propriedades físico-químicas dos solos). In: **Revista Geonorte, v.6, n.25,** 2015. p.1-23

Geomorfologia e as mudanças ambientais. (**Anais**). Recife - PE: UFPE, 2010. p.1-14

TAVARES, J. S. ; VIEIRA, A.F.G.; BARBOSA, A.J. ; FARIAS, A.S. Análise preliminar da ocorrência de voçorocas na BR 174, Trecho Manaus - Presidente Figueiredo (AM).. In: **VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia - Sensitividade de Paisagens: Geomorfologia e as mudanças ambientais.** (ANAIS). Recife: UFPE, 2010.

VIEIRA, A.F.S.G.; ALBUQUERQUE, A.R.da C. Cadastramento de voçorocas e análise de risco erosivo em estradas: BR-174 (Trecho Manaus – Presidente Figueiredo). In: V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul- Americano de Geomorfologia. (**Anais**). Santa Maria: UGB/UFSM, 2004. p.50-65

VIEIRA, A.F.S.G.; MOLINARI, D. C. Dinâmica Erosiva em estradas: BR-174 e Uruçu (Amazonas). In: II Simpósio de Solos e Erosão do Centro-Oeste. (**Anais**). Goiânia: Departamento de Engenharia Civil/UFG, 2005. p.49-57

VIEIRA, A.F.S.G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais.** Tese de Doutorado. Florianópolis: DPGG, UFSC, 2008. 310p.

:

A influência da produção socioespacial nos processos geomorfológicos: áreas de risco em Manaus (AM)

Deivison Carvalho Molinari

Introdução

Uma das principais preocupações geográficas refere-se à questão ambiental, síntese da dialética relação entre homem e a natureza. Desde meados dos anos 1980, tem-se acentuado o enfoque da Geografia Física como ciência global, voltando-se sobremaneira para esta temática (TAVARES, 1988; RODRIGUES, 1989; MENDONÇA, 1989; ROSS, 1991; GREGORY, 1992; SUERTEGARAY e NUNES, 2001; COLTRINARI, 2005). Assim, diversos estudos têm sido realizados sobre o ambiente e sua dinâmica, incluindo a atuação humana sobre os seus demais elementos constituintes.

Compreender o ambiente a partir do relevo numa ótica transversal e sistêmica dentro da Geografia é vital para que se inter-relacione os componentes da paisagem e, portanto, possibilite analisar como o espaço é produzido e reproduzido socialmente.

O estudo geomorfológico na perspectiva ambiental deve fundamentar-se na inserção do homem como elemento indispensável na transformação e criação do relevo, esta proposta sinaliza para a possibilidade concreta de integração/interação entre o homem e a natureza, tanto discutida dentro da ciência geográfica.

Diante disso, duas indagações norteiam esse ensaio: (1) como e porquê as atividades humanas foram inseridas dentro da análise geomorfológica-geográfica; e, (2) a atividade humana transformando/criando o relevo é analisada na perspectiva do homem como elemento do sistema ambiental ou como fruto da dinâmica social (interesses de classes, intervenção do Estado, entre outros) que altera as formas de relevo de acordo com os interesses dos agentes produtores do espaço (agentes imobiliários, Estado, grupo social excluídos, incorporadores fundiários, etc.)?

A partir destes questionamentos, este ensaio teórico estrutura-se **em 4 partes**: Geografia Física, Geomorfologia e Questões Ambientais; Breve Resgate Histórico da Inserção do Homem nas Formas e Processos Geomorfológicos; Geomorfologia Histórica: Uma Proposta Metodológica; e, Estudos de Processos Erosivo em Manaus e a Possibilidade de análise das Áreas de Risco à erosão sob a perspectiva da Geomorfologia Histórica.

1. Geografia física, geomorfologia e questões ambientais

A década de 1960/70 caracterizou-se por uma nova percepção acerca das relações sociais (movimento contracultura, feminismo), econômica-políticas (nova ordem mundial – bipolar – guerra fria) e ambientais (finitude dos recursos naturais – água, petróleo; alterações climáticas globais – buraco na camada de ozônio, desmatamento de florestas tropicais – exemplo: Amazônia, entre outros). No que tange a questão ambiental, dois aspectos ganham relevo:

(1) a clássica *Gaia* dos gregos fora rediscutida com nova roupagem, isto é, os estudos ambientais pautaram-se na compreensão que todos os elementos da terra (vegetação, clima, relevo, hidrografia, ação humana, etc.) estão integrados. O exemplo emblemático disto é a questão do desmatamento na Amazônia e seus reflexos para o clima mundial (escala global) (FEARNSIDE, 2003) e para o nível de chuvas no sudeste (escala regional) por meio dos “rios voadores” (NOBRE *et al.* 2005; MARENCO e SOUZA Jr, 2018).

A noção de integração dos elementos que compõe a natureza tem como pressuposto fundante a proposta metodológica, que ainda é estrutural em significativa parte dos trabalhos de geografia física: a análise sistêmica. Esta foi elaborada no início do século XX por A. Von Bertalanffy baseada no conceito de sistema fundamentado em duas características básicas: a) interação entre as partes (os elementos do sistema); e, b) fluxo de energia e matéria (CHRISTOFOLLETI, 1970).

Essa noção foi incorporada pelas ciências da natureza na década de 30 por Tansley (1937), ao cunhar o termo ecossistema, conceito chave na ecologia-biologia (DAJOZ, 1978), utilizado para designar a interação entre os meios/fatores bióticos e abióticos.

Na Geografia, em especial na Geomorfologia, a noção sistêmica foi inserida pelos russos Sotchava em 1959, com a noção de Geossistemas, difundida e adaptada posteriormente pelo francês George Bertand em 1968, e nos anos 1970 no Brasil com Carlos Augusto Figueiredo Monteiro (RODRIGUES, 2001).

Além dos geossistemas, a perspectiva sistêmica segundo Ross (1991) se materializou em propostas de Hack (Equilíbrio Dinâmico, 1960), Tricart (Biostasia-Resistasia e Ecodinâmica, 1977), Geoecologia da Paisagem, Fragilidade do relevo (ROSS, 1991), Geo-bio-ecologia (COELHO NETTO, 2008), entre outras.

(2) a inserção do elemento humano na questão ambiental, na forma de ação antrópica (a) ou como fator dentro de um contexto de produção socioespacial interfere/transforma o ambiente (b). A incorporação do papel do ser humano decorre, principalmente a urbanização,

no qual o substrato físico-natural (cobertura vegetal, rede hidrográfica, micro e mesoclima, entre outros) das cidades, as áreas de entorno são fortemente impactadas (RODRIGUES, 1998; MENDONÇA, 2004). Em termos práticos, isto é facilmente observado em qualquer cidade, sobretudo nas médias e grandes, e principalmente nas regiões metropolitanas onde o crescimento urbano proporcionou mudanças, em sua maioria negativa, como redução da vegetação, poluição dos canais urbanos, alterações microclimáticas (a exemplo das ilhas de calor), surgimento de áreas de risco a processos erosivos, movimentos de massa, inundação, entre outros.

No que tange aos estudos geomorfológicos, duas abordagens tem sido adotadas quanto a atividade humana. A primeira refere-se ao homem como ação antrópica, sendo um elemento do sistema, assim como as rochas, os solos, o tipo climático, etc (MENDONÇA, 2004 e 2008; SUERTEGARAY, 2009). Esta postura acaba naturalizando e generalizando o homem, pois tangencia os aspectos fundamentais que nor-teiam suas ações como a política, a economia, a cultura, entre outros.

Nesta visão, a ação do homem sobre o relevo ocorre somente por romper o estado de equilíbrio do sistema. Em outras palavras, o que ocorre é a “ação antrópica”, que ao retirar a vegetação de uma vertente, por exemplo, potencializa a energia cinética das gotas de chuva, ocasionando a erosão por embate (*splash erosion*) (GUERRA, 2007), podendo amplificar as taxas de escoamentos superficiais (hortonianos ou dunnianos), que se concentrados, possuem grande poder de destacar e transportar partículas, ocasionando o surgimento de incisões lineares, como sulcos, ravinas e voçorocas (OLIVEIRA, 2007).

Neste caso, verifica-se que ao alterar um dos elementos do sistema vertente, como a vegetação, modificam-se os fluxos de energia (gota de chuva e escoamento) e de matéria (surgimento de feições erosivas). Assim, o relevo gradativamente transforma-se, tornando-se ecodinamicamente instável, nos termos de Bertrand (1968) ou em Resistasia (TRICART, 1977) pelos processos de denudação. Em outras palavras, de forma prática quando se observa uma voçoroca, por exemplo, sistemicamente, verifica-se a materialização da dissipação da energia acumulada naquela porção da paisagem (OLIVEIRA, 2007).

Por outro lado, a ação humana pode ser vista como fator (MENDONÇA, 2008), de forma que, este mesmo desmatamento, deflagrador de processos geodinâmicos superficiais materializados na forma de feições erosivas do tipo voçoroca, deve ser entendido dentro do contexto de produção socioespacial de determinado local, o que, portanto, torna-se imprescindível incluir na análise, a ação dos agentes produto-

res do espaço (CARLOS, 1994; CORREA, 2002) e os respectivos condicionantes políticos, econômicos e culturais, que no caso do espaço urbano de Manaus, por exemplo, esteve associado ao vertiginoso crescimento ocorrido em meados da década de 1970 tanto espacialmente, via conjuntos habitacionais (COSTA e OLIVEIRA, 2007) e ocupações irregulares (MANAUS, 2005; LIMA, 2014), quanto populacionalmente (RIBEIRO FILHO, 1999; ADEMIAN, 2017; IBGE, 2018; AMAZONAS, 2019), devido à instalação da Zona Franca de Manaus.

Portanto, entender a relação entre processos geomorfológicos e o desmatamento na cidade de Manaus, deve-se levar em conta a compreensão do próprio processo de produção e reprodução do espaço, e que, portanto, é externo às discussões meramente sistêmicas, cujas aplicações acabaram por ser predominantemente naturalistas, ou seja, enfatizaram a inter-relação (mecanismos de retroalimentação – *feedback*) dos aspectos físico-naturais, tais como solo, relevo, clima, vegetação e hidrografia. No entanto, apesar disto, as propostas sistêmicas, em especial, o geossistema, objetivou uma interação equilibrada entre os aspectos físicos e humanos (neste último a dinâmica econômica, social e política), como pode ser encontrada em Monteiro (2001), entretanto, isto pouco foi alcançado.

2. Breve resgate histórico da inserção do homem nas formas e processos geomorfológicos

A percepção e inserção do homem na gênese e na dinâmica dos processos geomorfológicos é bastante recente. De acordo com Gregory (1992) a omissão da análise do papel do homem no relevo esteve associada a 3 fatores: a) não consciência do ressurgimento do interesse pela atividade humana; b) pelo subdimensionamento da magnitude do impacto humano sobre o relevo; e; c) pelo predomínio dos estudos de acasos (*hazard*) ambientais.

(a) O primeiro estudo de destaque sobre a participação do homem na natureza, e conseqüentemente no relevo, foi de George Marsh, com o livro intitulado *Homem e a Natureza* (1864) (GREGORY, 1992 e GLACKEN, 1974). Neste livro, destacou-se os impactos da atividade acumuladas das gerações humanas sobre a natureza/relevo, em decorrência disto, foram fornecidas as bases para o movimento conservacionista.

Posteriormente, Sherlock (1924) *apud* Gregory (1992) destacou os contrastes entre a denudação natural e a humana, concluindo que, a teoria do uniformitarismo, de Lyell, Playfer, Hutton do século XIX era ultrapassada, uma vez que o presente é tão modificado pela

ação humana, e que, portanto, não pode ser considerado como chave do passado, visto que a amplitude e a intensidade da modificação humana são significativas. Isto demonstra que o homem tem modificado a face da Terra e os processos genéticos estão sendo modificados, daí a necessidade do estudo da Antropogeomorfologia, para averiguar a atividade morfogenética do homem, e da noção de Noosfera.

(b) Os estudos de cronologia da mudança espacial demonstraram como a atividade humana influenciava os processos fluviais de mudança nas margens (erosão e deposição), de produção sedimentar diferente em áreas urbanas e não-urbanas, a influência da vegetação nas margens ao longo da cronologia aluvial (GREGORY, 1992).

Em termos globais, Demek (1973) *apud* Gregory (1992) conclui que os efeitos da sociedade humana sobre o desenvolvimento do relevo terrestre ultrapassaram os efeitos dos processos geomorfológicos naturais, e que 55% da superfície seca da Terra é intensamente utilizada pelo homem, e o restante, 45%, são áreas não modificadas ou levemente modificadas.

(c) Por último no que tange aos casos terrestres (*hazard*) duas tendências tem sido observadas. A primeira, análise dos eventos extremos, tendo em vista que eles ocasionam prejuízos e danos expressivos (ALMEIDA, 2012; GUERRA e JORGE, 2014) Diante disso, surgem as seguintes questões: Essa perspectiva constitui-se numa postura neocatastrofista? Será que se esta tendência de estudos se fortalece no Brasil, de forma que, poder-se-iam minimizar os danos socioeconômicos e ambientais ocorridos no vale do Itajaí (SC) em 2008? Ou, decorrentes dos movimentos de massa nas encostas da região Serrana do Rio de Janeiro em 2011 ou do Morro da Babilônia em 2019, na zona sul da cidade do Rio de Janeiro? Ou da seca de 2005 ou da cheia de 2009 na Amazônia?

Estes exemplos, são chamados de *harzards* ou desastres naturais por alguns (KOBAYAMA, 2006; TOMINAGA *et al.*, 2009) e apresentam grande magnitude, além de modificar substancialmente a configuração geomorfológica da área atingida. Estes são fenômenos (naturais) ou eventos¹ (naturais condicionado/impulsionado pela atividade humana)?

c.1 – Uma segunda tendência é a justaposição das investigações do meio físico e as relevâncias socioeconômicas (VALÊNCIO *et al.*, 2009). Em outras palavras, quais os danos ambientais das inundações do

¹ Santos (2000) no livro *A Natureza do Espaço* realiza discussão acerca dos conceitos fenômenos e eventos, segundo o autor, o primeiro refere-se as transformações na paisagem de ordem natural, em contrapartida, os eventos necessariamente apresentam como determinante para sua deflagração as atividades humanas, sendo estas analisadas dentro de um contexto socioeconômico de produção do espaço.

vale do Itajaí (SC)? Quais os gastos para os moradores e para o Estado na recuperação da área dos deslizamentos no Rio de Janeiro? E, quais os reflexos financeiros para os pescadores e/ou para a cadeia produtiva pesqueira nas áreas atingidas pela seca na Amazônia?

Diante disso, os estudos geomorfológicos acerca dos casos terrestres, em especial nas áreas urbanas, buscam de forma mediata ou imediata, monitorar e compreender os processos morfogenéticos (movimentos de massa, inundações, entre outros) e planejar atividades de controle (estabelecimento de sistema de alerta) e mitigação dos impactos socioeconômicos e ambientais decorrentes destes fenômenos ou eventos.

Em se tratando de áreas urbanas, como por exemplo, a da capital Amazonense, os estudos geomorfológicos não se pautam somente em eventos extremos de alta magnitude, mas em processos com intensidade fraca a moderada e de longa duração, como os ligados a geomorfologia fluvial, seja relacionado aos reflexos na qualidade de água (COSTA *et al.*, 2004), ou a mudanças do canal fluvial (assoreamento, morfologia, inundações) (OLIVEIRA E ALECRIM, 2003; AMAZONAS, 2004; ANDRADE FILHO *et al.*, 2010; MARINHO e SILVA, 2016; LEMOS e COSTA, 2017), a geodinâmica superficial principalmente nos estudos ligados ao surgimento e evolução de canais incisos, como as voçorocas (LIMA, 1999; NAVA, 1999; SANTOS JUNIOR, 2002; TAKAKI, 2002; VIEIRA, 2008) e mais recentemente as áreas de risco a erosão (MOLINARI *et al.*, 2015; RODRIGUES e COSTA, 2017).

No entanto, algumas lacunas investigativas ainda persistem, dentre elas, como analisar as influências das atividades humanas cumulativas (áreas aterradas, canais urbanos retinizados, abertura de taludes em interflúvios tabulares, cortes em base de encostas, entre outras) transformando o espaço urbano na atual configuração do relevo? Como entender a produção socioespacial manauara e sua relação com as áreas de risco a erosão? As áreas tornam-se de risco ou apresentam susceptibilidade intrínseca natural a ser de risco geomorfológico? Diante de tais questionamentos, torna-se imprescindível uma análise geomorfológica que contemple o papel da produção socioespacial, tais como a geomorfologia histórica/antropogeomorfologia.

3. Geomorfologia Histórica: Uma Proposta Metodológica

A denominação antropogeomorfologia proposta por Nir (1983) destaca que a análise do relevo deve levar em conta as ações do homem ao longo do tempo e do espaço, para então, poder dimensionar as mudanças no ambiente físico.

Esta abordagem está calcada na cartografia geomorfológica que em diversas escalas é chamada de geocartografia geomorfológica retrospectiva ou evolutiva. Esta se fundamenta no tripé morfológico (forma, materiais e processos) e na interferência humana como ação geomorfológica modificando propriedades, localização dos materiais superficiais, interferindo nas taxas e balanços denudacionais e deposicionais, gerando uma morfologia antropogênica.

A antropogeomorfologia aborda as recentes e profundas mudanças impostas pelas sociedades humanas na superfície terrestre. Diante disso, torna-se importante identificar as fases de perturbação antrópica, tipos de perturbação ou intervenção, morfologia antropogênica (RODRIGUES, 2005), depósitos tecnogênicos (úrbico, gárbico, espólio) (PELOGGIA, 1997; SUERTEGARAY, 2002; LUZ e MARÇAL, 2016)

Rodrigues (2005, p.102) sistematizou orientações básicas para se estudar os efeitos das ações humanas no meio físico:

- a) ações humanas como ações geomorfológicas; b) investigar nas ações humanas padrões significativos para a morfodinâmica; c) investigar a dinâmica e a história cumulativa das intervenções humanas, iniciando com os estágios pré-perturbação; d) empregar diversas e complementares escalas espaço-temporais; e) empregar e investigar as possibilidades da cartografia geomorfológica de detalhe; f) explorar a abordagem sistêmica; g) usar a noção de limiar geomorfológico e a análise de magnitude e frequência; h) enfatizar a análise integrada em sistemas geomorfológicos; i) levar em consideração as particularidades dos contextos morfoclimáticos e morfoestruturais; j) ampliar o monitoramento de balanços, taxas dos processos derivados e não derivados de ações humanas.

Em suma, uma proposta metodológica que busque correlacionar morfologia original (ex: planície de inundação, terraços fluviais, colinas, etc.) e morfologia antropogênica (ex: depósitos tecnogênicos, mudanças na morfologia de canais, entre outros) num recorte temporal específico (de acordo com a pesquisa e a disponibilidade de dados) seria importante para compreender a dinâmica do relevo em determinado espaço.

Em termos práticos, tal perspectiva já foi utilizada por alguns autores no Brasil, tais como em São Paulo/SP (PELOGGIA, 1996; FIGUEIRA, 2007), Florianópolis/SC (LISBOA, 2004), Recife (SILVA *et al.*, 2018), entre outras. Na Amazônia, não se verifica este tipo de estudo, exceto pelo trabalho realizado em Manaus por Souza (2014) que buscou entender e caracterizar os depósitos tecnogênicos na bacia hidrográfica do Passarinho, localizada na zona norte da cidade.

