



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE**  
**CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - CFCH**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS - DCG**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPPEO**

**ANÁLISE DA RELAÇÃO PROCESSO-RESPOSTA ENTRE  
DINÂMICAS ATMOSFÉRICAS E SENSITIVIDADE  
AMBIENTAL DO RIACHO UMAS – CAMARAGIBE/PE**



**WEMERSON FLÁVIO DA SILVA**

**RECIFE**

**2015**

**WEMERSON FLÁVIO DA SILVA**

**ANÁLISE DA RELAÇÃO PROCESSO-RESPOSTA ENTRE  
DINÂMICAS ATMOSFÉRICAS E SENSITIVIDADE AMBIENTAL  
DO RIACHO UMAS – CAMARAGIBE/ PE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito principal para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva

**RECIFE**

**2015**

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Maria do Carmo de Paiva, CRB-4 1291

S586a Silva, Wemerson Flávio da.  
Análise da relação processo-resposta entre dinâmicas atmosféricas e sensibilidade ambiental do riacho Umas – Camaragibe/PE / Wemerson Flávio da Silva. – Recife: O autor, 2015.  
136 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2015.  
Inclui referências.

1. Geografia. 2. Climatologia urbana. 3. Urbanização. 4. Canais fluviais - Camaragibe (PE). 5. Precipitação (Meteorologia). I. Silva, Osvaldo Girão da (Orientador). II. Título.

910 CDD (22.ed.) UFPE (BCFCH2015-114)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - CFCH  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS - DCG  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGeo



WEMERSON FLÁVIO DA SILVA

ANÁLISE DA RELAÇÃO PROCESSO-RESPOSTA ENTRE DINÂMICAS ATMOSFÉRICAS E  
SENSITIVIDADE AMBIENTAL DO RIACHO UMAS – CAMARAGIBE/PE.

Dissertação aprovada, em 16/03/2015, pela comissão examinadora:

---

Prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva  
(1º examinador – orientador – PPGeo/UFPE)

---

Profa. Dra. Mônica dos Santos Marçal  
(2º examinador – UFRJ)

---

Prof. Dr. Antonio Carlos de Barros Corrêa  
(3º examinador – PPGeo/UFPE)

RECIFE – PE  
2015

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado à vida e a oportunidade de cursar o ensino superior estando sempre ao meu lado desde o começo até o fim desta jornada de grandes conquistas. Ao meu orientador professor Dr. Osvaldo Girão da Silva pela amizade e paciência dedicada a mim durante o processo de composição e elaboração do trabalho.

Agradeço também ao professor Dr. Antônio Carlos de Barros Corrêa por ter me dado à oportunidade de fazer parte do Gequa (Grupo de Estudos do Quaternário do Nordeste Brasileiro). Aos colegas que estiveram o tempo todo ao meu lado, em especial aos amigos do Gequa como Adriana Cassiano, Leandro Diomério, Edmário Menezes, Drielly Naamma, Ana Clara Magalhães, Jonas Souza, Flávia Jorge, Cláudio Cabral, Kleython Monteiro, Daniel Lira, Bruno Tavares, Marcelo Miranda, Gustavo Borges entre tantos outros representantes deste grupo de pesquisa, ou mesmo aqueles que não fazem parte, mas também contribuíram. Estes foram de inestimável ajuda nos trabalhos de campo, nos procedimentos e confecções dos mapas, nas palavras de conforto em momentos difíceis, entre outros desafios encontrados. Compartilhamos todas as alegrias e adquirimos todos os conhecimentos necessários dessa fascinante ciência que é a Geografia. Também agradeço aos amigos de longa data Jefferson Pimentel, Ernani José, Antônio Carlos da Paz Rocha e Joazadaque Lucena.

Recebam também meus agradecimentos e as bênçãos de Deus meus familiares que são pessoas de grande importância na minha vida e que contribuíram de maneira crucial na formação do meu caráter. Os agradecimentos vão com estimado carinho para minha mãe Maria das Graças da Silva, meu pai Elinaldo Antônio da Silva que mesmo não estando mais conosco nesta vida intercede por mim sempre, a minha tia Eliane Maria, ao meu avô José Antônio, a minha irmã Flávia Daniela, aos meus tios e primos, aos meus amigos mais próximos, onde todos sempre me apoiaram de todas as formas na minha vida pessoal e acadêmica.

Agradeço ao PPPEO pelo auxílio nas partes burocráticas, sobretudo Eduardo Véras exímio profissional e ilustre torcedor do Clube Náutico Capibaribe, entidade a qual também tenho simpatia.

Ao CNPq, pelo financiamento da pesquisa.

*Não há fatos eternos, como não há verdades absolutas.*

Friedrich Nietzsche

## RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo entender o comportamento do canal fluvial em área urbana denominado de riacho Umas localizado na cidade de Camaragibe, município que pertence a Região Metropolitana do Recife. O intuito foi observar a dinâmica de processo-resposta entre regime pluviométrico de 2014 e as perturbações ocorridas sobre o canal fluvial, e, todavia, a sensibilidade do respectivo canal. Além dos transtornos e riscos trazidos a população ribeirinha residente próxima ao canal, portanto configurando-se como trabalho em escala de detalhe. As dinâmicas atmosféricas foram verificadas a partir da análise rítmica observadas pelos gráficos de pluviosidade diária e imagens de satélite. As respostas sobre o canal fluvial (riacho Umas) foram analisadas em três cenários que correspondem a um período seco (menor pluviosidade) e dois úmidos (casos significativos de maior pluviosidade). Contudo os períodos úmidos divididos em cenário pós-evento de perturbação e cenário durante o evento de perturbação, ou seja, ao longo do processo de precipitação significativa. Para as análises espaciais confeccionaram-se mapas de detalhe de direção de fluxo, curvatura das encostas, declividade, que, todavia, estes foram correlacionados com o mapa de uso e ocupação do solo do município de Camaragibe. Mesmo sendo uma escala espacial de detalhe verificaram-se respostas variáveis (dinâmica não linear) sobre o canal com base em suas características naturais e formas de ocupação e uso do solo, fazendo com que a vulnerabilidade da população que ocupa a área também ocorra modo diferente diante ocorrência de inundações. Também foi realizada a análise das assembleias de relevo fluvial e interfluvial com intuito de compreender a relação de conectividade, principalmente em relação aos fluxos hídricos, entre vertentes e canal fluvial.

**Palavras chaves:** Dinâmicas atmosféricas. Sensibilidade ambiental. Risco.

## ABSTRACT

This paper has the objective to comprehend the behavior of the fluvial pass named *Umas* stream, located in the urban area of Camaragibe city, municipality in the Metropolitan Area of Recife. The intention was to observe the process-response dynamics between the pluviometric rate of 2014 and the disturbances occurred at the fluvial pass, and, yet, the sensitivity of the same stream. Considering the disturbance and risks brought to the riverside population, so constituting it as a detail scale paper. The atmospheric dynamics was verified from a rhythmic analysis, observing the daily pluviometric graphs and satellite images. The answers concerning the fluvial pass (*Umas* stream) were analyzed in three scenarios corresponding to one dry stage and two humid stages. Considering the humid stages divided in: post-disturbance-event scenario and during-disturbance-event scenario, that is, along the significant precipitation process. Even though being a spacial detail scale, variable answers (non-linear dynamics) were found about the stream based on its natural characteristics and soil's occupation/using methods, making the vulnerability of the occupier population also occur in a different manner due to the occurrence of floods. Also was made an analysis of fluvial and interfluvial relief assembly, pointing to understand the connectivity relation, mainly, to the hydric flow between watersheds and streams. Therefore, flow direction detail, hillside curvature and declination maps were made, and, still, were correlated to the soil's using and occupation map of Camaragibe's municipality.

Keywords: Atmospheric dynamics. Sensitivity. Risks

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área da pesquisa .....	18
Figura 2: Localização da Bacia PE/PB e sua compartimentação em sub-bacias .....	20
Figura 3: Mapa dos tipos solos que são encontrados no Município de Camaragibe.....	23
Figura 4: Mapa Hipsométrico e da hierarquia da drenagem correspondente a microbacia estudada. ....	27
Figura 5: Relação entre Alta da Bolívia e os VCANS .....	30
Figura 6: Atrator de Lorenz .....	39
Figura 7: Gráfico indicando as diferenças dos tipos de inundação. ....	48
Figura 8: Classificação das vertentes.....	67
Figura 9: Mapa de declividade das encostas .....	68
Figura 10: Mapa de direção de fluxo.....	69
Figura 11: Mapa de curvatura das encostas e vertentes.....	70
Figura 12 – Climograma anual da Região Metropolitana do Recife.....	74
Figura 13: Imagem de satélite realçada e Carta sinótica da Marinha onde é observado atuação do Vórtice Ciclônico. (10/01/2014).....	76
Figura 14: Gráficos de pluviosidade diária correspondente aos três meses iniciais do ano. ....	78
Figura 15: Imagens de satélite Goes 13 realçada indicando a atuação dos VCANS nos principais dias de precipitações nos três primeiros meses do ano. As datas das imagens são respectivamente: 10/01; 03/02; 07/02; 10/02; 14/02 e 20/03 do ano de 2014. ....	79
Figura 16: Cartas sinóticas da Marinha do Brasil a partir das isóbaras, as linhas de igual pressão, dos dias e meses analisados. ....	80
Figura 17: Gráfico de pluviosidade diária do mês de Abril indicando poucos episódios de precipitação.....	81
Figura 18: Cartas sinóticas da Marinha do Brasil nos dias 22/04 e 30/04 respectivamente. ....	81
Figura 19: Composição das imagens de satélite dos dias 22/04 (América do Sul) e 30/04 (América do Sul e NE – 12h, 15h, 18h, e 21h). ....	82
Figura 20: <i>Knickpoint</i> onde se inicia as análises do riacho Umas em seu médio curso. Antiga represa que se rompeu (15/04).....	83
Figura 21: Visão do riacho Umas a montante do <i>knickpoint</i> , onde o mesmo percorre sobre a reserva florestal denominada Mata do Privê. A seta indica direção do fluxo (15/04). ....	84
Figura 22: Visão do riacho Umas de cima das encostas que o circundam em seu baixo curso. Destaque para a ocupação urbana sobre a planície de inundação. A seta indica direção do fluxo (15/04). ....	85