4. Estudos de Processos Erosivo em Manaus e a Possibilidade de análise das Áreas de Risco à erosão sob a perspectiva da Geomorfologia Histórica

A cidade de Manaus possui um total populacional de 2.145.444 habitantes (IBGE, 2019), distribuídas numa área de 11.401km². Deste total, aproximadamente 99,5% da população reside no setor urbano ocupando apenas 4% da extensão territorial municipal, o que, portanto, demonstra a elevada densidade demográfica entorno de 158,06 hab./km².

Essa concentração urbana tem produzido profundas alterações na paisagem, em virtude das transformações na forma de uso e ocupação do solo urbano (p.e. a verticalização imobiliária e a expansão horizontal via ocupações irregulares e conjuntos habitacionais), no processo de especulação imobiliária, e principalmente na degradação ambiental por meio da contaminação da rede de drenagem e por processos geodinâmicos, na forma de áreas de risco a processos erosivos (principalmente voçorocamento) e a movimentos de massa (escorregamento e desmoronamento) e a colmatação de canais fluviais.

A expansão do tecido urbano manauara e os problemas socioambientais são reflexos direto e/ou indireto da criação da Zona Franca de Manaus (ZFM) e da falta (ou não aplicação ou ineficácia) de políticas públicas habitacionais e ambientais (PEREIRA, 2006). Sabe-se que a Zona Franca propiciou um novo ciclo econômico regional manifestado principalmente pelo crescimento econômico e pela elevada oferta de trabalho voltada basicamente para atender o parque industrial instalado. Esta reestruturação econômica motivou a migração de diversos amazônidas, seja do interior do Amazonas e/ou dos estados vizinhos, em especial dos municípios a oeste do estado do Pará, do Maranhão e do Ceará com a esperança de oportunidades de emprego na capital amazonense.

Apesar do acentuado fluxo migratório, Manaus não possuía (e ainda não possui) estrutura capaz de absorver esta população, principalmente no que tange a oferta de moradia e de equipamentos urbanos. Desta maneira, o espaço urbano expandiu-se horizontalmente no sentido leste e norte (décadas 1980/1990) e nordeste (décadas 2000/2010), na forma de ocupações irregulares, processo inerente a quase a totalidade dos bairros da zona leste, bem como por conjuntos habitacionais, de iniciativa do poder público estadual localizados especialmente na zona norte, tais como Cidade Nova, Nova Cidade, Viver Melhor 1 e 2, entre outros.

Atualmente a cidade possui 61 bairros e inúmeras “comunidades” que ainda não são oficialmente bairros, criadas em sua grande

maioria a partir de ocupações ilegais, o surgimento de comunidades sinaliza para o elevado déficit habitacional, que em 2018 chegou a 128.000 famílias (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018; PNAD/IBGE, 2018). De acordo com o levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019) o número de “sem lares” em Manaus pode chegar a 460 mil pessoas, considerando a média de 3,6 integrantes por família, e em parte explica a recente onda de “invasões” na cidade.

De forma geral, tais comunidades e/ou bairros apresentam as seguintes características gerais: a) localizarem-se na periferia da cidade, isto é, nas áreas distantes do centro geográfico; b) apresentam carências de equipamentos e serviços urbanos básicos (escolas, postos de saúde, segurança, entre outras); e, c) inadequação das condições sanitárias e de salubridade. Além disso, verificam-se expressivos problemas ambientais devido a ocupação irregular em fundos de vale e/ou em encostas, estas últimas chamadas regionalmente de barrancos, com declividade acentuada. Em termos práticos, a ocupação é precedida pelo desmatamento das superfícies, acelerando os processos naturais de denudação. Esta prática auxilia a deflagração de processos geodinâmicos, tais como a formação de voçorocamentos e de cicatrizes de movimentos de massa (escorregamento e desmoronamento) que ao surgirem próximo as habitações, convertem esses espaços, em áreas de risco ambiental.

De acordo com levantamentos de campo da Defesa Civil do Estado do Amazonas (2012) e com dados de pesquisas de Vieira (1998), Molinari e Vieira (2005), Molinari e Vieira (2005), o bairro do João Paulo, na zona leste, e a Cidade Nova (conjunto Canaranas), na zona norte apresentam grande quantidade de voçorocamentos.

Vieira (2008) registrou 91 voçorocas em todo o perímetro urbano manauara, sendo 58 na zona leste e 13 na zona norte, destas 13 localizam-se no bairro do Joao Paulo e 8 na Cidade Nova, respectivamente (FIGURA 01). Ainda de acordo com Vieira (2008), a grande quantidade de incisões erosivas nesses bairros, localizados na zona leste e norte, resulta da interação de diversos fatores tais como: clima (com destaque para a erosividade da chuva), retirada da cobertura vegetal, terraplanagem, drenagem artificial (sistema de dissipação da água da chuva – canaletas) e geomorfologia. No entanto, o autor destaca que estes dois últimos aumentaram significativamente a susceptibilidade aos processos erosivos e conseqüentemente, possibilita o surgimento de áreas de risco a erosão.

Em 2012, a Prefeitura Municipal de Manaus solicitou da Defesa Civil em parceria com o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) a realização do Mapeamento das Áreas de Risco Geológico da Zona Ur-

mana de Manaus. Os dados da pesquisa revelaram que em Manaus há 28.668 residências ou edificações em risco a erosão/movimento de massa e inundação.

Contrastando com os dados da PMM/Defesa Civil/CPRM (2012) Molinari *et al.* (2015), utilizando técnicas de geoprocessamento e trabalhos de campo, identificaram 117 voçorocas e 8.684 residências em as áreas de risco de risco em toda a cidade de Manaus. Dentre as explicações para esta diferença encontra-se a metodologia utilizada pelas pesquisas. A Prefeitura delimitou o risco a partir de critérios visuais como trincas e fraturas nas estruturas das residências, dividindo as áreas em 4 níveis (R1, R2, R3 e R4), seguindo metodologia baseada em modelo aplicado em outras cidades do Brasil. Enquanto que Molinari *et al.* (2015) tomaram-se como critério principal de delimitação a geomorfologia para circunscrever o limite de crescimento máximo da incisão erosiva, chamado de área de contribuição, e que, portanto, as residências localizadas neste polígono estariam em risco.

Por fim, mais recentemente, Rodrigues e Costa (2017) realizaram estudo sobre as áreas de risco a inundação, movimento de massa e erosão na Região Metropolitana de Manaus, no entanto, não quantificaram as residências em risco, nem tampouco a quantidade de voçorocas na cidade de Manaus.

É importante salientar que, nem toda superfície com voçorocamento constitui-se numa área de risco. Castro *et al.* (2005) destaca que as áreas de risco constituem-se em locais com processos naturais e/ou antrópicos, voçorocamento (por exemplo) que aumentem significativamente a probabilidade de acontecer um evento adverso (desastre) capaz de causar danos à saúde, propriedade ou ambiente. Em outras, palavras, áreas de risco à erosão são somente aquelas nas quais as voçorocas oferecem algum perigo/risco a população residente as adjacências a incisão.

Diante da problemática exposta referente às áreas de risco à voçorocamento em Manaus torna-se claro a relevância deste estudo, sobretudo devido: a) a gravidade deste problema socioespacial pois coloca em risco o bem mais precioso, a vida humana, além de seus reflexos socioambientais como assoreamento de igarapés e desvalorização imobiliária os quais revelam a face perversa desta problemática urbana, a segregação socioespacial; b) ao preenchimento de lacunas existentes na investigação sobre estes processos, tendo em vista que até o momento conhecem-se somente os mecanismos físicos naturais e morfogenéticos responsáveis pelas voçorocas (VIEIRA, 2008); e, c) a possibilidade de aplicação da perspectiva da antropogeomorfologia a partir da com-

preensão da produção socioespacial na capital amazonense e seus reflexos para o surgimento das áreas de risco a voçorocamento, uma vez que o critério utilizado nas pesquisas (MANAUS/CPRM/Defesa Civil, 2012 e MOLINARI *et al.* 2015) sobre o tema ate então, pautou-se em indícios superficiais e estruturais em residências, proximidades da incisão e a geomorfologia do local.

Isto posto, alguns questionamentos precisam ser respondidos: (1) Será que a gênese das áreas de risco apresenta relação direta com as intervenções socioespaciais do poder público ou da população? (2) As porções do relevo antropogênico (aterros, cortes em taludes para abertura de avenidas, etc) apresentam maior vulnerabilidade para o surgimento de processos erosivos e das áreas de risco? (3) Quais as características dos depósitos tecnogênicos (composição, material, contexto geológico e ambiental) no interior das voçorocas? (4) Quais os melhores critérios para a identificar/delimitar exatamente as áreas de risco a erosão em Manaus? (5) As voçorocas existentes em Manaus precedem ou são posteriores a produção socioespacial? (6) Quais as ações concretas e a efetividade das intervenções do poder público na prevenção e recuperação de áreas risco? (7) Quais os reflexos ou dimensões socioeconômica e ambiental das áreas de risco a erosão?

Consideracoes finais

O estudo da geomorfologia compreende a interação entre forma, materiais e processos, diante disso, as pesquisas analíticas de processos denudacionais em áreas urbanas devem impreterivelmente inserir o componente humano, como fator geomorfológico, visto que o relevo nessas áreas resulta da interação entre a evolução natural da paisagem sobreposta e acumulada as transformações promovida pela dinâmica social ao longo do tempo.

O estudo das áreas de risco a processos erosivos em Manaus (AM) remete necessariamente a inserção da dinâmica socioespacial, manifestada no crescimento horizontal de seu espaço urbano, como componente de importância equivalente as características físico-naturais, como solo, vegetação, hidrografia, entre outros.

Portanto, torna-se imprescindível que sejam realizadas pesquisas com abordagem antropogeomorfológica que apresente ênfase no papel das atividades humanas e seu reflexo nas formas, nos materiais e nos processos sobre/sob a superfície do espaço produzido, como as áreas de risco à erosão, uma vez que se amplia a leitura da paisagem, aproximando-se de fato, a uma visão integrativa e sistêmica da interação homem e natureza inerente a análise geográfica.

Referências

ADEMIAN – **Associação das empresas do mercado imobiliário do Amazonas**. Anuário estatístico de Manaus em 2017.

ALMEIDA, L. Q. **Riscos Ambientais e Vulnerabilidade nas cidades Brasileiras: conceitos, metodologias e aplicações**. Cultura Acadêmica, São Paulo, 2012.

AMAZONAS. ESTUDO DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA. **Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus – PROSAMIM**. Governo do Amazonas. Secretaria de Estado de Infra-Estrutura. Manaus, 2004.

AMAZONAS. **Densidade Demográfica e População estimada por bairro em Manaus em 2015**. Secretaria de Estado de Planejamento, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação (SEPLANCT), 2019.

ANDRADE FILHO, V.S.; MOLINARI, D.C. **Modificações na Rede de Drenagem de Igarapés Urbanos: As obras do PROSAMIM no Igarapé Mestre Chico na Cidade de Manaus, AM**. Acta Geográfica. Ano 5, nº9, Boa Vista, 2011.

CARLOS, A.F.A. **A (re)produção do espaço urbano**. São Paulo: EDUSP, 1994.

CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. O.; RIO, G. A. P. **Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas**. In: Anuário do Instituto de Geociências. UFRJ, 2005.

COLTRINARI, L. A geografia física e as mudanças ambientais. In: ALESSANDRI, A.F.C. (Org.). **Novos caminhos da geografia**. São Paulo: Ed. Contexto, 2005.

CORREA, R.L. **O espaço urbano**: 3ed. São Paulo: Ática, 2002.

COSTA, A.M.R. ; WAICHMAN, SANTOS A.; E.E.A. **Uso e Qualidade da Água Subterrânea na Cidade de Manaus**. Revistas ABAS. São Paulo, 2004.

COSTA, D.P.; OLIVEIRA, J.A. **Conjuntos Habitacionais e a Expansão Urbana de Manaus: Filigramas do processo de construção urbana e o papel das políticas habitacionais**. Mercator – revista de Geografia da UFC, Fortaleza, Ano 6, Nº11, 2007

FEARNSIDE, P. M. **A floresta amazônica nas mudanças globais**. Manaus: INPA, 2003.

FIGUEIRA, R. M. **Evolução dos sistemas tecnogênicos no município de São Paulo**. Dissertação de Mestrado em Geologia. Programa de

Pós-graduação em Geologia Sedimentar. Instituto de Geociências- USP. São Paulo, 2007

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO – Deficit habitacional das capitais brasileiras. Belo Horizonte, 2018

GLACKEN, C. J. *O homem contra a natureza: um conceito desatualizado.* In: HELFRICH, Harold W. Jr. (Org.). **A crise ambiental**, São Paulo: EDUSP, 1974.

GREGORY, K.J. **A natureza da geografia física.** Rio de Janeiro: Edgard Blucher, 1992.

GUERRA, A.J.T. Início do Processo Erosivo. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Orgs.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Edgard Blücher, 2007.

GUERRA, A.J.T. ; JORGE, M. C. O. . **Hazard Risk Assessment: a case study from Brazil.** Geography Review, v. 27, p. 12-15, 2014

HART, M.G. **Geomorphology, pure and applied.** London, George Allen e Unwin, 1986.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas da População para 2019.

IBGE – Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílio. Características Socioeconômicas de Manaus, 2018.

LE MOS, L.M.; COSTA, R. in: COSTA, R. (Org.) **Riscos, fragilidades & problemas ambientais urbanos em Manaus.** Manaus: Editora INPA, 2017.

LIMA, M.C. **Contribuição ao estudo do processo evolutivo de boçorocas na área urbana de Manaus.** (Dissertação de Mestrado). Departamento de Engenharia Civil: FT/UNB, 1999.

LIMA, M.C. **Quando o amanhã vem ontem: a institucionalização da região metropolitana de Manaus e a indução ao processo de metropolização do espaço na Amazônia Ocidental.** Tese de Doutorado em Geografia Humana. Universidade de São Paulo, 2014.

LISBOA, T.H.C. **Os depósitos tecnogênicos e a alteração da linha de costa do distrito sede de Florianópolis – SC.** Dissertação de Mestrado em Geografia. PPGGEO/UFSC, 2004.

LUZ, L.M.; MARÇAL, M.S. **A perspectiva geográfica do Antropoceno.** Revista de Geografia. Recife, Vol.33. nº02, 2016.

MARINHO, R.R.; SILVA, E.C.M. **Análise Morfométrica de áreas afetadas por inundação urbana em Manaus.** Caminhos da Geografia. Uberlândia, vol.17. nº59, 2016.

MANAUS. **Atlas de Desenvolvimento Humano de Manaus**. Prefeitura Municipal de Manaus, 2005.

MANAUS. PREFEITURA MUNICIPAL DE MANAUS – DEFESA CIVIL/ CPRM. **Mapeamento das Áreas de Risco Geológico na Area Urbana de Manaus**, 2012.

MARENCO, J.A.; SOUZA JR, C. **Mudanças Climáticas: impactos e cenários para Amazônia**. São Paulo, 2018.

MENDONÇA, F. **Geografia Física: Ciência Humana?** São Paulo: Contexto, 1989.

_____. **Geografia e meio ambiente**. 7 ed. São Paulo: Contexto, 2004.

_____. Geografia Socioambiental. In: MENDOÇA, F; KOZEL, S. (Orgs.) **Elementos de Epistemologia da Geografia**. Curitiba: EDUFPR, 2008.

MONTEIRO, C.A.F. **Geossistema a historia de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2001.

MOLINARI, D.C.; VIEIRA, A. F. G. Interrelação entre processos geodinâmicos: movimentos de massa e voçorocas – Presidente Figueiredo e Manaus (AM). In: **Reunião Regional da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC)**. Anais. Manaus, 2005.

MOLINARI, D.C.; VIDAL, K.F.; PATRICIO, O. **Uso de Geotecnologias Aplicadas a Delimitação de Áreas de Risco a Voçorocamento em Manaus (Amazonas)**. Cadernos Geográficos. Belo Horizonte: UFMG, 2015.

NAVA, D.B. **Mapa de vulnerabilidade aos processos erosivos da porção sudoeste da cidade de Manaus, Amazonas**. Dissertação de Mestrado. Manaus: CCA/UFAM, 1999.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology**. Jerusalem, Ketem Pub. House, 1983.

NOBRE, C.A., SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. **Mudanças Climáticas e Amazônia**. Cienc. Cult. vol.59 no.3 São Paulo July/Sept. 2007.

OLIVEIRA, M.A.T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTE-LHO, R.G.M. (Orgs.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Edgard Blücher, 2007.

OLIVEIRA, J.; ALECRIM, J. (Org.). **Cidade de Manaus: visões interdisciplinares**. Manaus: EDUA, 2003.

OLIVEIRA, J. A.; COSTA, D. P. **Conjuntos habitacionais e a urbana de Manaus: Filigramas do processo de construção urbana e o papel das políticas habitacionais**. Mercator - Revista de Geografia da UFC, 11 (6), 2007.

PELOGGIA, A.U.G. **Delineação e aprofundamento temático da geologia do tecnógeno do município de São Paulo: as conseqüências geológicas da ação do homem sobre a natureza e as determinações geológicas da ação humana em suas particularidades referentes à precária ocupação urbana**. Tese de Doutorado. São Paulo: IG/USP, 1996.

RIBEIRO FILHO, V. **Mobilidade Residencial em Manaus**. Manaus: EDUA, 1999.

RODRIGUES, A. M. **Produção e consumo do e no espaço: problemática ambiental urbana**. São Paulo: Hucitec, 1998.

RODRIGUES, C. **Original and anthropogenic morphology to identify units of urban planning; the case of São Paulo**. Revista do Departamento de Geografia, 2005

RODRIGUES, C. **A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais**. Revista do Departamento de Geografia, no 14. São Paulo, 2001.

RODRIGUES, T.F.; COSTA, R.C. **Áreas de Risco na região de Manaus**. IN: COSTA, R. (Org.) **Riscos, fragilidades & problemas ambientais urbanos em Manaus**. Manaus: Editora INPA, 2017.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. 2ed. São Paulo: Contexto, 1991.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. 4ed. 2. reimpr. - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

SANTOS JUNIOR, E.V.da C. **Identificação e Análise Geoambiental de processos erosivos em uma porção da área urbana de Manaus-AM (bairros Cidade Nova e Mauazinho)**. Dissertação de Mestrado. Manaus: CCA/UFAM, 2002.

SILVA, W.F.; MENEZES JUNIOR, E.M.; SILVA, O.G. **Uma análise teórica a partir da perspectiva sistêmica dos espaços de riscos geomorfológicos na cidade do Recife – Pernambuco**. Revista Espaço Aberto UFRJ, Rio de Janeiro, vol.08, nº01, 2018.

SOUZA, J.C.S. **Modificações no Padrão de Drenagem da Microbacia do Passarinho - Manaus (AM): a Formação de Barras Sedimentares**

Tecnógenas por Deposição de Resíduos Sólidos. Dissertação de Mestrado. PPGGEOG/UFAM, 2014.

SUERTEGARAY, D.M.A.; NUNES, J.O.R. **A Natureza da Geografia Física na Geografia.** Terra Livre. São Paulo. Nº17, 2001.

SUERTEGARAY, D.M.A. O tempo da ação humana e suas transformações. In: _____. **Geografia Física e geomorfologia: uma releitura.** Ijuí: Editora UNIJUI, 2002.

SUERTEGARAY, D.M.A. **Geografia Física e Geomorfologia: tema para debate.** Revista da ANPEGE, vol.05, 2009.

TAVARES, A. C. **Geografia, Meio Ambiente e Sociedade.** Rio Claro: UNESP. GEOGRAFIA, 13 (26): 1-22, outubro 1988.

TAKAKI, A.J.H. **Caracterização de processos erosivos como instrumento de apoio ao planejamento urbano de Manaus – AM.** (Dissertação de Mestrado). Manaus: UFAM, 2002.

TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres Naturais: conhecer para prevenir.** Instituto Geológico de São Paulo. Governo de São Paulo, 2009.

VALENCIO, N.; SIENA, M.; MARCHEZINI, V.; GONCALVEZ, J.C. **Sociologia dos Desastres: construção, interfaces e perspectivas no Brasil.** São Carlos: Editora RIMA, 2009.

VEYRET, Y. **Os riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente.** São Paulo: Contexto, 2007.

VIEIRA, A.F.S.G. **Erosão por voçorocas em áreas urbanas: o caso de Manaus (AM).** Dissertação de Mestrado em Geografia. Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGG/UFSC), Florianópolis, 1998.

VIEIRA, A.F.S.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 da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGG/UFSC), 2008.

KOBYAMA, M. **Manual de Desastres naturais.** Curitiba: EDUFPR, 2006.

Caracterização dos impactos socioambientais associados aos eventos extremos de chuva em Manaus-AM, no período de 1986 a 2015¹

Miriliane Judite dos Santos Fernandes
Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira

Introdução

Nas últimas décadas é possível observar a preocupação com estudos relacionados a desastres naturais em várias partes do mundo; em geral esses desastres são determinados a partir da relação entre o homem e a natureza.

Segundo Kobiyama et al. (2006), quando não são aplicadas medidas para a redução dos efeitos dos desastres, a tendência é aumentar a intensidade, a magnitude e a frequência dos impactos. Entre os fatores que contribuem para provocar desastres nas áreas urbanas destaca-se a impermeabilização do solo, o adensamento das construções, a conservação de calor e a poluição do ar.

Em Manaus, em virtude da ocupação irregular próximo às margens de igarapés e a falta de uma boa drenagem na área urbana é possível presenciar com um dia de chuva o aumento do escoamento da água pela superfície bem acima da capacidade da rede de drenagem, resultando no aumento do nível desses canais com ocorrências de inundações nas áreas ocupadas.

Mascarenhas (2009) em sua pesquisa denominada “Fenômenos meteorológicos extremos em Manaus-AM: Sazonalidade e impactos no ambiente urbano” destacou que a precipitação na cidade, apresentou uma redução nos dias chuvosos e aumento nos eventos extremos (chuvas com mais de 50mm/dia), com influência dos fenômenos *El Niño* e *La Niña* em várias séries. A maior concentração dos episódios intensos de eventos extremos se deu no período chuvoso, em especial nos meses de abril com 61 ocorrências e março com 54 ocorrências no período de 1961 a 2007.

Diante das mudanças no espaço urbano de Manaus, a cidade começou a ser afetada por diversos problemas socioambientais nos períodos de chuvas intensas.

Eventos extremos podem ser definidos como anomalias em relação à climatologia, em escalas de tempo que podem variar de dias até milênios. É difícil atribuir eventos extremos ao tempo e ao clima,

¹ Parte da dissertação do 1º autor.

pois, têm diferentes considerações espaciais e temporais (MARENGO et al., 2007).

Outro fator importante relacionado aos eventos extremos de clima, diz respeito ao nível sazonal, onde por exemplo, uma estação chuvosa fraca ou extremamente forte, acompanhada por relativas altas temperaturas devido a anomalias de temperatura da superfície do mar no Oceano Pacífico tropical (*El Niño, La Niña*), ou no Atlântico tropical ou subtropical podem ter fortes impactos sobre a população e em setores econômicos dependendo da disponibilidade de água (MARENGO, 2009).

Mendonça et al. (2010) identificou que vários episódios extremos de precipitação atingiam a integridade do ambiente urbano, de modo a resultar em diferentes impactos, como alagamentos, desmoronamentos, queda de árvores, entre outros, os quais foram verificados através da análise conjunta dos dados quantitativos de precipitação com os dados qualitativos.

Santos et al. (2012) realizaram um estudo sobre as tendências de índices de extremos climáticos baseados em dados de precipitação para três estações localizadas em Manaus e na região circunvizinhas para o período de 1971 a 2007. De acordo com os resultados, observaram que houve aumento da precipitação total anual sobre a região estudada. Os autores destacam que a estação localizada na zona urbana de Manaus (INMET) teve aumento com significância estatística dos eventos de precipitação iguais ou superior a 50 mm na precipitação máxima acumulada em cinco dias consecutivos e nos dias úmidos indicaram que Manaus poderá sofrer com o aumento das chuvas extremas (SANTOS et al., 2012).

Metodologia

Os dados utilizados neste trabalho foram constituídos por uma série histórica temporal de precipitação diária e mensal do período de 1986 a 2015, pertencentes à estação climatológica de Manaus – 82331 localizada a (3°07'S e 59° 57' W com altitude 67m), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a qual é composta de vários sensores isolados, que registraram continuamente os parâmetros meteorológicos como pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade dos ventos.

Caracterização das variações pluviométricas e series históricas

As Caracterizações pluviométricas mensais e anuais foram obtidas através dos totais mensais e anuais de precipitação de 1986 a

2015. Em seguida, foram organizadas em tabelas do Microsoft Excel, versão 2010 e criado um banco de dados com planilhas e gráficos para análise.

As séries históricas foram elaboradas conforme é estabelecido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), que define normal como “valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas” e padrões climatológicos normais como médias de dados climatológicos calculados para período consecutivos de 30 anos INMET (2016).

De acordo com a OMM, os dados climáticos são frequentemente mais úteis quando comparados com valores normais padronizados, obtidos segundo suas próprias recomendações técnicas, tornando-se de suma importância o cálculo e publicação das Normais Padronizadas.

Seguindo recomendação da OMM as séries históricas dessa pesquisa climatológica foram obtidas através da soma de todos os totais de precipitação mensal; em seguida a soma de todos os totais para chegar ao total final; e por último a divisão do total final pelo número de anos estudados, que nesse caso foram 30 anos.

Caracterização dos impactos socioambientais associados aos eventos extremos de chuva

A caracterização dos impactos causados pelos eventos extremos na cidade de Manaus foi obtida por meio de notícias publicados no jornal impresso “A Crítica”, que cobriu satisfatoriamente o período da pesquisa de 1986 a 2015 na Biblioteca Pública do Amazonas.

Durante a pesquisa foi realizado o registro por meio de fotos das notícias relacionadas aos eventos de precipitação e, em seguida, foi feita uma análise estatística com os dados de precipitação diárias correspondentes aos dias em que ocorreram os maiores impactos.

Na sequência foi criado um banco de dados em planilhas do Microsoft Excel versão 2010 com os principais bairros afetados e os respectivos impactos socioambientais acusados pelos eventos extremos de chuvas acima de 50mm/dia do período estudado.

Para finalizar, foi realizada uma análise geral dos 30 anos dos principais impactos socioambientais relatados nas matérias do jornal “A crítica”, o número de eventos extremos registrados nesse período, destacando os meses que mais ocorreram eventos extremos e, por fim, os principais bairros da cidade afetados por esses eventos.

Resultados

Na **Tabela 1**, os meses que apresentaram respectivamente os maiores e menores volume de chuvas nessa década, foram o meses de Abril e o meses de Agosto.

Tabela 1: Precipitação das máximas e mínimas (1986 a 1995).

PRECIPITAÇÃO MÁXIMA E MÍNIMA ANUAL				
Ano	Mês	Precipitação máxima mensal (mm)	Mês	Precipitação mínima mensal (mm)
1986	Novembro	321,8	Agosto	1,6
1987 (El Niño)	Janeiro	291,5	Julho	20,7
1988 (La Niña)	Dezembro	412,1	Agosto	35,6
1989 (La Niña)	Abril	370,8	Agosto	15,8
1990	Março	299,2	Setembro	22,8
1991	Abril	342,9	Novembro	37,9
1992 (El Niño)	Março	347,8	Junho	61,0
1993	Fevereiro	617,4	Julho	34,6
1994	Fevereiro	399,5	Dezembro	22,5
1995 (El Niño)	Abril	408,5	Agosto	34,2
Média		381,15		28,67

Org.: Miriliane J.D.S Fernandes, 2016.

Os anos que tiveram sob efeito do fenômeno El Niño correspondem a 1987, 1992 e 1995 e os anos sob efeito do fenômeno La Niña, 1988 e 1989. Durante esses 10 anos, o mês que apresentou a máxima em precipitação foi fevereiro de 1993 com total de 617,4 mm e o mês de agosto de 1986 apresentou a menor precipitação do período, com apenas de 1,6 mm para todo o mês. Sendo a média das máximas 381,15 mm e médias das mínimas 28,67 mm desse período.

O mês de Janeiro de 1996 apresentou o maior volume acumulado de precipitação. Já os anos que tiveram sob efeito do fenômeno *El Niño* correspondem a 1998 e 2003 e em relação ao fenômeno *La Niña* correspondem a 1999, 2000 e 2005 (tabela 2).

Na Tabela 02 é possível observar que Janeiro de 1996 apresentou o maior volume acumulado de precipitação com 517,3 mm.

Em relação à mínima de precipitação, o mês de Julho de 1997 destaca-se por não ter registro de precipitação pelo INMET. O mês de julho de 2002 também apresentou um registro de apenas 3,4 mm de precipitação, sendo o segundo menor valor acumulado desse período de 10 anos. Ocorrendo a média das máximas mensais 444,25 mm e a média das mínimas mensais 23,35 mm.

Tabela 2: Precipitação máxima e mínima anual (1996-2004).

PRECIPITAÇÃO MÁXIMA E MÍNIMA ANUAL				
Ano	Mês	Precipitação máxima mensal (mm)	Mês	Precipitação mínima mensal (mm)
1996	Janeiro	571,3	Julho	16,9
1997	Março	534,9	Julho	0
1998 (El Niño)	Abril	407,2	Agosto	41,8
1999 (La Niña)	Maio	445,4	Julho	25,3
2000 (La Niña)	Abril	535,4	Julho	40,8
2001	Janeiro	348,4	Agosto	14,9
2002	Janeiro	380,8	Julho	3,4
2003 (El Niño)	Abril	390,1	Setembro	60,9
2004	Março	424,2	Novembro	13,3
2005 (La Niña)	Abril	404,8	Agosto	16,2
Média	444,25		23,35	

Org.: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016.

Na Tabela 03 é possível observar que no mês de março de 2014 foi registrado o maior volume precipitado para um mês, sendo 527,7 mm. Nesse mesmo ano, o mês de setembro apresentou o menor registro, com apenas 0,6 mm de acordo com registros do INMET. Portanto, o ano de 2014 apresentou o maior e o menor volume mensal do período (2006 a 2015).

Tabela 03: Precipitação média anual das máximas e mínimas de 2006 a 2015.

Ano	Mês	Precipitação máxima mensal (mm)	Mês	Precipitação mínima mensal (mm)
2006	Fev.	346,4	Ago.	16,7
2007 (La Niña)	Jan.	414,4	Out.	28,5
2008 (La Niña)	Dez.	458,1	Set.	56,0
2009 (El Niño)	Fev.	457,9	Set.	4,2
2010 (La Niña)	Fev.	352,5	Set.	26,6
2011 (La Niña)	Abr.	515,9	Jul.	20
2012 (La Niña)	Jan.	365,2	Ago.	26,6
2013	Mar.	427,4	Jun.	32,1
2014	Mar.	527,7	Set.	0,6
2015 (El Niño)	Mar.	373,7	Ago.	10,7
Média		423,92		27,15

Org.: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016.

O ano 2008 que apresentou o maior volume de precipitação acumulado anual, teve suas chuvas mais bem distribuídas ao longo do ano. Os anos sob efeito do fenômeno El Niño correspondem a 2009 e 2015, e sob efeito do fenômeno La Niña correspondem a 2007, 2008, 2010, 2011 e 2012. Apresentando a média das máximas mensais 423,92 mm e média das mínimas mensais 27,15mm.

Os picos mais elevados de ocorrências de eventos extremos e bairros afetados concentram-se entre 1996 a 2005. Outra observação importante é o número de bairros afetados por eventos; em 2000 o registro foi de 5 eventos extremos, os quais causaram impactos em 14 bairros; em 2013 apenas dois eventos extremos foram responsáveis por danos em 13 bairros.

Impactos socioambientais do período de 1986 a 2015

Em geral os últimos 30 anos ocorreram poucos eventos extremos por ano (gráfico 01). No total ocorreram 84 eventos que afetaram 190 bairros, com impactos causados diretamente pela ação da chuva.

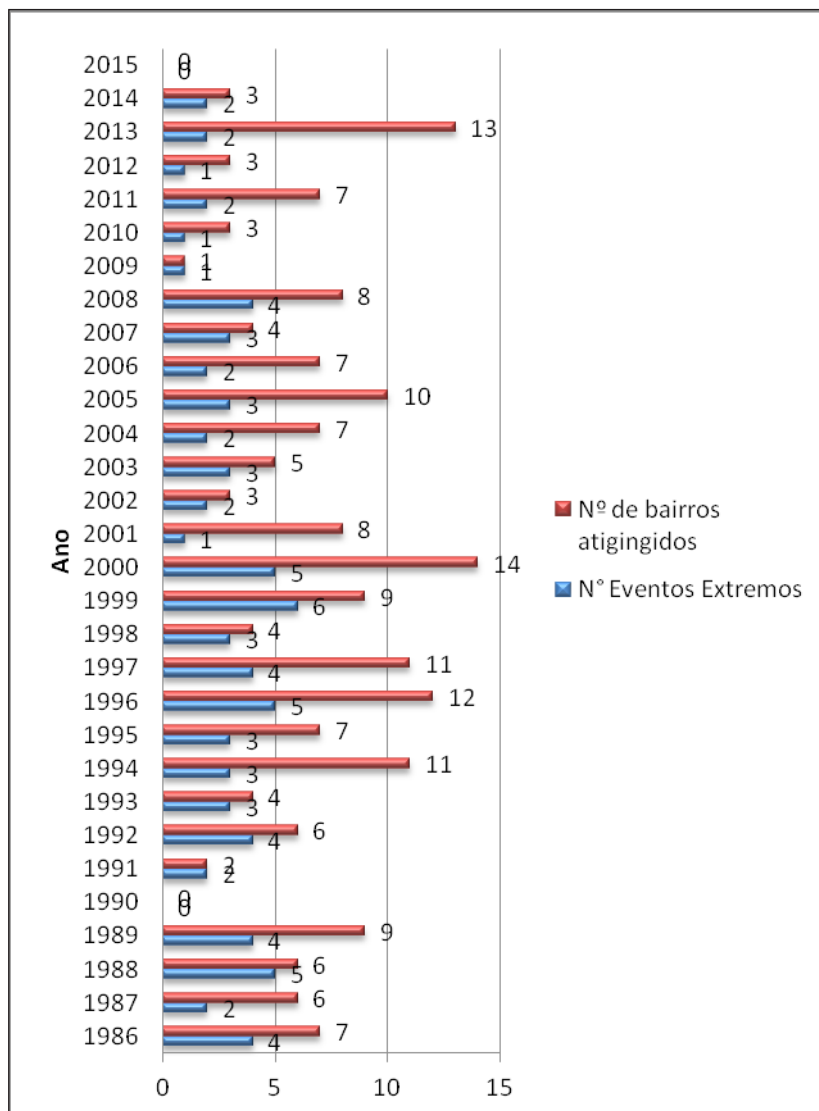
Os anos de 1990 e 2015 não tiveram eventos extremos ≥ 50 mm de precipitação. No entanto, teve-se registros de eventos abaixo de 50 mm, mas que causaram impactos na cidade. Como exemplo de um desses eventos, tem-se o registro do dia 5 de Março de 1990 onde foram registrados 42,8 mm de chuva, mas que atingiu os bairros de São Raimundo, Compensa e Educandos, nos quais ocorreram inundações e desabamentos de casas próximo a um curso d'água (igarapé).

Em 2015, o maior registro de precipitação ocorreu no dia 22 de Dezembro com 43,3mm atingindo os bairros Centro, Parque 10 de Novembro, Cidade Nova e Jorge Teixeira, resultando em áreas alagadas, deslizamento de terra e queda de árvores.

Dia 20 de Maio de 2015 registrou-se 31,7 mm de precipitação causando transtornos nos bairros Nossa Senhora Aparecida, Cidade de Deus, Tarumã e Jorge Teixeira, nos quais foram observadas áreas alagadas e desabamentos de casas.

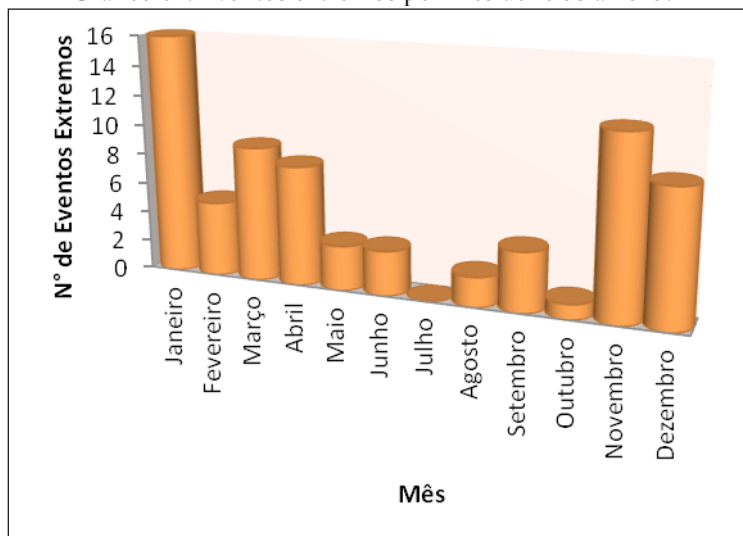
Em relação aos eventos extremos por mês é possível observar no Gráfico 02, que os meses de Janeiro, Março, Abril, Novembro e Dezembro foram onde ocorreram mais registros de eventos extremos. Observa-se uma concentração baixa de eventos extremos de Maio a Outubro com exceção de Julho que durante os 30 anos tiveram registros e eventos ≥ 50 mm de precipitações diárias.

Gráfico 01: Eventos Extremos ≥ 50 mm de 1986 a 2015.



Org.: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016.

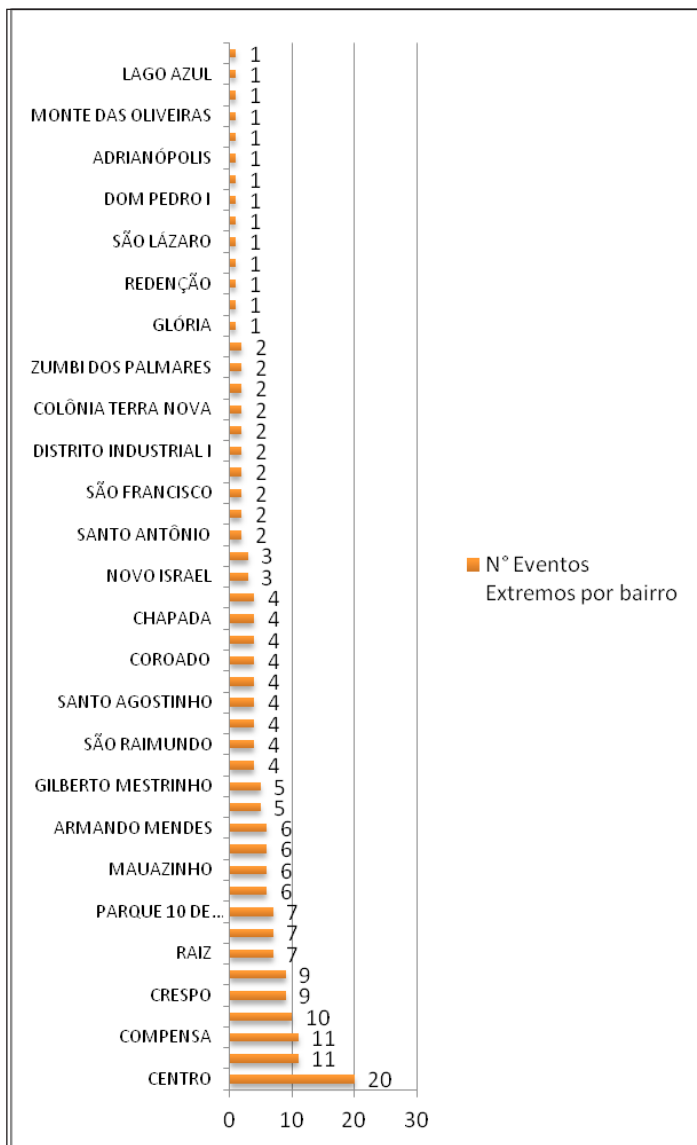
Gráfico 02: Eventos extremos por mês de 1986 a 2015.



Org.: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016..

Em relação aos 63 bairros de Manaus, 50 tiveram registros de impactos socioambientais causados pelos eventos extremos (GRÁFICO 03). O bairro do Centro durante esses trinta anos foi o mais citado nos jornais com ocorrências de algum impacto socioambiental causado pelos eventos extremos. Em seguida, Cachoeirinha e Compensa citada 11 vezes; bairro de Flores e Crespo 9 vezes; os bairros da Raiz, Japiim e Parque 10 de Novembro 7 vezes.

Gráfico 03: Bairros afetados pelos eventos extremos de 1986 a 2015.



Org.: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016.

Considerações Finais

Diante dos estudos realizados sobre os impactos ambientais associados a eventos extremos de precipitação na cidade de Manaus, foi possível identificar como o sistema de precipitação interferiu na área urbana causando impactos socioambientais no período estudado (1986 a 2015).

Foi possível observar que a variação pluviométrica anual de 1986 a 1995 de precipitação média acumulada foi de 2307,1 mm; já a segunda década de 1996 a 2005 foi de 2268,5 mm e na terceira década foi de 2412,6 mm. A média dos 30 anos foi de 2329,4mm, com destaque para o ano mais chuvoso em 2008 com total de 3157,1 mm e o ano de 2015 considerado menos chuvoso desse período com total de 1735,7 mm.

Em relação à variação pluviométrica mensal foi possível observar que nos últimos anos a distribuição entre os meses com maiores valores de precipitação começa em Novembro e se estende até o mês de maio, já os meses com menor precipitação começa em Junho e vai até Outubro.

De acordo com a caracterização dos impactos socioambientais associados aos eventos extremos de chuva proposto pela pesquisa, foi possível constatar que às vezes apenas um evento extremo pode afetar vários bairros. No geral, dos 63 bairros existentes em Manaus, 50 já tiveram registros de ocorrências de impactos socioambientais nesse período de 30 anos.

Assim, notou-se o quanto a cidade é vulnerável a eventos de chuvas extremas, e mesmo em algumas ocasiões em que a precipitação não foi igual ou superior a 50 mm/24 horas, portanto, não considerada chuva extrema, ainda assim houveram registros de impactos urbanos e sociais relacionados às chuvas. Nesse ultimo caso, certamente a combinação entre a intensidade das chuvas e algumas condições urbano-ambientais (topografia e sistema de drenagem urbano, principalmente) no local da precipitação, causaram esses problemas.

No geral, foi possível identificar que em 14 anos do total de 30 anos analisados, ocorreram 35 eventos extremos de chuva, sem que estes tivessem qualquer relação com os fenômenos *El Niño* e *La Niña*. Assim, dos 16 anos restantes e que, portanto, tinham alguma influência desses fenômenos, foram registrados 47 eventos extremos de chuva.

Observando os dados de todo o período, verificou-se que os anos de 1990 e 2015 não tiveram registros de eventos extremos ≥ 50 mm de precipitação, todavia, apresentaram registros de impactos socioambientais causados pela chuva. Esses dois anos servem de exemplos para

responder o seguinte questionamento: existe algum padrão de chuvas que possam causar impacto socioambiental na cidade de Manaus? A resposta é não. Uma vez que, conforme já descrito nesse trabalho, esses impactos socioambientais correlacionados às chuvas podem ocorrer na cidade de Manaus, independente do episódio de eventos extremos de chuva.

Foi possível verificar que do total de ocorrências de eventos extremos do período que vai de 1986 a 1995 foram registradas 30 ocorrências de eventos extremos de chuvas ≥ 50 mm. No período de 1996 a 2005 foram registradas 34 ocorrências e no período de 2006 a 2015 apenas 18 ocorrências de eventos extremos uma diminuição de 40% de ocorrência. Em todo o período de 30 anos foram 82 registros de eventos extremos chuvas. Assim, foi possível observar que de 1986 à 2015, houve uma diminuição do número de chuvas extremas, assim como os respectivos números de impactos causados na área urbana por essas chuvas.

Desta forma, entende-se nesse trabalho, que o fator predominante para a ocorrência dos impactos socioambientais não estaria ligado apenas ao volume precipitado (≥ 50 mm/24 h) mas também à intensidade da chuva e sua relação com o ambiente onde ocorreu a precipitação. Vale destacar, o papel exercido no impacto provocado pelas chuvas com relação à deficiência na drenagem urbana do local da ocorrência, somados a outras variáveis como forma de ocupação, características do ambiente, etc.

Agradecimentos

Ao CAPES, pela concessão de bolsa ao 1o autor.

Referências

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Rede de estações meteorológicas Automáticas - Nota Técnica/ nº 001**. 2011.

Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/topo_iframe/pdf/Nota_Tecnica-Rede_estacoes_INMET.pdf.

Acesso em: 13 de Fevereiro de 2016.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V. de O.; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.S.F.; RUDORFF, F. de M. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Florianópolis: Ed. Organic Trading, 2006. 109p.

MARENCO, J.A.; ALVES, L.M.; VALVERDE, M.C.; ROCHA, R.P. da.;

LABORBE, R. **Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais**. Relatório N°5. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - MMA/Secretaria de Biodiversidade e Florestas-SBF/Diretoria de Conservação da Biodiversidade – DCBio, 2007.

MARENGO, J. A. **Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima- Impactos sociais e econômicos**. São Paulo: Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudança Climático- GPMC/ INPE. Ed. 08. Maio, 2009. Disponível em: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/newsletters/Boletim_No8_Port.pdf.

Acesso em: 11 de fevereiro de 2016.

MASCARENHAS JUNIOR, T.A.; SARAIVA, J.M.B.; AGUIAR, F.E.O. **Comparação entre a Normal Climatológica 1961-1990 e o período 1991-2007 para a Precipitação na Cidade de Manaus - AM**. In: *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 5, Curitiba, 2009. p. 165-176.

MENDONÇA, M.M.; AMORIM, M.C.D.C.T. Estudos dos impactos da precipitação no ambiente urbano de Presidente Prudente. In: **XVI Encontro Nacional dos Geógrafos**. Anais. Porto Alegre - RS, 2010.

OMM. **Normais climatológicas do Brasil, período 1961-1990**. OMM/Organização Meteorológica Mundial. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2016.

SANTOS, C. A. C. D. SATYAMURTY, P. SANTOS, E. M. Tendências de índices de extremos climáticos para a região de Manaus-AM. In: **Revista Acta Amazônica**, v.42(3). Manaus, 2012. p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). *Banco de Dados Meteorológico para Ensino e Pesquisa*. Brasília. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> . Acesso em: 30 de março de 2017.

Uso e ocupação do solo na planície de inundação do rio Negro, Distrito de Cacau Pirêra – Iranduba (AM): enchentes e impactos na dinâmica regional

Neliane de Sousa Alves

Caio Geovanne Amorim da Silva

Kethleen Kerolaine Gonçalves Carvalho

Leliane Regina Lima dos Anjos

Mônica Cortez Pinto

Introdução

A partir da criação da Região Metropolitana de Manaus - RMM e, sobretudo, da construção da Ponte Jornalista Phelippe Daou, os municípios de Iranduba e Manacapuru, localizados na margem direita do rio Negro, passaram a ser o foco dos investimentos do capital e são compreendidos hoje como a nova área de expansão urbana da região, promovendo, de acordo com Sousa (2013), uma reestruturação socioespacial destes municípios.

Nesse processo, a população de baixo poder aquisitivo do município de Iranduba, impossibilitada de adquirir imóveis de maior valor no mercado imobiliário, vem ao longo dos anos ocupando as áreas do Distrito de Cacau Pirêra promovendo a invasão de áreas ribeirinhas. Esta população é atingida anualmente pelas cheias do rio Negro, e devido à posição geográfica do distrito, próximo à confluência dos rios Negro e Solimões, também recebe influência do regime de cheias do rio Solimões que promove o barramento das águas do rio Negro, aumentando o nível das águas deste, bem como do Lago do Januári, causando aumento na magnitude das cheias locais.

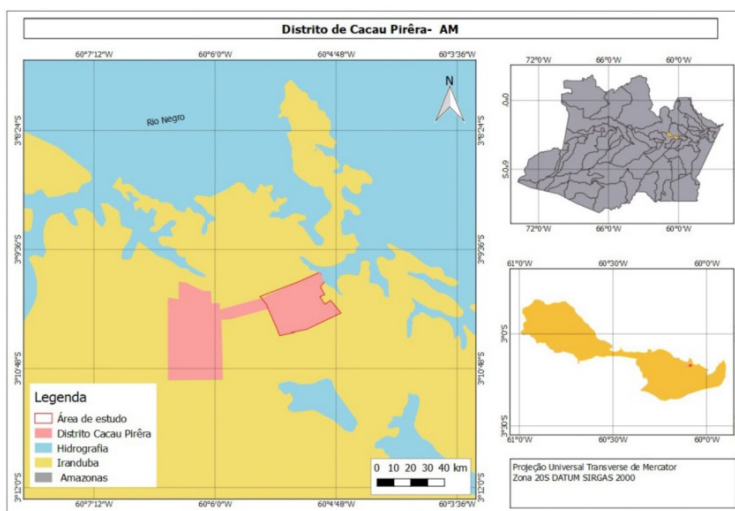
A pesquisa realizada teve como objetivo diagnosticar o uso e ocupação do solo na planície de inundação do rio Negro no Distrito do Cacau Pirêra, suas relações com os fenômenos de enchentes, e os impactos na dinâmica regional da população. O entendimento das relações entre a dinâmica populacional e a dinâmica hidrológica do rio Negro na área do Distrito de Cacau Pirêra busca contribuir para o melhor planejamento do processo de ocupação da área e no ordenamento do território, bem como na redução dos riscos à população ribeirinha.

Área de Estudo

O município de Iranduba está localizado entre os Rios Negro e Solimões possuindo terras de igapó, banhadas pelo rio Negro e terrenos de várzeas banhados pelo rio Solimões. Com uma extensão territorial de 2.215 km², Iranduba faz limites com os municípios de Manaus e Novo Airão, ao norte; Manacapuru e Manaquiri, a oeste e sul; e com o Careiro e Careiro da Várzea, pelo lado leste. Em divisão territorial dada de 2007, o município ficou constituído em cinco distritos: Ariaú, Cacau Pirêra, Lago do Limão e Paricatuba. O Distrito de Cacau Pirêra, área objeto desta pesquisa, localiza-se na região leste do município de Iranduba (Figura 01) e possui uma população de 11.019 habitantes (SEPLAN-CTI, 2015).

No município de Iranduba afloram representantes da Sequência Cretácea-terciária da Bacia Sedimentar do Amazonas, representada pela Formação Alter do Chão do Grupo Javari e os depósitos aluvionares cenozoicos. A Formação Alter do Chão é interpretada como produto de um sistema deposicional flúvio-deltaico-lacustre com planícies abandonadas de rios entrelaçados. Além de arenitos e pelitos com intensa coloração vermelha, é composta de rochas siliciclásticas avermelhadas que incluem arenitos feldspáticos caulínicos, quartzo-arenitos e quartzo-grauvacas com estratificação cruzada e intercalações de argilitos (incluindo caulins), siltitos e conglomerados, bem como brechas intraformacionais (CUNHA et al., 1994; KISTLER, 1954).

Figura 01: Mapa de Localização da Área de Estudo.



Os depósitos *cenozoicos* (terciário e quaternário) da área de estudo compreendem basicamente as coberturas modernas e os depósitos aluviais ao longo do sistema fluvial da região. São constituídos por sedimentos arenosos e argilosos depositados em um complexo sistema e formas fluviais, incluindo diques marginais, depósitos de canais e de barras de meandros, barras ativas, depósitos de planície de inundação, depósito de rompimento de dique, terraços aluviais, depósitos em meandros abandonados e lagos (SILVA, 2005).

O clima predominante na região é tropical úmido com uma precipitação média maior que 2000 mm/ano com um aumento na direção NW atingindo aproximadamente 3500 mm/ano. O rio Negro, que banha as terras do distrito de Cacau Pirêra, apresenta uma descarga média anual de 29.000 m³/s, e carrega, em média, oito milhões de toneladas anuais de sedimentos suspensos, sendo 50% de sua carga constituída de matéria orgânica (FILIZOLA, 1999; LEENHEER; SANTOS, 1980; NASCIMENTO et al., 2004).

Metodologia

As bases teórico-metodológicas mais gerais desta pesquisa estão fundamentalmente associadas às abordagens da Geomorfologia Urbana e Fluvial, com ênfase nos processos de ocupação da planície de inundação devido ao crescimento desordenado e acelerado das manchas urbanas; e no regime hidrológico dos rios Negro e Solimões que promovem, na região, o aumento do risco associado a enchentes.

Foram realizados levantamentos de dados bibliográficos visando uma revisão bibliográfica pertinente acerca da temática da pesquisa, como uso e ocupação do solo, processo de urbanização e impactos associados, dinâmica fluvial e interações com a população ribeirinha; Levantamento de dados cartográficos (Tabela 01), como aquisição de imagens de satélites da área e cartas topográficas, que subsidiaram a identificação e classificação do uso do solo na área de pesquisa, delimitação da planície de inundação e análise do processo de ocupação da área; Levantamento de dados hidrológicos disponíveis para o rio Negro e Solimões, cuja análise auxiliou no entendimento da dinâmica fluvial relacionada aos eventos de cheias e vazantes na área de pesquisa; Levantamentos de campo para reconhecimento e conferição da delimitação da planície de inundação; mapeamento das áreas inundáveis ocupadas pela população ribeirinha, formas de ocupação e impactos associados, além de aplicação de questionário à população ribeirinha. Nesta etapa de campo foram utilizados os seguintes recursos: GPS eTrex legend® HCx para georreferenciamento dos pontos levantados, câmera digital

para registro fotográfico e caderneta de campo. Após estas etapas foi realizada a sistematização, análise e interpretação dos dados levantados.

Tabela 01 - Principais materiais cartográficos utilizados na pesquisa

Material	Dado	Ano	Fonte
Carta Topográfica	SA.20-Z-D-III/ MI-578 Escala: 1:100.000	1994	4ª DSG
Imagens TM LANDSAT5	231/062	2005 e 2011	USGS (https:// earthexplorer.usgs. gov/)
Imagens OLI LANDSAT8	231/062	2017	USGS (https:// earthexplorer.u sgs. gov/)
Arquivos Shapefile e PDF's	Setor Censitário 15 Geocódigo: 130185215	2010	IBGE (Censo 2010)
Imagens Alta Resolução	Imagens Históricas		Google Earth Pro®

Com o objetivo de analisar mudanças de uso e ocupação do solo na área do distrito, antes e após a criação da RMM, trabalhou-se com uma escala temporal que contempla o período anterior a 2007 quando houve a criação da RMM, e neste caso foram selecionados os anos de 2005, que corresponde ao ano em que o Cacau Pirêra foi elevado a categoria de Distrito; e o ano de 2011 quando foi inaugurada a Ponte Jornalista Phelippe Daou (Imagens TM LANDSAT5). Além destes foi selecionado o ano de 2017, data de início da pesquisa, situação mais recente (Imagem OLI LANDSAT8). As imagens selecionadas correspondem ao período de cheia do Rio Negro, visto que a quantidade de nuvens é menor na área; permitindo melhor visualização e padronização no processo de análise. Nesta etapa foi possível identificar as áreas de expansão urbana, e mapear as áreas de exploração de argila e sua influência no processo de ocupação do distrito.

O mapeamento das classes de ocupação do solo realizado se deu por meio da classificação supervisionada, disponível como ferramenta no software Quantum GIS 2.8. Para finalização do mapeamento temático utilizou-se como auxílio para interpretação o programa Google Earth Pro®, que disponibiliza imagens LANDSAT históricas com alta resolução, fundamentais para a visualização de elementos característi-

cos da mudança de ocupação e uso do solo na área estudada. A legenda adotada foi definida com base no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013).

Na análise da hidrologia dos rios Negro e Solimões e do regime de cheias na área do distrito foram utilizados dados de cota do nível da água disponíveis nos sites da Agência Nacional de Águas – ANA, Serviço Geológico do Brasil – CPRM e do Porto de Manaus que disponibiliza cotas máximas, mínimas e médias diárias do rio Negro desde 1902 (Tabela 02).

Tabela 02: Estações Fluviométricas utilizadas na pesquisa

Estação	Código	Entidade Responsável	Entidade Operadora	Localização
Manaus	14990000	ANA	CPRM	Lat. 03°08'30"S Long. 50°59'W
Manacapuru	14100000	ANA	CPRM	Lat. -3,3106 S Long. -60,6094 W

Fonte: ANA (2018)

Foi elaborado questionário para aplicar as famílias do distrito, com 25 perguntas distribuídas em 05 tópicos principais: identificação do entrevistado; origem e migração do morador; informações quanto aos residentes na unidade familiar; impactos causados pelas cheias e atuação do poder público, cujo objetivo foi levantar o perfil socioeconômico dos moradores do local, e identificar os problemas e impactos causados pelas cheias anuais do rio Negro na área do distrito.

Uso e Ocupação do Solo

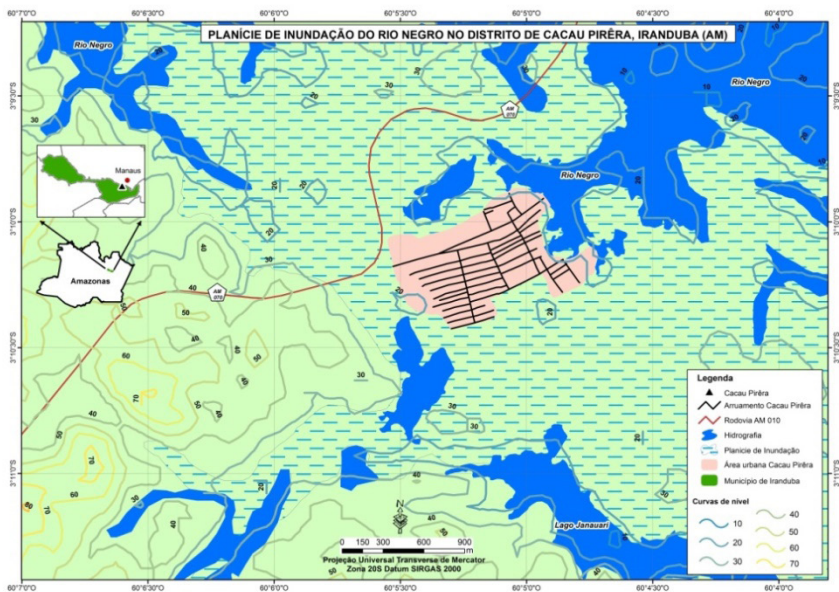
Historicamente, algumas populações estabeleceram-se às margens de rios, nas planícies e terraços fluviais, a exemplo do Distrito de Cacau Pirêra que se localiza na planície de inundação do rio Negro. Com o intenso processo de urbanização que ocorreu a partir da revolução industrial a ocupação do território passa a ser mais intensa e desorganizada aumentando as populações que se instalam nas planícies de inundação de rios e arroios intensificando o desmatamento da mata ciliar, a impermeabilização dos terraços fluviais e o despejo de efluentes domésticos e industriais não tratados diretamente nos cursos d'água.

Assim, os corpos hídricos e ecossistemas aquáticos tendem a sofrer pressão dos processos de urbanização, que esgotam seus atributos naturais e deixam ambientes completa ou parcialmente descaracterizados, incapazes de cumprir suas funções ambientais (BELLOLI et al., 2014).

As planícies de inundação conhecida como várzeas na toponímia popular do Brasil, constituem a forma mais comum de sedimentação fluvial, encontrada nos rios de todas as grandezas. O avanço da urbanização sobre estas causam impactos no ciclo hidrológico, na sedimentação e nas funções ecológicas dos rios. Quando associada à supressão de áreas úmidas e de vegetação ciliar, rompe um equilíbrio ecológico que impede essas áreas de executarem sua função hidrológica (BORGES et al., 2009 apud SCHEREN, 2014).

A delimitação da planície de inundação do rio Negro (Figura 02) permitiu verificar que toda área do distrito do Cacau Pirêra encontra-se na planície de inundação deste rio e o Lago do Januári, um de seus afluentes (braço do rio Negro), também contribui para a inundação e suas águas incidem diretamente sobre o bairro de Nova Veneza (ALVES; PINTO, 2017).

Figura 02: Planície de inundação do rio Negro no Distrito de Cacau Pirêra



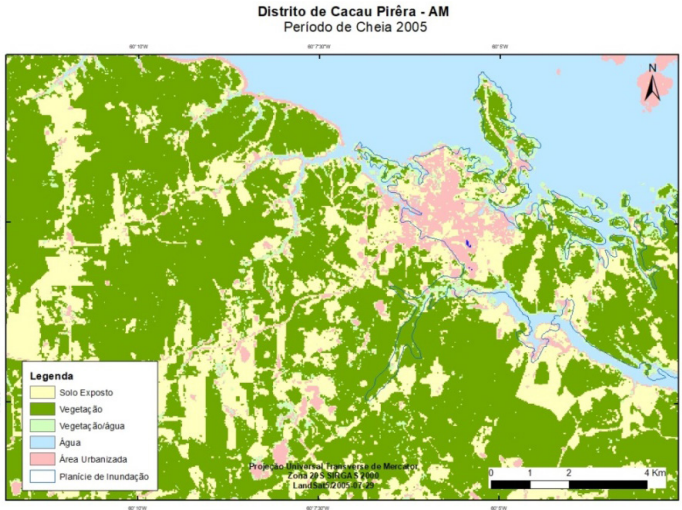
Elaborado por: PINTO, M. C. (2017)

O mapeamento das macroclasses - água, vegetação, solo exposto e área urbanizada, levantamento de campos e análise dos dados obtidos nas imagens de satélites resultaram nos mapas de uso e ocupação do solo (Figuras 03, 04 e 05), onde se percebe um aumento na ocupação na área do distrito na direção sudoeste e nas proximidades da rodovia Manoel Urbano – AM-070. Para atender às necessidades da pesquisa foi estabelecida uma legenda cujos temas fossem associados às principais atividades impactantes ao meio ambiente identificados na área de pesquisa: ocupação urbana, mineração e cobertura vegetal (Tabela 02).

Tabela 02: Descrição da legenda do mapa de uso e ocupação do solo

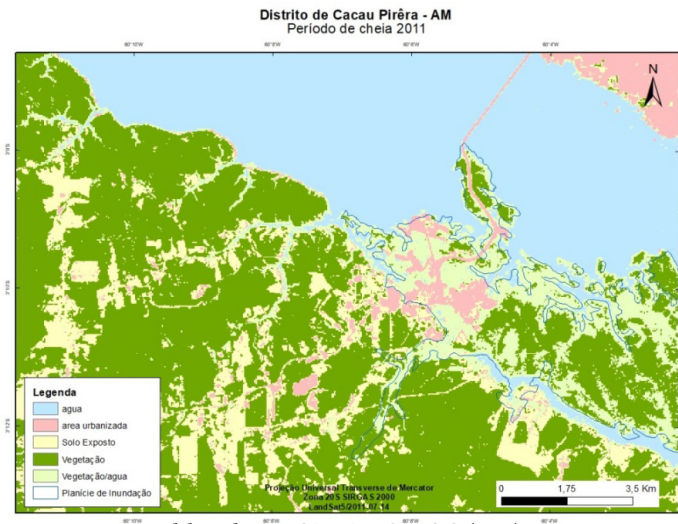
Tema	Descrição
Água	Abrangem todas as classes de águas de rios e lagos; e antigas cavas de extração de argila que se encontram preenchidas por águas.
Áreas Urbanizadas	Incluídas nesta categoria estão as cidades, vilas, áreas de rodovias, serviços e transporte, energia, comunicações e terrenos associados, áreas ocupadas por indústrias, complexos industriais e comerciais e instituições que podem em alguns casos encontrar-se isolados das áreas urbanas.
Solo Exposto	Áreas onde o solo se encontra desprovido de qualquer tipo de cobertura, normalmente associadas a áreas de desmatamento; ou áreas de extração mineral e argila.
Vegetação	Formações arbóreas mais densas e não situadas muito próximos a margem dos rios ou lagos.
Vegetação/água	Formações vegetais de pequeno e médio porte, adaptadas a cheias e situadas em áreas que participam do regime de cheia do rio.

Figura 03: Mapa de Uso do Solo referente ao ano de 2005.



Elaborado por: CARVALHO, K.G.C. (2018).

Figura 04: Mapa de Uso do Solo referente ao ano de 2011.

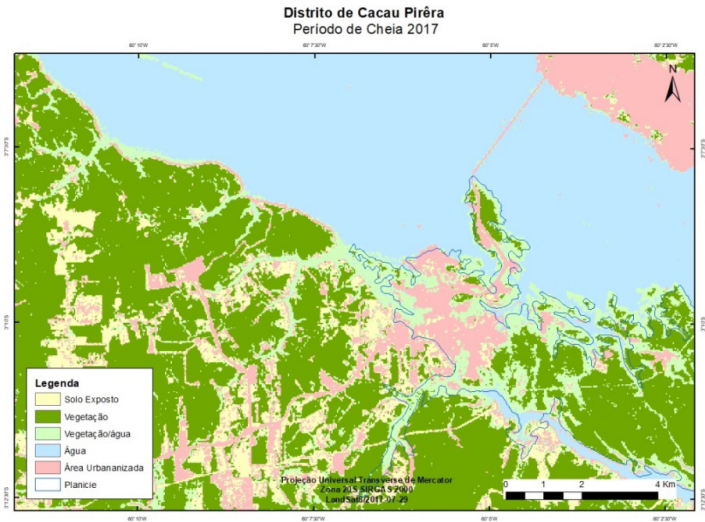


Elaborado por: CARVALHO, K.G.C. (2018)

Devido ao fato de toda a extensão da área do distrito se encontrar dentro da planície de inundação do Rio Negro, o mesmo apresenta duas paisagens anuais: uma no período de cheia e outra no período de vazante, resultado da dinâmica característica de áreas de várzeas.

As formas de ocupações no distrito podem ser divididas entre instalações residenciais (casas de alvenaria, flutuantes e palafitas) e instalações comerciais e industriais (pequenos comércios e olarias). Algumas áreas no distrito não são atingidas pelas enchentes, pois foram aterradas, a exemplo das vias de acesso à ponte sobre o rio Negro e ao distrito, e algumas ruas dos bairros do Cacau Pirêra, Nova Cidade do Cacau e Nova Veneza. Nessas áreas as residências são construídas, em sua maioria, em alvenaria.

Figura 05: Mapa de Uso do Solo referente ao ano de 2017.

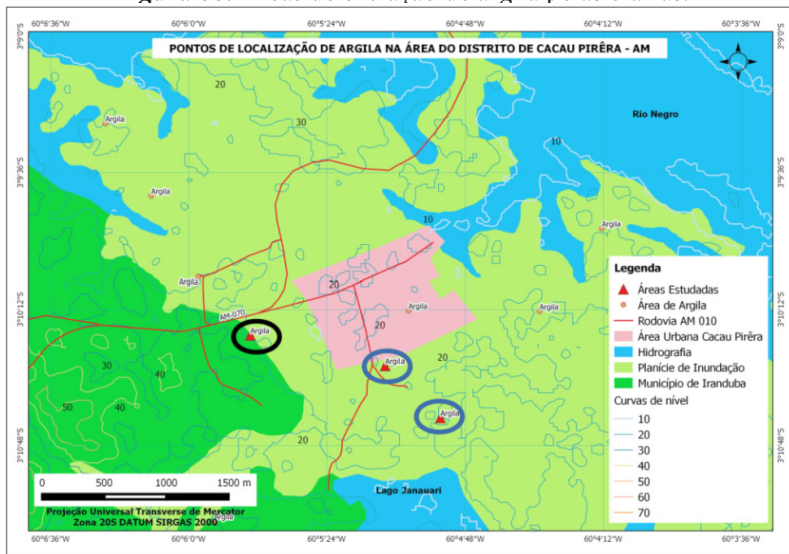


Elaborado por: CARVALHO, K.G.C. (2018)

Na análise de uso e ocupação do solo destaca-se a extração de argila, atividade econômica que predomina na área. De acordo com D'Antonna et al. (2007) a atividade é responsável pelo fornecimento de matéria prima para fabricação de tijolos, blocos cerâmicos, telhas e revestimento rústico para pisos, e atende o mercado consumidor de Manaus que absorve 70% da produção. A extração de argila é visível nas imagens de satélites desde 2005, diferenciando-se pelo contorno que as cavas apresentam.

Na figura 06 os triângulos destacados na cor vermelha correspondem às áreas de extração que foram levantadas e os demais são locais de ocorrência de argila, identificados no projeto do CPRM (2016). Os triângulos com círculos azuis são áreas de extração mais recente, observadas em campo, e o triângulo em preto corresponde à área de extração antiga, que causou o rebaixamento topográfico e onde atualmente se localiza a Comunidade Águas Clara, cujo processo de ocupação iniciou-se a partir de 2005. Devido à retirada da argila e ao rebaixamento topográfico, no período de cheia do rio Negro e do Lago Janauari esta comunidade fica totalmente alagada.

Figura 06: Áreas de extração de argila pelas olarias.



Elaborado por: CARVALHO, K.G.C. (2018)

Enchentes no Distrito do Cacaú Pirêra

Enchente é um fenômeno natural que ocorre nos cursos de água em regiões urbanas e rurais. Ela consiste na elevação dos níveis de um curso d'água, seja este de pequena (córrego, riacho, arroio, ribeirão) ou de grande (rio) dimensão, podendo causar inundações, ou seja, o transbordamento de água do canal principal (PINHEIRO, 2007). De acordo com o Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2016) as cheias que ocorrem na orla de Manaus e seu entorno são devidas, em sua maior parte, às contribuições do Rio Solimões e dos seus afluentes da margem

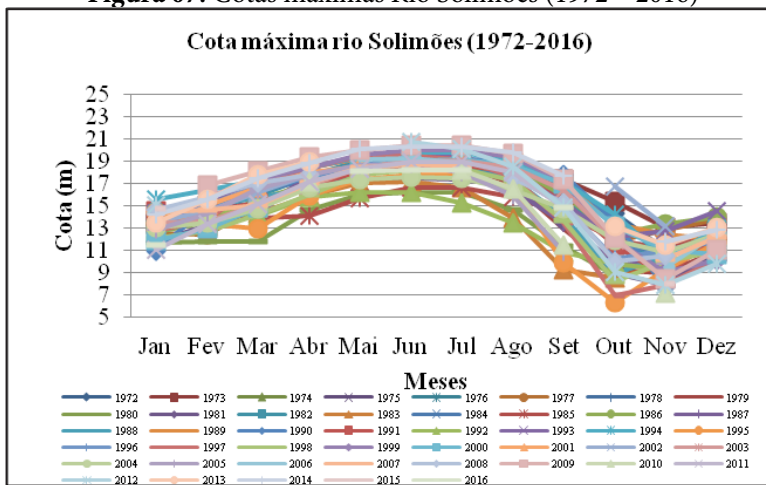
direita e, em menor grau, aos tributários da margem esquerda, inclusive o próprio Rio Negro.

As cheias fluviais na Amazônia, com ressalvas para o fato de que possam apresentar maior ou menor amplitude, é um fenômeno natural que faz parte da dinâmica natural dos rios amazônicos. Estas apresentam um longo tempo de percurso, devido ao tamanho da bacia hidrográfica e à pequena declividade observada nos leitos dos seus principais corpos d'águas (CPRM, 2016).

Os eventos de cheias na Amazônia são em geral registrados entre os meses de junho e julho de cada ano, liderados pelo regime do rio principal. Entretanto a cheia nos tributários pode ocorrer em períodos distintos, segundo o seu regime específico. No caso do rio Negro, cujo regime hidrológico é do tipo Equatorial, tem-se a ocorrência de dois picos máximos de descarga durante o ano. O primeiro pico ocorre nos primeiros noventa dias do ano, fraco e de amplitude baixa, e o segundo e maior pico corresponde à inundação anual, que ocorre no período de maio a julho (FILIZOLA et al., 2009 apud ALVES, 2013).

O período de análise das cotas do rio Solimões são referentes aos anos de 1972 à 2016 (Figura 07). Nessa série histórica de 44 anos, a máxima das máximas registrada foi de 20,78 m em junho de 2015, e a mínima das máximas foi de 6,36 m em outubro de 1995, período em que o rio está vazando.

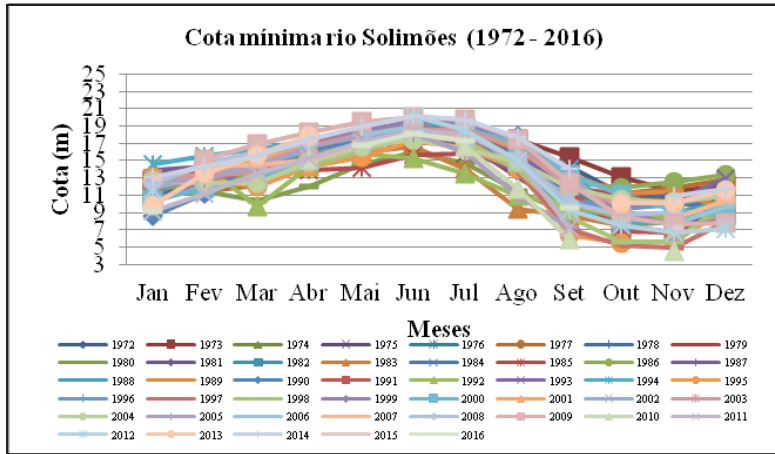
Figura 07: Cotas máximas Rio Solimões (1972 – 2016)



Fonte: ANA (2018); Elaborado por: ANJOS, L. R. L. (2018)

Referente às cotas mínimas (Figura 08), a máxima das mínimas registrada foi de 3,92 m em outubro de 2010 e a mínima das mínimas foi 19,66 m em junho de 1999.

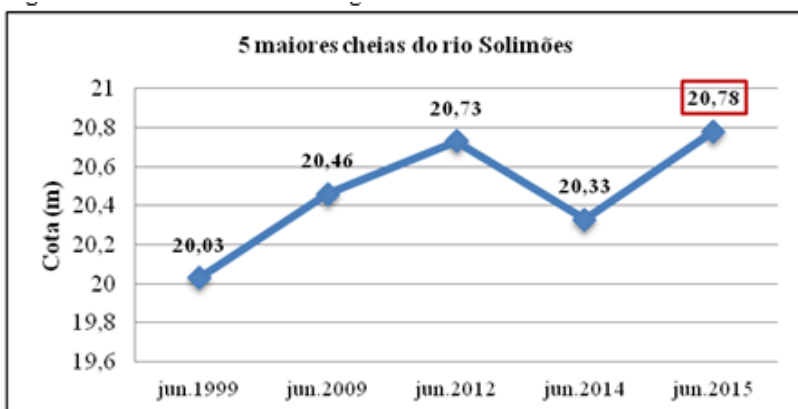
Figura 08: Cotas mínimas Rio Solimões (1972 – 2016).



Fonte: ANA (2018); Elaborado por: ANJOS, L. R. L. (2018)

De acordo com a CPRM e dados da Estação de Manacapuru, houve cinco anos em que o rio Solimões atingiu valores máximos em sua cota (Figura 09), sendo possível observar que o intervalo de tempo da recorrência é mais curto, comparado aos anos anteriores. Tucci (2015) ressalta que isso se deve aos efeitos antrópicos, por meio de alterações no uso do solo como desmatamento e uso de diferentes práticas agrícolas e mudanças climáticas. Os meses de recorrência se repetem, pois é no mês de junho em que ocorre normalmente o pico da cheia. As cinco maiores cheias medidas no rio Solimões são: junho de 1999: 20,03 m; junho 2009: 20,46 m; junho de 2012: 20,73 m; junho de 2014: 20,33 m; e junho de 2015: 20,78 m.

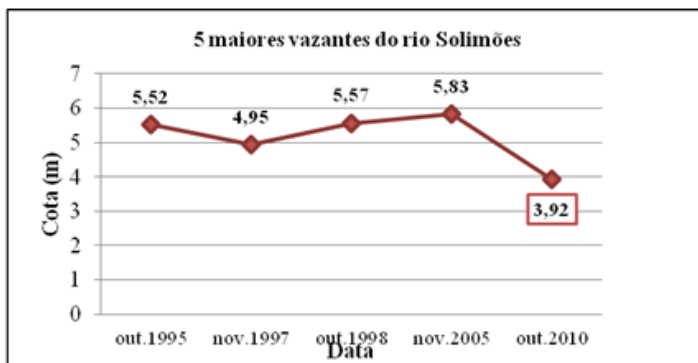
Figura 09: Cinco maiores cheias registradas no Rio Solimões.



Fonte: CPRM (2018); Elaborado por: ANJOS, L. R. L. (2018).

O CPRM também registrou as cinco maiores vazantes do rio Solimões: outubro de 1995: 5,52 m; novembro de 1997: 4,95 m; outubro de 1998: 5,57 m; novembro de 2005: 5,83 m; e outubro de 2010: 3,92 m (Figura 10).

Figura 10: Cinco maiores vazantes do Rio Solimões.

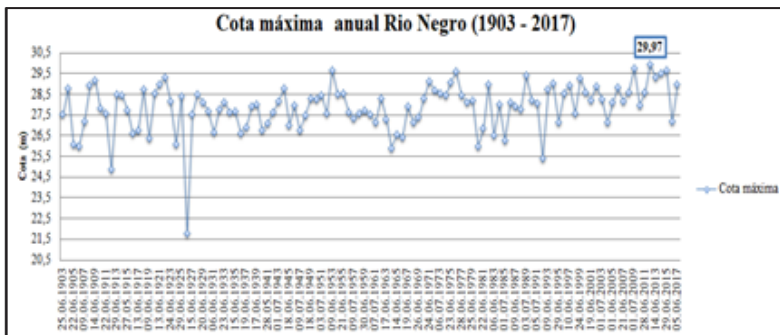


Fonte: CPRM (2018); Elaborado por: ANJOS, L. R. L. (2018)

Para o rio Negro foi analisado o período entre 1993 a 2017, cuja cota máxima das máximas registrada para esse período foi de 29,97 m em maio de 2012, e a mínima das máximas de 21,77 m em julho

de 1926. Os totais de anos analisados correspondem há 114 anos e, ao longo destes anos, a cota máxima do rio Negro foi registrada no mês de junho 86 vezes, confirmando ser este o mês de maior frequência do pico da cheia (Figura 11).

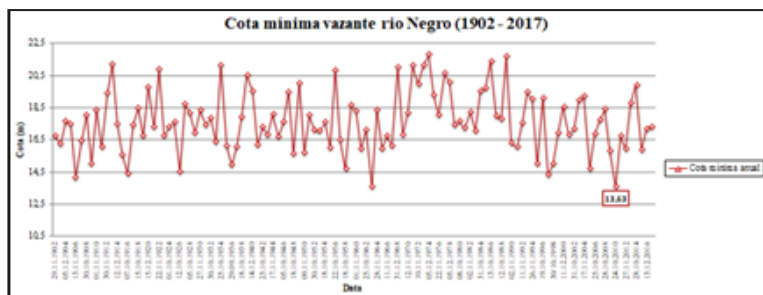
Figura 11: Cotas máximas do Rio Negro (1902-2017)



Fonte: Porto de Manaus (2018); Elaborado por: ANJOS, L. R. L. (2018)

Para a cota mínima anual foi observado para o período de 1902-2017. A máxima das mínimas atingida foi de 13,63 m em 24.05.2010 e a mínima das mínimas 21,84 m em 05.12.1974. No período de 115 anos, em 55 anos a cota mínima teve maior frequência no mês de outubro, período de vazante (Figura 12).

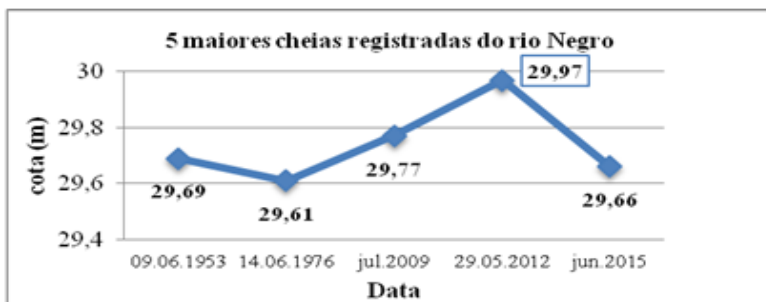
Figura 12: Cotas mínimas do Rio Negro (1902-2017)



Fonte: Porto de Manaus (2018); Elaborado por: ANJOS, L. R. L. (2018)

As cinco maiores cheias já registradas pelo Porto de Manaus aconteceram em: junho de 1953: 29,69 m; junho de 1976: 29,61 m; julho 2009: 29,77 m; maio de 2012: 29,97 m; e junho 2015: 29,66 m (Figura 13).

Figura 13: As cinco maiores cheias medidas para o Rio Negro.

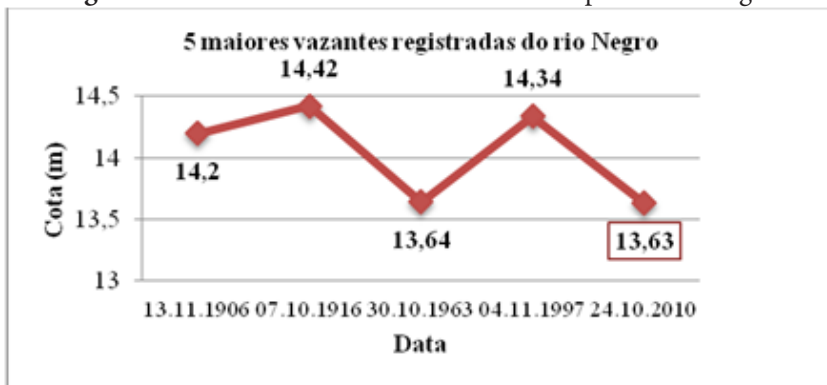


Fonte: CPRM (2018); Elaborado por: ANJOS, L. R. L. (2018)

De acordo com Alves (2013) é apontado como responsável por esse evento extremo no rio Negro o fenômeno La Niña, fenômeno oceânico-atmosférico com características opostas ao El Niño, e que se caracteriza por um esfriamento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical, cujos impactos na região norte do Brasil inclui o aumento da precipitação e vazão dos rios. A cheia de 2009 também é atribuída a La Niña quando o rio Negro atingiu a cota máxima de 29,77 m em Manaus.

As cinco maiores vazantes do rio Negro foram registradas em novembro 1906: 14,2 m; outubro 1916: 14,42 m; outubro 1963: 13,64 m; novembro 1977: 14,34 m; e outubro 2010: 13,63 m (Figura 14).

Figura 14: As cinco maiores vazantes medidas para o Rio Negro.



Fonte: Porto de Manaus (2018); Elaborado por: ANJOS, L. R. L. (2018)

População e Impactos Socioambientais

O Distrito de Cacau Pirêra possui um total de 2.618 famílias, dado levantado junto as Unidades Básicas de Saúde - UBS, distribuídas nos bairros Cacau Pirêra, Cidade Nova do Cacau, Nova Veneza e Águas Claras. A população residente é na sua maioria do sexo feminino (79% dos entrevistados), e o grau de escolaridade é baixo visto que cerca de 80% da população entrevistada não concluiu o ensino básico. Outro fato que chama a atenção é o baixo índice de empregados, apenas 27% dos entrevistados, e a renda média das famílias que é menor que um salário mínimo de acordo com 45% dos entrevistados. Estas variáveis apontam o elevado índice de vulnerabilidade socioeconômica da população.

De acordo com Tucci (2003) os principais impactos sobre a população devido a enchentes são: prejuízos de perdas materiais e humanas; interrupção da atividade econômica das áreas inundadas; contaminação por doenças de veiculação hídrica como leptospirose, cólera, entre outras; contaminação da água pela inundação de depósitos de material tóxico, estações de tratamentos entre outros.

Os dados levantados na aplicação do questionário mostram que 38% dos entrevistados residem em casa do tipo palafitas e 11% em flutuantes, o que indica que estes ocupam a planície de inundação ou mesmo o leito do rio. Estas famílias estão sujeitas a diversas doenças associadas às enchentes e relataram a diarreia como a mais incidente, seguido de malária e dengue. Quanto aos principais riscos à população foram citados: aparecimentos de animais peçonhentos, doenças, afogamentos e perdas materiais.

Transformações Espaciais Advindas com a Criação da Região Metropolitana de Manaus – RMM

No que tange aos aspectos da expansão urbana na área do distrito do Cacau Pirêra, nota-se ao analisar a configuração do ano de 2001 até o ano 2005 que não houve grandes mudanças, entretanto quando comparados os anos de 2005 e 2011 (Figura 15) observa-se o aumento no número de instalações residenciais, fato que instiga o questionamento a cerca dos motivos que levaram a esse processo acelerado de ocupação. Diversos fatores promoveram essa expansão, dentre estes se tem a criação da Região Metropolitana de Manaus – RMM, por meio da Lei Complementar nº 52 de 30 de maio de 2007, e neste mesmo ano o anúncio da construção da Ponte Jornalista Phelippe Daou, que liga Manaus aos municípios de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão. Neste período de 2007 a 2011 é possível observar considerável interferência na dinâmica quanto ao uso e ocupação do solo na área do distrito do Cacau

Pirêra, que detinha o porto existente e era o principal ponto de acesso de pessoas e escoamento de mercadorias produzidas dos municípios da margem direita do rio Negro.

Figura 15: Comparação de crescimento de estabelecimentos no Distrito de Cacau Pirêra.



Fonte: *Imagens Históricas Google Earth, 2018*

Na comparação da quantidade de estabelecimentos e ruas do distrito nas imagens se percebe uma mudança gradual ao longo do tempo. No ano de 2011, marcado pela inauguração da Ponte Jornalista Phelippe Daou, a configuração de ocupação é semelhante a existente atualmente. Considerando a criação oficial da Região Metropolitana de Manaus em 2007 e a promessa de criação da ponte, a expansão urbana avançou bastante devido à expectativa que surgiu na época, perceptível no ramo imobiliário que investiu bastante nas áreas rurais do município de Iranduba.

O crescimento da demanda industrial no ramo da construção civil fomentou segundo D'Antona (2007) os principais polos oleiros cerâmicos do estado, sendo estes localizados na margem direita do rio Negro (distrito de Cacau Pirêra), na margem esquerda do rio Solimões (sede de Iranduba) e interflúvio entre os rios Negros e Solimões (rio Ariaú), condição que explica o surgimento de áreas de extração ao redor do distrito ao longo dos anos. Sendo estes aspectos observados não só pelas cavas resultantes do processo de extração, mas também pela abertura de ramais de acesso observáveis nas imagens de satélites. Para

representar a forma e o grau de utilização do meio em próprio proveito, são usados termos como: uso, ocupação e apropriação do espaço. Mais importante que compreender as diferenças entre os significados destes termos é entender que toda alteração sobre o meio provocará também uma modificação na configuração espacial da paisagem. Isto significa dizer que, via de regra, haverá uma resposta do próprio meio para cada alteração sofrida (THOMAZIELLO, 2007).

O Distrito de Cacau Pirêra ao longo do tempo teve sua configuração alterada, seja pelo Porto de Cacau Pirêra, seja pela exploração de argila, ou pela criação da Região Metropolitana de Manaus, produzindo a configuração atual do distrito.

Considerações Finais

A criação oficial da Região Metropolitana de Manaus no ano de 2007 e construção da Ponte Jornalista Phelippe Daou sobre o rio Negro são eventos que impulsionaram a configuração espacial do atual distrito do Cacau Pirêra. Além deste fato, questões de posição geográfica e a disponibilidade de argila para fins de fabricação de materiais derivados da mesma, foram os impulsionadores para ocupações com caráter comercial na área. A ocupação a nível residencial antecede a ocupação comercial, em menor escala, no período anterior a criação da RMM.

A população do distrito, cuja maioria ocupa a planície de inundação do rio Negro, está sujeita sazonalmente as enchentes deste rio que, em parte, é controlada pelo nível das águas do rio Solimões. Estas enchentes anuais influenciam na dinâmica socioeconômica da população e promove impactos socioambientais como perdas materiais, doenças e mortes.

Várias medidas estruturais poderiam ser tomadas pelo poder público para solucionar, em parte, essa situação: a transferência dessas famílias para áreas de terra firme onde não estaria mais sujeitas a variação sazonal do nível das águas; e a outra seria promover, no caso das moradias flutuantes, ações de adequação destes flutuantes à legislação ambiental vigente, com a oferta de água tratada, coleta de lixo e esgotamento sanitário, para evitar a poluição das águas do rio. Entretanto, o que se observa, é que o poder público atua na área, por meio da Defesa Civil, com ações paliativas como a construção de passarelas durante a enchente e doação de cestas básicas as famílias atingidas pela cheia.

Medidas não estruturais de caráter preventivo, como os boletins e relatórios do CPRM com meses, dias ou horas de antecedência em relação aos eventos críticos, visa a melhor convivência da população com enchentes, inundações e secas, essas medidas integram o Sistema de Alertas Hidrológicos do órgão. Este produto permite que agências

governamentais, instituições públicas e privadas, defesa civil e cidadãos possam tomar decisões sobre políticas e ações para mitigar os riscos dessas enchentes.

Agradecimentos

À UEA pelo apoio financeiro como resultado de Produtividade Acadêmica pela 1a autora.

Referências

ALVES, N. S. **Mapeamento hidromorfo dinâmico do Complexo Fluvial de Anavilhanas: contribuição aos estudos de Geomorfologia Fluvial de rios Amazônicos**. 2013. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

ALVES, N.S.; PINTO, M.C. Uso de Ferramentas Geotecnológicas para delimitação da planície de inundação do Rio Negro no Distrito de Caucau Pirêra-AM. **Anais da VII Semana de Geografia da Escola Normal Superior: Diálogos e Reflexões Possíveis em uma Ciência Integradora**. UEA, Manaus, 2018

AMAZONAS (Estado). **Lei Complementar nº 52, de 30 de maio de 2007**. Institui a Região Metropolitana de Manaus. Disponível em https://sapl.al.am.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2007/843/843_texto_integral.pdf. Acesso em outubro de 2017

ANA – Agência Nacional de Águas – **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH**. Disponível em <http://www.portalsnirh.ana.gov.br>

BELLOLI, T. F.; ETCHELAR, C.B.; QUEVEDO, R.P. Mapeamento de uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanente como auxílio para estudo de renaturalização ambiental do arroio Barnabé- Gravataí/RS. **Anais do VI Congresso Iberoamericano de Estudios Territoriales y Ambientales**. São Paulo, 2014

BRASIL. Porto de Manaus. Nível do Rio Negro. Disponível em: <https://www.portodemanaus.com.br/?pagina=niveis-maximo-minimo-do-rio-negro>. Acesso em setembro de 2018

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Geologia e Recursos Minerais da Região Metropolitana de Manaus**. Manaus, 2016.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais **Monitoramento Hidrológico das Bacias dos Rios Negro, Solimões e Madeira**. Disponível em: www.cprm.gov.br. Acesso em setembro/2018.

CUNHA, P. R. C., GONZAGA, F. G., COUTINHO, L. F. C., FEIJÓ, F. J. Bacia do Amazonas. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 8, n.01, p. 47-55, 1994.

D'ANTONA, R. J. G.; REIS, N. J.; MAIA, M. A. M.; ROSA, S. F.; NAVA, D. B. **Projeto materiais de construção na área Manacapuru – Iranduba – Manaus – Careiro: domínio Baixo Solimões**. Manaus: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2007. 185p.

FILIZOLA, N. P. **O fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da Bacia Amazônica brasileira**. Publ. ANEEL, Brasília. 63, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Uso da terra**. Manual Técnico em Geociências. Número7. 3ed. Divisão de Geociências. Rio de Janeiro, 2013.

KISTLER, P. **Historical resume of the Amazon Basin**. PETROBRAS/RENOR, Belém, Rel. Interno (inédito). 1954.

LEENHEER, J. A.; SANTOS, H. Considerações sobre os processos de sedimentação na água preta ácida do rio Negro (Amazônia Central). **Acta Amazônica**, 10 (2): p.343-355. 1980.

NASCIMENTO, N. R.; BUENO, G. T.; FRITSCH, E.; HERBILLON, A. J.; ALLARD, TH.; MELFI, A.J.; ASTOLFO, R.; BOUCHER, H.; LI, Y. Podzolization as a desferralitization process: a study of an Acrisol-Podzol sequence derived from Palaeozoic sandstones in the northern upper Amazon Basin. **European Journal of Soil Science**. 55, p. 523-528, 2004.

PINHEIRO, A. Enchentes e Inundações. In: SANTOS, R. F. (Org.) **Vulnerabilidade Ambiental**. Brasília: MMA, 192 p., 2007

SCHEREN, R. S. **Urbanização na planície de inundação do rio Gravataí-RS**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS, 2014

SEPLAN-CTI - Secretaria de Estado de Planejamento, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação. **Perfil da Região Metropolitana de Manaus 2014**. Departamento de Estudos, Pesquisas e Informações – DEPI. Governo do Estado do Amazonas. Manaus, 2015

SILVA, C. L. **Análise da tectônica cenozoica na região de Manaus e adjacências**. Rio Claro. Tese de doutorado em geologia regional, defendida no Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (UNESP). 2005.

SOUSA, I. S. **A ponte Rio Negro e a Região Metropolitana de Manaus: adequações no espaço urbano-regional à reprodução do capital**. Tese (Doutorado)-FFLCH/ USP-São Paulo, 2013.

THOMAZIELLO, S. Usos da Terra e sua Influência sobre a Qualidade Ambiental. In: SANTOS, R. F. (Org.) **Vulnerabilidade Ambiental**. Brasília: MMA, 192 p., 20

TUCCI, C.E M. Aguas Urbanas. In. TUCCI, C. E. M., BERTONI. J. C. (Orgs.). **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

USGS - United States Geological Survey . Imagens TM LANDSAT 5 e OLI LANDSAT8. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 09 de Out. 2017.

Mapeamento das áreas de riscos à erosão na Bacia Hidrográfica do Mauzinho, Manaus-AM¹

*Roberto Epifânio Lessa
Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira
Neliane de Sousa Alves*

Introdução

A pesquisa foi realizada dentro do perímetro da Bacia Hidrográfica do Mauzinho (BHM) localizada na Zona Leste da cidade de Manaus-AM, que têm limites com os bairros Vila Buriti, Distrito Industrial I, Distrito Industrial II e Colônia Antônio Aleixo, possuindo uma grande parte de sua extensão voltada para o Rio Negro (LEMOS, 2016).

A escolha da Bacia Hidrográfica do Mauzinho (BHM) se deu principalmente por ser uma área próxima ao Polo Industrial de Manaus (PIM), atrativo que promoveu o aumento do processo migratório na cidade; e também pelo grande número de deslizamentos de terra em sua área associados às fortes chuvas que acontecem na cidade.

A Zona Leste de Manaus, segundo o IBGE (2010), apresenta uma grande densidade e crescimento populacional onde o processo de ocupação ocorreu de forma irregular, sem um planejamento prévio e ordenamento na construção das edificações. A maior parte dos riscos identificados em Manaus é decorrente da ocupação inadequada/irregular do terreno, e tem relação com a infraestrutura urbana e o ciclo hidrológico anual (CPRM, 2012).

No caso específico da Zona Leste, a morfologia do relevo, com altitudes em torno de 110 m, constituído por formas com acentuada declividade (entre 25° e 45°) (VIEIRA, 2008), contribui naturalmente para a ocorrência de processos como deslizamentos/escorregamentos que geralmente tendem a incidir durante chuvas intensas, promovendo o risco em determinadas áreas que podem causar perda de vida humana e/ou econômicas, principalmente durante as inundações.

Associado a esta morfologia, tem-se a ocupação intensificada do local, promovida devido à ocorrência de áreas passíveis de ocupação, principalmente as margens dos corpos d'água, aumentando assim a quantidade de famílias que migram para essas localidades em busca de um lugar para construir suas moradias.

¹ Parte integrante da dissertação do 1º autor.

Riscos e a Geografia

O risco pode ser definido como a probabilidade de perigo, da catástrofe possível. Ele pode existir apenas em relação a um indivíduo e a um grupo social ou profissional, uma comunidade, uma sociedade que aprende por meio de representações mentais e com ele convive por meio de práticas sociais específicas (DAGNINO; CARPI JUNIOR, 2006).

Segundo Veyret (2007), não há riscos sem a presença de uma população ou indivíduo que o perceba e que poderia sofrer seus efeitos, o risco é a tradução de ameaça, de um perigo para aquele que está sujeito a ele e o percebe como tal.

Os estudos de riscos não se constituem em um novo campo científico, não se trata de uma nova disciplina, mas de uma abordagem ampla, que pode ser integrada com as ciências exatas e da terra como a Geologia, Química; Física; Meteorologia e Engenharias, e ciências humanas como: Geografia; Sociologia; Economia e Direito (REBELLO, 2010).

A conceituação de riscos tem sido empregada em várias áreas do conhecimento e adaptada em pesquisas científicas relacionadas a estudos do ambiente urbano. Com isso, repetidamente, o termo risco é trocado ou associa-se a potencial, suscetibilidade, vulnerabilidade, sensibilidade ou danos potenciais (DAGNINO; CARPI JUNIOR, 2006).

Nos dias atuais, estudos com a temática do risco vêm sendo desenvolvidos em vários campos do conhecimento, que colocam o próprio conceito de risco em evidência, configurando uma série de debates, avaliações e estudos no meio científico principalmente nos campos das ciências exatas e da terra com as ciências humanas (DERISIO, 2012). Para Santos Filho (2012), o risco é a probabilidade de que um acontecimento, mesmo que não esperado, se torne realidade. Sendo assim, a possibilidade de algo ocorrer já pode ser considerada um risco.

Segundo Castro et al. (2005) risco para uma conceituação básica é um adjetivo de qualificação, por exemplo: risco ambiental, risco geomorfológico, risco social, risco tecnológico, risco natural, biológico, e tantos outros que estão envolvidos de forma direta ou indireta no cotidiano de qualquer cidadão numa sociedade moderna. Para a pesquisa são considerados os riscos geomorfológicos, com ênfase nos riscos erosivos que tem relação direta com as transformações que vem ocorrendo de forma acelerada dentro do ambiente urbano.

Os riscos geomorfológicos são parte integrante de um conceito mais amplo, denominado riscos naturais, que correspondem à pro-

babilidade de ocorrer danos e perdas provocados por uma catástrofe e num determinado local ou região devido à ação de um processo natural acelerado, ou não, por ações antrópicas (DIAS, 2010).

Em relação a esse tipo de risco, vários estudos são voltados para o entendimento dos processos promotores de áreas com possibilidade de ocorrência de catástrofes em ambiente urbano, principalmente em locais que apresentam grande número de vertentes de elevadas declividades.

Sobre riscos naturais, Veyret (2007, p.64) afirma que “são aqueles que são pressentidos, percebidos e suportados por um grupo social ou um indivíduo sujeito à ação possível de um processo físico no determinado local”. O risco natural é a denominação preferida para fazer referência àqueles riscos que não podem ser facilmente atribuídos ou relacionáveis à ação humana, embora, nos dias atuais, essa seja uma tarefa cada vez mais difícil (REBELO, 2003).

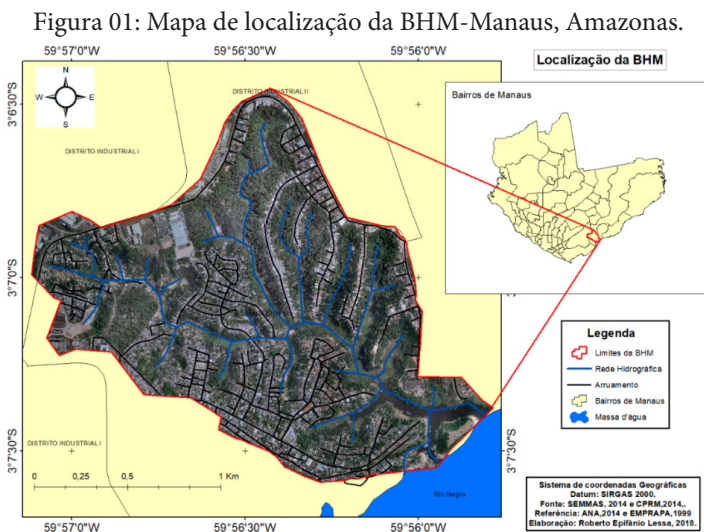
De forma mais ampla, Rebelo (2003) apresenta a seguinte tipologia dos riscos naturais: riscos tectônicos e magmáticos; riscos climáticos; riscos geomorfológicos, como: erosão, movimentações de massa, desabamento ou deslizamento e outros, como os decorrentes da erosão eólica e do descongelamento de neves de altitude e os riscos hidrológicos.

A relação entre eventos naturais e ação antrópica causam fenômenos enquadrados como sendo de risco, que geram prejuízos aos componentes do meio físico, biológico e social (CERRI et al., 1998). Na Geografia, o estudo de riscos se interessa em estudar a percepção e a gestão dos mesmos, acompanhado através de uma dimensão espacial. Abordagens variadas podem conduzir a diferentes tipologias (VEYRET, 2007).

Dentro do espaço urbano de uma grande cidade é observada uma variedade de riscos geológicos que podem causar perda de vida humana ou perda material. Alguns estudos referentes a riscos em cidades do Brasil apontam que os problemas relativos à erosão e a processos de movimentos de massa que ocorrem com bastante frequência em cidades médias e grandes, afetam principalmente a população cuja situação socioeconômica é de subdesenvolvimento ou em desenvolvimento. Os problemas tornam-se mais acentuados devido à escassa estrutura para evitar tais fenômenos (GUERRA, 2011). Outra variável, que deve ser levada em conta em estudos relacionados com riscos Geológicos, refere-se às formas de ocupações que ocorrem no espaço geográfico por meio das atividades humanas.

Metodologia

A pesquisa foi realizada na BHM que é constituída pelo bairro Mauazinho que abrange as comunidades Mauazinho I, Mauazinho II, Jardim Mauá, Parque Mauá e Jerusalém (LEMOS, 2012). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010), o bairro Mauazinho tem todo seu perímetro inserido na área da bacia hidrográfica, o mesmo possui aproximadamente 7,237 km² com população de cerca de 23.560 habitantes e a área da bacia tem em torno de 3,140 Km² (figura 01).



Para a avaliação de áreas de riscos à erosão na bacia hidrográfica Mauazinho, foi utilizado geoprocessamento e média ponderada que facilitou o trabalho no cruzamento de variáveis através de peso atribuído para cada aspecto e suas classes. A média ponderada é o resultado final adquirido depois da atribuição de pesos para os aspectos avaliados e notas para os atributos desses aspectos (XAVIER e SILVA, 2001).

A média é diferente da média ponderada, pois a primeira apenas realiza a somatória de todos os fatores, enquanto a segunda, dentro do geoprocessamento, é adquirida por uma avaliação dos pesos atribuídos para os aspectos de informações, e as notas são dadas para cada uma das classes de dados. O entendimento da Média Ponderada fica mais claro a partir da seguinte equação:

Onde:

é a média ponderada dos n aspectos (quadro 01);

Σ : Somatório de P_k e N_k com k variando de 1 a n ;

é o peso atribuído ao k -ésimo aspecto;

é a nota atribuída às classes dos aspectos;

é o número de aspectos avaliados.

Quadro 01: Classificação de Aspectos

Aspecto	Peso (%)
Declividade	50
Uso e ocupação do Solo	20
Forma de Terreno	30

Org.: Roberto Epifânio Lessa (2018).

O aspecto de declividade recebeu o maior peso (50), pois a declividade influencia nos processos de erosão do solo de forma acelerada. O aspecto de formas de terreno recebeu peso (30), um peso intermediário. O uso e ocupação do solo recebeu peso (20) por apresentar um nível intermediário abaixo das formas de terreno.

Cada aspecto citado anteriormente teve notas atribuídas para cada uma de suas classes de acordo com o quadro 02. Para o aspecto de declividade foram atribuídas as notas mais elevadas às classes que apresentarem maiores cotas, pois foi considerada que estas possuem maior suscetibilidade a risco de erosão do solo.

Para a base de dados referente ao aspecto de formas do terreno foram atribuídas notas baixas às áreas de formas planas e retilíneas, e notas mais elevadas para as áreas convergentes-convexas e divergentes-convexas.

Para o aspecto de uso e ocupação do solo foram atribuídas notas altas para o solo exposto devido à sua suscetibilidade à erosão, e notas mais baixas para floresta e lâmina d'água, pois possuem menos riscos de erosão.

Para se alcançar o objetivo estabelecido foram usados os seguintes produtos cartográficos: Mapa de declividade gerado a partir de modelo digital de elevação (MDE) baseado na classificação da EMBRAPA (1999); Mapa de formas do terreno conforme classificação da EMBRAPA (1997); Mapa de uso e ocupação do solo do ano de 2018.

Quadro 02: Notas de Classes

Declividade		Formas de Terreno		Uso e ocupação do solo	
Classe	Nota	Classe	Nota	Classe	Nota
0-3%	1	Convergente-côncava	5	Lamina d'água	1
3-8%	2	Convergente-Retilínea	2	Vegetação	3
8-13%	5	Convergente-convexa	8	Área Urbana	6
13-20%	7	Planar-côncava	4	Solo Exposto	10
20-45%	8	Planar-retilínea	1		
>45%	9	Planar-convexa	7		
Divergente-Retilínea		Divergente-Convexa	9		
Divergente Côncava		3			
		6			

Com o uso das médias ponderadas foi possível fazer a classificação das áreas de riscos dentro da bacia hidrografia, e a categorização dos graus de riscos variando de risco muito baixo (notas de 0-2), baixo (notas 2-4), médio (notas 4-6), alto (notas 6-8) e muito alto (notas 8-10), com base nas notas finais e elaborado mapa de área de riscos erosivos para a bacia hidrográfica Mauazinho.

Resultados e Discussão

Em relação à declividade do relevo a BHM apresenta quatro classes de acordo com a proposta metodológica da Embrapa (1999). Os valores apresentam cotas de declividade que variaram de 0 a 45 % conforme o quadro 03.

Assim, as classes de relevo que predominam na área na bacia são do tipo Plano com uma área estimada em 1.075Km², (39,5%) Suave Ondulado com 0,660Km² (24,3%), ondulado 0,563Km² (20,7%) e forte ondulado com 0,417Km² (15,5%) da área total da bacia.

Quadro 03. Classificação de declividade.

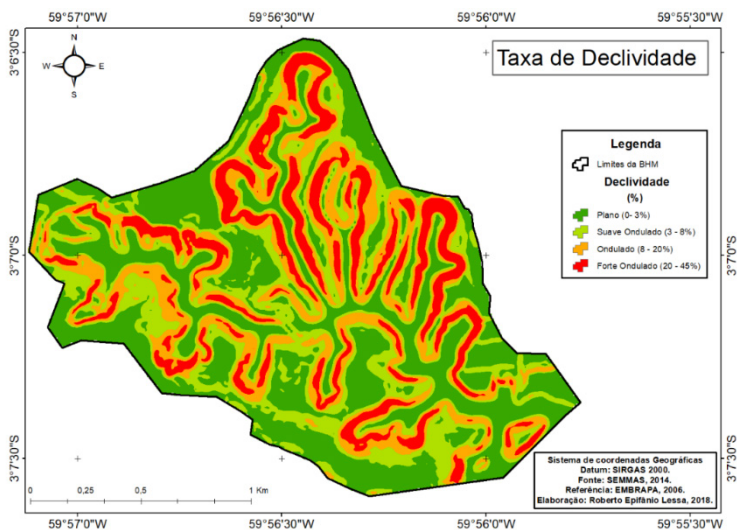
Declividade	Forma de Relevo	Porcentagem (%)	Área total (km)
0 - 3%	Plano	39,5	1.075
3 - 8%	Suave ondulado	24,3	0,660
8 - 20%	Ondulado	20,7	0,563
20- 45%	Forte ondulado	15,5	0,417
TOTAL		100	2.721

Fonte: EMBRAPA, 1999.

O mapa da Figura 02 apresenta a distribuição das classes de relevo na área da bacia. É possível destacar a alta representatividade das maiores cotas de declividades na bacia a partir de 0 a 8% (plano e suave ondulado).

Nota-se que as maiores cotas de declividades estão próximas as cabeceiras de drenagem de pequenos tributários do canal principal, nos canais de 1ª ordem. Essas áreas denotam uma fragilidade natural do relevo a qualquer tipo de intervenção e, portanto, são as que apresentam maior potencial de riscos aos deslizamentos e ao desenvolvimento de processos erosivos na bacia.

Figura 02: Mapa de declividade da Bacia Mauazinho.



Fonte: EMBRAPA, 1999. Elaboração: Roberto Epifânio Lessa, 2018.

Os dados relativos as formas de terreno apresentam uma combinação da curvatura vertical e horizontal do relevo. Na bacia os dados mostram maiores valores para a curvatura horizontal nas combinações convergente e divergente conforme o quadro 04.

Das formas de terreno mapeadas na bacia a mais representativa foi a combinação divergente-convexa com 14,09%, divergente-côncavo com 13,72%, e a forma divergente-retilínea com 12,32%. A forma das vertentes tem importância devido a influência que exerce sobre o escoamento superficial da água, pois dependendo da curvatura pode exercer maior ou menor potencial a formação de incisões erosivas e/ou na deflagração de movimentos de massa.

Assim, na bacia predominam as formas associadas tanto para processos erosivos (convexo) como para a ocorrência deslizamentos (côncavo). O mapa da Figura 03 apresenta a distribuição das formas de vertente na bacia do Mauazinho classificadas de acordo com os critérios da EMBRAPA (1999).

Quadro 04: Detalhamento dos dados de Formas do Relevo.

Formas de Terreno	Área (Km)	Porcentagem (%)
Divergente côncava	0,373	13,72
Divergente retilínea	0,335	12,32
Divergente convexa	0,383	14,09
Plana côncava	0,346	12,73
Plana retilínea 0,283		10,41
Plana convexa	0,281	10,34
Convergente convexa	0,240	8,83
Convergente retilínea	0,256	9,65
Convergente côncava	0,215	7,91
Total	2.721	100

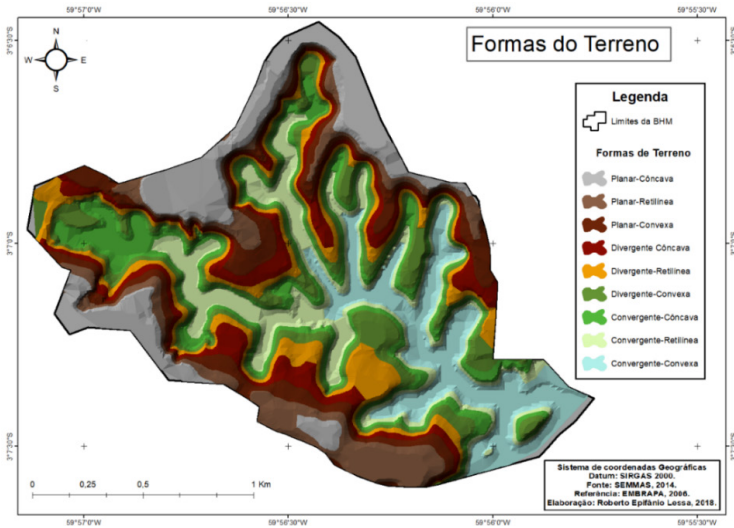
Fonte: EMBRAPA, 1999. Elaboração: Roberto Epifânio Lessa, 2018.

Outra constatação é que a BHM apresenta alta vulnerabilidade a deslizamentos de terra, fato observado pela forma divergente convexa predominante na bacia, que aumenta o risco de deslizamentos. Conforme destaca Fernandes e Amaral (1996, p.158): “as condições de divergência convexa na concentração dos fluxos de água e sedimentos tornam as porções côncavas do relevo segmentos preferências da paisagem para a ocorrência de deslizamentos”.

Coelho Neto e Avelar (2007) também afirmam que a porção côncava do relevo principalmente nas cabeceiras de drenagem favorece a convergência de fluxos d'água subsuperficiais em direção ao seu eixo central fazendo com que os solos se tornem instáveis e suscetíveis à ocorrência de deslizamentos.

A baixa quantidade de áreas planas na bacia acabou direcionando as ocupações humanas para as áreas inundáveis dos leitos dos igarapés e para as encostas íngremes do relevo, ou seja, sobre as áreas naturalmente mais frágeis da bacia. Isto explica em parte o elevado número de registros de ocorrências anuais tanto para deslizamentos quanto para inundações.

Figura 03: Detalhamento dos dados de Formas do Relevo.



Fonte: EMBRAPA, 1999 e SEMMAS, 2014. Elaboração: Roberto Epifânio Lessa. 2018

A bacia apresenta fragilidade para a ocorrência de processos erosivos e para deslizamentos. O nível bastante elevado de alteração do relevo bem como o alto número de cabeceiras de drenagem também responde pelo aparecimento de processos erosivos.

A classificação do uso e ocupação do solo no ano de 2018 na BHM, mostra que as modificações nos padrões de uso do solo foram sendo alterados, mostrando que a bacia já se encontra em estágio de consolidação da urbanização, com a existência de serviços essenciais e com mais de 80% de suas vias asfaltadas, com ocupações nas proximidades de cabeceiras dos cursos de drenagem, com construção de vias nas partes NE e intensificação de ocupações nas áreas com menores altitudes, e áreas de encostas com altas taxas de declividade que variam de 20 a 45% conforme o mapa da figura 04.

A BHM, apresentou uma área urbana de 48,51% sendo a maior modificação registrada ao longo dos 18 anos, com um aumento de 6,72% e taxa de crescimento mensal estimativo de 0,28% por mês, com uma área de 1.320Km² conforme o quadro 05.

Quadro 05: Classificação do uso do solo na BHM no ano de 2018.

2018	Taxa de área (%)	Total de área (Km ²)
Área Urbana	48,51%	1.320
Vegetação	32,97%	0.897
Solo Exposto	10,80%	0.294
Lâmina d'água	7,72%	0.210

Elaboração: Roberto Epifânio Lessa, 2018.

A área de vegetação apresentou 32,97%/0,897Km² com um aumento de 1,83% com relação ao ano de 2008, esse aumento da área de vegetação ocorreu devido ao aumento da taxa de ocupação da bacia, uma vez que a mesma se encontra em estágio de consolidação da urbanização e os moradores passam a plantar árvores nos quintais de seus terrenos (figura 04).

As áreas de Solo exposto representam cerca de 10,80% com um aumento de 3,22%, esse aumento se foi devido a diminuição das áreas de lâmina d'água, atingindo as taxas de áreas de solo exposto o correspondente a cerca de 0,294Km².

Na BHM foram mapeadas diversas áreas de riscos erosivos, com grau de risco variando de baixo (R1), médio (R2), alto (R3) e muito alto (R4) que são mostradas no mapa de classificação e localização das áreas de riscos a erosão conforme a figura 05.

Figura 04: Mapa de Classificação do uso do solo na BHM no ano de 2018.

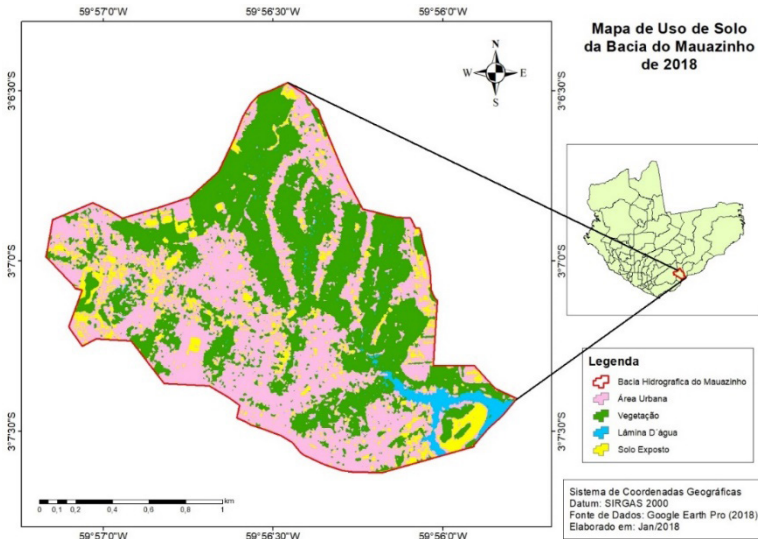
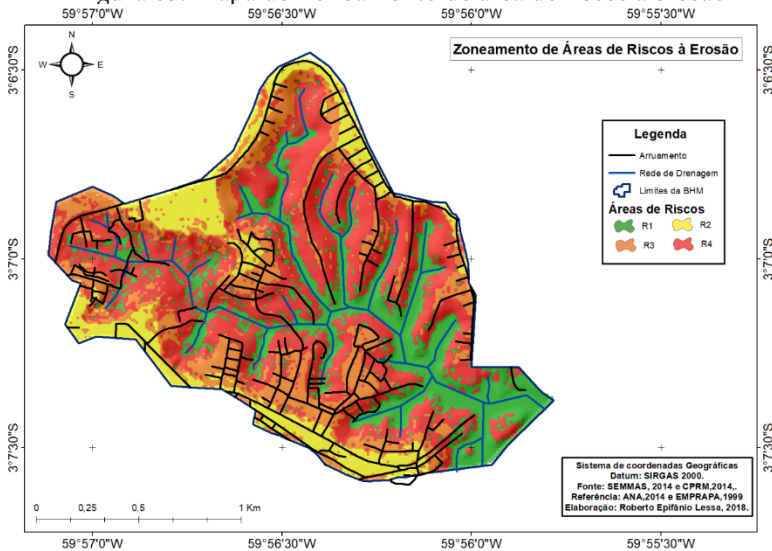


Foto: Roberto Epifânio Lessa 2018. Elaboração: Roberto Epifânio Lessa, 2018.

Figura 05: Mapa de Zoneamento de área de riscos à erosão



Elaboração: Roberto Epifânio Lessa, 2018.

As áreas classificadas com o Risco R1 (baixo) estão localizadas em espaços onde, mantidas as condições existentes, não há indícios efetivos de desenvolvimento de processos que venham a causar desestabilização de encosta, ou seja, não se espera a ocorrência de riscos durante evento extremo de chuva na área, localizadas nas regiões de fundo de vales no interior da bacia.

Os setores mapeados com grau de risco R1 (baixo), que podem ser observados no mapa da figura 33 representam 23% do total de setores de risco na bacia, correspondente a uma área de 0,634Km². Estão localizados, nas áreas que apresentam as mais baixas altitudes, chegando a 20 metros, com relevo plano protegida pela vegetação arbórea e rasteira conforme mostra a foto da figura 06.

Figura 06: Área de risco a erosão baixo.



Foto: Roberto Epifânio Lessa 2018

Embora alguns destes setores se encontrem em declividades acentuadas que variam de 0 a 5% não possuem sistemas de drenagem urbana adequada, visto que boa parte está localizada em áreas próximas da planície de inundação. Em linhas gerais, os setores com grau de risco R1 são aqueles em que estão em processo de ocupação intermediário constatado pela falta de alguns serviços básicos de infraestrutura urbana.

A maior parte das moradias nesse setor foi construída em alvenaria, apresentando maior resistência quando afetadas por escorregamentos, também apresenta habitações construídas de formas mistas sem os cuidados adequados na proteção das fundações das residências o que aumenta a possibilidade de desabamentos.

Além disso, esses imóveis em sua maioria não são atendidos por redes de infraestrutura básicas como: água, luz e coleta de lixo, sem a presença de um sistema de saneamento básico satisfatório, nessas áreas ocorre o lançamento de água de esgoto diretamente nos cursos d'água, possuindo pequenas quantidades de solo exposto e lixeiras viciadas.

Cabe destacar que estes setores foram avaliados com grau de risco à erosão baixo, porém não inexistente, pois, deve-se considerar que as características do solo (arenosos e frágeis) com área de depósitos sedimentares que podem refletir certo potencial de movimentos de massa. Essas áreas apresentam alto risco de inundação urbanas devido sua localização nas proximidades de margens de corpos d'água.

Nas áreas mapeadas como de grau de risco R2 (médio) foram identificadas evidências de instabilidades de encostas e processos erosivos, mas de baixa intensidade. Mantidas as condições existentes é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas no período de inverno amazônico.

Na BHM as áreas classificadas com o grau de o risco à erosão R2, atingem aproximadamente 14% da área total da bacia, correspondem a cerca de 0,368Km², essas áreas são localizadas nas áreas de platô, com relevo considerados planos e com altas taxas de urbanização.

Esses setores apresentam áreas com alto nível de consolidação urbana, constituídas vias pavimentadas pouca existência de solo exposto, foram identificadas encostas naturais, taludes e aterros, que em sua maioria sem a predominância de vegetação arbórea.

Esses setores são localizados nas principais vias urbanas caracterizadas como áreas mais valorizadas por apresentarem um relevo mais adequado para construção de edificações, conforme mostra a foto da figura 07, nessas áreas encontra-se os imóveis mais antigos, uma vez que o processo de ocupação na bacia se iniciou a partir da ocupação dos platôs que avançaram em direção das encostas e fundos de valesigra

Figura 07: Área de risco a erosão médio.



Foto: Roberto Epifânio Lessa 2018.

As moradias também são predominantemente de alvenaria, e neste caso apresentam uma razoável técnica construtiva, com poucas ocupações construídas em madeira. As vielas e ruas dos setores apresentam vias pavimentadas, a exceção de algumas localizadas nos terrenos de maior declividade.

Embora poucas moradias não lancem água servida em superfície, durante os trabalhos de campo foram observadas que em algumas localidades ocorre o lançamento de águas servidas nas encostas e seguem em direção das áreas menos elevadas, esse escoamento pelas ruas e vielas geram pequenos processos de escorregamentos que dão origem a sulcos, ravinas e até voçorocas fato que ocorre nos finais das principais avenidas.

Nos setores identificados como de grau de risco R3 (alto), foi observado a presença de significativas evidências de instabilidade do terreno como trincas no solo, inclinação de muros, árvores e postes, com o aumento da probabilidade de ocorrência de processos erosivos mais intensos. Mantidas as condições existentes é possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuva intensos e prolongados no período do ciclo chuvoso.

Os setores mapeados como grau de risco R3 (alto) correspondem a aproximadamente 0,661 Km², equivalente 24% do total da bacia.

Os campos mapeados com grau de risco R3 são aqueles que apresentam alta probabilidade ao risco de ocorrência de movimentos de massa e erosão.

Estes estão estruturados em encostas naturais, corte de talude e aterros com alturas superiores a 90 metros, sendo localizadas nas partes mais altas da bacia. Essas áreas são situadas ao longo das encostas urbanizadas e chegam a apresentar declividades que podem variar de 8 a 20% com relevos ondulados apresentando instabilidades que podem contribuir para ocorrência de processos erosivos mais intensos e ocorrência de incisões erosivas nessas localidades.

Nos setores R3 as moradias encontram-se no topo e próximas ao topo e a base da encosta e algumas delas no meio encosta, onde a maior parte das moradias despejam água servidas diretamente no corpo d'água nas partes mais baixas a jusante dos taludes conforme a foto da figura 08.

Figura 08: áreas de riscos a erosão alto.



Foto: Roberto Epifânio Lessa, 2019.

Com relação à cobertura vegetal, verificou-se a presença de espécies arbóreas, herbáceas e bananeiras. A maioria das encostas não

possui reforço ou planejamento na construção de moradias, esperando-se, dessa forma, processos de rupturas de aterro e processos erosivos intensos.

As moradias também são de alvenaria, construídas sem técnicas adequadas, redes de saneamento básico com infraestrutura urbana precária. Há significativas evidências de movimentações, como trincas nas moradias e nos terrenos, construções comprometidas árvores, postes e muros inclinados e degraus de abatimento, dessa forma outros processos correlatos também são esperados, como erosões laminares e rastejo.

Verificou-se a presença de surgência de água que, em alguns casos, foi condicionada pelo assoreamento da nascente original e há significativa disposição de resíduos nas nascentes principalmente entulho, construção civil e demais.

Os setores mapeados com grau de risco R4 (muito alto) mostram um elevado número de evidências de instabilidade no terreno, como trincas no solo, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores e/ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamentos, feições erosivas (sulcos, ravinas e voçoroca).

Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas que podem vir a causar grandes perdas materiais e também perda de vidas humanas.

Os setores identificados como de grau de risco R4 (muito alto) totalizam 1.058 Km², correspondendo a aproximadamente 39% do total da BHM. Estão localizadas nas partes que apresentam as maiores taxas de declividades que chegam a variar de 20 a 45%, caracterizadas por contribuir para o aumento dos processos erosivos na bacia.

Os setores mapeados com grau de risco R4, estão assentados nos terrenos mais instáveis, caracterizados pelos depósitos de materiais mais recentes inconsolidados, resultantes do acúmulo de materiais transportados por processos erosivos e por diversos tipos de detritos antropogênicos (ex. lixo e entulho).

Devido à alta fragilidade existente nessas áreas, alguns escorregamentos foram identificados por meio de cicatrizes e, em alguns casos, pelo material mobilizado que atingiu as moradias. Quanto ao relevo, há um predomínio de encostas côncavas com altas declividades e algumas encostas retilíneas abruptas.

As moradias apresentam distanciamentos pequenos ou quase inexistentes, tanto em relação ao topo, quanto em relação à base da encosta e diversos problemas técnicos durante a construção de moradias,

fatores que potencializam o risco, sobretudo, daquelas localizadas na meia ou na base da encosta, pois em geral, é mais frequente a probabilidade de moradias serem atingidas pela movimentação de materiais de montante das encostas.

Com isso ocorre grande probabilidade de desabamento de moradias localizadas na crista da encosta. Além disso, as vias de acesso, em geral, então pavimentadas, constituídas por ruas, vielas e becos que contribuem para o corte em encosta de maneira inadequada, que causam fortes alterações na geometria original, assim, colaborando para a mobilização de sedimentos em direção dos fundos de vales encostas abaixo.

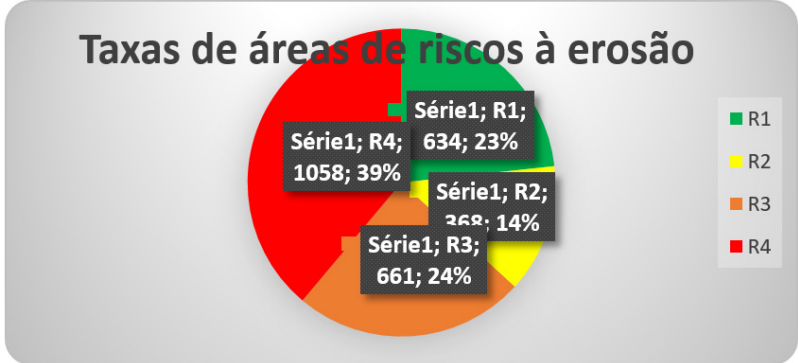
A tipologia das moradias consiste em um misto de madeira (em menor quantidade) e de alvenaria com alta densidade de ocupação e com ausência de serviços básicos de infraestrutura.

No caso das moradias de madeira, a maioria apresenta técnicas construtivas inadequadas, desde a fundação até o próprio tipo de madeira que foi utilizado na sua construção (frágeis e de menor rigidez) que não mantiveram a geometria original das encostas, com profundos cortes e aterros sem o devido controle técnico e sem a análise da estabilidade do relevo. Além disso, há um elevado desgaste natural da madeira presente nessas moradias, provavelmente em função da ausência de manutenção, aumentando a sua vulnerabilidade.

Os sistemas de saneamento básico são precários ou inexistentes, pois apresentam vazamento nas tubulações e são lançados diretamente na encosta que, ao longo do tempo, facilitam a saturação do solo. Portanto, a falta de disciplinamento da água superficial resultante do lançamento de esgoto ou de vazamentos, principalmente junto às casas de madeira.

As áreas de riscos à erosão localizadas na BHM, tem uma tendência a aumentar de acordo com o aumento das taxas de declividade do terreno, formas de relevos e uso e ocupação do solo, com relação ao dados presentes no gráfico da figura 09, onde mostram que 39% em R4 da bacia tem áreas que podem ocorrer com maior intensidade processos erosivos e probabilidade de ocorrência de danos causados por incisões erosivas ao longo dessas áreas, seguida de 24% em R3, 23% de áreas de riscos R1 e 14% com R2, contabilizando os 100% da área da bacia.

Figura 09: Gráfico de distribuição de áreas de riscos a erosão na BHM.



Elaboração: Roberto Epifânio Lessa, 2019.

Na bacia também ocorrem áreas sujeitas a inundações, localizadas nas proximidades dos corpos d'água. A população local ocupa as áreas de fundo de vale e planície de inundação dos igarapés, aumentando o grau de risco no local.

Conclusão

Os resultados desta pesquisa permitem uma melhor compreensão dos processos modificadores do relevo e indutores de áreas de riscos a erosão que são gerados devido às intensas atividades antropogênicas, decorrentes do crescimento urbano acelerado na BHM.

A pesquisa mostrou que através de uma metodologia para mapeamento de riscos que foi possível identificar as principais características das áreas de riscos à erosão do solo, que causaram inúmeras alterações nas formas de relevo na área da bacia.

Partindo-se do princípio que as atividades humanas no ambiente natural causam algum tipo de modificação de diferentes níveis, esta pesquisa vem assim contribuir para o entendimento de que na BHM se fazem necessárias ações de planejamento urbano e ambiental que visem à ocupação ordenada do solo e a redução de áreas de riscos. Dentre estas ações estão a não permissão de construção em áreas de encosta, bem como a retirada da população que ocupa as margens dos igarapés e os fundos de vale dentro da área da bacia. No contexto da ocupação da BHM nos últimos foi possível identificar que as áreas urbanizadas tiveram um aumento significativo, já as áreas de vegetação tiveram uma redução ao longo dos anos.

Portanto, a utilização de trabalhos de mapeamento das áreas de risco pode vim a estabelecer características de uso da terra e organiza-

ção territorial do espaço para os mais diversos fins, tais como ocupação urbana, implantação de estradas, definição e usos da terra entre outros, podendo ser usado como base para a criação de um banco de dados que possa ser capaz de identificar os setores que carecem de maior atenção, principalmente durante a ocorrência de eventos chuvas intensas. É importante que as políticas de planejamento ambiental se façam de modo que compatibilize os interesses imediatos e as necessidades futuras do homem individual e coletivamente.

Agradecimentos

À FAPEAM, pela concessão de bolsa ao 1º autor.

Referências

CASTRO, C.M.; PEIXOTO, M.N.O.; RIO, G.A.P. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. **In: Caderno de artigos do DGFFP**. Rio de Janeiro: UERJ, 2005. p.1-20

CERRI, L.E.S. Riscos Geológicos. **In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. p.40-85

CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Dados Climático da Cidade de Manaus**, Manaus-AM, 2014. 140 p.

CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Relatório de áreas de Riscos da Cidade de Manaus**. Manaus-AM, 2012. 98 p.

DAGNINO, R.; CARPI JÚNIOR, S. Mapeamento participativo de riscos ambientais na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas - Campinas, SP. **In: Encontro da Associação Nacional de pós-graduação em Pesquisa Ambiente e Sociedade. Anais**. Brasília: 2006. 16 p. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro3/arquivos/TA157-06032006-105325.PDF>.

DAGNINO, R.; CARPI JUNIOR, S. Risco ambiental: conceitos e aplicações. **In: CLIMEP - Climatologia e estudos da paisagem**, v. 2. 2007. p.50-87

DERISIO, J.C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 4. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 223p.

DIAS, R. Riscos Geológicos e Riscos Urbanos. **In: Caderno de geologia**. Portugal, Lisboa. LNEG-Laboratório Nacional de Energia e Geologia, 2010. p.1-18.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília/Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999. 280 p.

EMBRAPA, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.

JORGE, M.C.O. **Geomorfologia Urbana: Conceitos, Metodologias e Teorias**. In GUERRA, A.J.T. Geomorfologia Urbana. (org.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.280p.

LEMOS, L. S. M; COSTA, R. C. **A cidade como espaço do risco: estudo em bacias hidrográficas de Manaus, Amazonas – BR**. Revista Geonorte, Edição Especial, v.1, n.4, p. 318–330, 2012.

VEYRET, Y. **Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007.139 p.

VIEIRA, A.F.G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): Principais fatores controladores de impactos urbano-ambientais**. Tese de doutorado. Florianópolis: DPGG/UFSC, 2008. 310 p.

DADOS DOS AUTORES

Anne Caroline Marinho Dirane

Licenciada em Geografia pela UEA, Mestre em Geografia pela UFAM. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFAM. Professora da Rede Estadual de Ensino - AM.

annediranegeo@gmail.com

Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira

Licenciado e Bacharel em Geografia pela UFAM, Mestre e Doutor em Geografia pela UFSC. Professor do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFAM.

fabiovieira@ufam.edu.br

Armando Brito da Frota Filho

Licenciado e Bacharel em Geografia pela UFAM, Mestre em Geografia pela UFAM, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ.

armandofrota.filho@gmail.com

Caio Geovanne Amorim da Silva

Licenciado em Geografia pela UEA.

kaiogeovanne61@gmail.com

Deivison Carvalho Molinari

Bacharel em Geografia pela UFAM, Mestre em Geografia pela UFSC. Bacharel em Direito pela UNINORTE. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFAM. Professor do Departamento de Geografia da UFAM.

molinari_geo@yahoo.com.br

Daniela Paiva Carvalho, Licenciada em Geografia pela UFAM, Mestre em Geografia pela UFAM. Professora da Rede Municipal de Ensino da

Prefeitura de Presidente Figueiredo-AM.
dani-paivacarvalho@hotmail.com

Kethleen Kerolaine Gonçalves Carvalho

Licenciada em Geografia pela UEA.
kethleenkerolaine@gmail.com

Lelian Regina Lima dos Anjos

Licenciada em Geografia pela UEA.
anjolelian@gmail.com

Miriliane Judite dos Santos Fernandes

Licenciada em Geografia pela UFAM, Mestre em Geografia Pela UFAM.
Professora da Rede Privada de Ensino em Manaus-AM.
m.geografia1991@gmail.com

Mônica Cortez Pinto

Licenciada em Geografia pela UEA, Mestre em Geociências pela UFAM.
Professora Rede Estadual de Ensino no Amazonas, colaboradora eventual no Projeto Nova Cartografia Social da Amazônia (PNCSA).
monicaczgeo@gmail.com

Neliane de Sousa Alves

Bacharel em Geologia pela UFAM, Mestre em Geologia e Recursos Minerais pela UFMG e Doutora em Geografia Física pela USP. Professora da Curso de Geografia da UEA.
nsalves@uea.edu.br

Roberto Epifânio Lessa

Licenciado em Geografia pela UEA, Mestre em Geografia pela UFAM.
Colaborador no PARFOR da UEA.
robertoepifaniolessa.rel@gmail.com

**DESVENDAR A RIQUEZA EXISTENTE NO
UNIVERSO AMAZÔNICO CONSTITUI-SE
NUM DESAFIO REGISTRADO EM
DIVERSOS TRABALHOS.
NESTE “GEOGRAFA FÍSICA DA
AMAZÔNIA”, FOI REALIZADO UM
PEQUENO RECORTE NESSA REALIDADE,
TENTANDO DECIFRÁ-LA, CIENTE DAS
LIMITAÇÕES E DE QUE MESMO SENDO
UMA VISÃO PARCIAL, A RIQUEZA
EXISTENTE ALI NÃO SERÁ MENOR.**

ALEXA
CULTURAL



EDUA
EDITORA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO AMAZONAS

ABEU
Associação Brasileira
das Editoras Universitárias

ISBN - 978-65-87643-03-8



9 786587 643038