Figura 23: Leito rochoso apresentando <i>knickpoint</i> com formação de corredeiras e padrão anastomosado. Seta indica direção do fluxo (15/04).....	86
Figura 24: <i>knickpoint</i> com cascatas seguidas de formação de piscinas que são indicadas pelas setas (15/04). .....	87
Figura 25: Planície de inundação com característica de formação por acresção lateral. A seta indica o ponto de erosão do meandro (15/04). .....	88
Figura 26: Outro exemplo do padrão cascata-piscina que caracteriza o médio curso do riacho Umas. A seta vermelha indica a área de formação de piscina, enquanto a azul indica presença de uma planície de inundação (15/04). .....	89
Figura 27: Ponte criando uma descontinuidade e acúmulo de material tecnogênico. Neste trecho o riacho Umas apresenta padrão anastomosado (15/04). .....	91
Figura 28: Vale fluvial em formato de manjedoura. Planície de inundação ocupada por casas indicando a vulnerabilidade da população a eventos naturais de inundação (15/04). .....	92
Figura 29: Mapa hipsométrico com os pontos onde foram feitos os perfis transversais. 94	
Figura 30: Composição de imagens do dia 29/05 às 12h, 15h e 21h respectivamente, onde se observa a banda dupla da ZCIT.....	95
Figura 31: Gráficos de pluviosidade diária dos meses correspondente ao período mais úmido. ....	96
Figura 32: Gráficos de pluviosidade diária do mês de Junho em anos anteriores. ....	98
Figura 33: Imagens do satélite Goes 13 realçada indicando o deslocamento DOL sobre a costa leste do NE. Os respectivos horários são 9h, 12h, 15h, 18h e 21h do dia 26/06... 99	
Figura 34: Dinâmica de atuação da DOL no dia 13/07 .....	100
Figura 35: Ponto onde a água atingiu durante o evento DOL sobre o riacho Umas. Indicado pela vegetação ripária retorcida - seta vermelha (27/06).....	102
Figura 36: Fluxo turbulento da água sobre depois do evento atmosférico e a expansão do fluxo hídrico pelo leito rochoso (27/06) .....	103
Figura 37: O gráfico (em metros) representa o transecto do canal onde as setas indicam o fluxo hídrico do canal no período seco e as azuis no período úmido depois de uma chuva significativa. ....	103
Figura 38: Evidência de sensibilidade no trecho de leito rochoso do Riacho Umas (27/06). .....	104
Figura 39: Trecho do riacho Umas após o distúrbio. As setas indicam os galhos de árvores como evidência desta perturbação (27/06). .....	105
Figura 40: Gráfico do perfil transversal (em metros) do ponto dois, onde as setas em verde indicam o fluxo hídrico no período seco e as azuis no período úmido.....	105

Figura 41: A Imagem (a) retratando a deposição de sedimentos na planície de inundação. A imagem (b) as casas construídas sobre a planície de inundação (27/06). .....	106
Figura 42: Imagem (a)- 15/04 corresponde ao canal no período seco, enquanto a imagem (b)- 27/06 mostra o mesmo trecho no período úmido após a perturbação. Indicativo de sensibilidade do riacho Umas. ....	106
Figura 43: Imagens compondo o cenário antes da perturbação mostrando a pequena ponte improvisada (15/04). Posteriormente a imagem indicando que o acesso foi removido depois das chuvas (27/06). A seta aponta a pequena descontinuidade. ....	107
Figura 44: Trecho de padrão anastomosado do riacho Umas exibindo sensibilidade após o distúrbio que teve como seu gatilho dinâmicas atmosféricas ocorridas em datas anteriores a visita (27/06). ....	108
Figura 45: Devido ao formato do vale e a ocupação urbana de forma inadequada, este trecho do riacho Umas apresenta grande vulnerabilidade da população ribeirinha a episódios de inundação brusca (27/06). ....	109
Figura 46: Gráfico do perfil transversal (em metros) do riacho Umas. As setas em verde apontam o fluxo hídrico no período seco e as azuis indicam o a água atingiu no período úmido. ....	109
Figura 47: Meses correspondentes à análise do terceiro cenário. ....	112
Figura 48: Dinâmica atmosférica ocorrida nos dias 07, 08 e 09 de setembro. Os horários são 9h, 12h, 15h, 18h, 21h e 23h30min. (dias 07 e 08 respectivamente) e 9h, 12h e 15h do dia 09. ....	113
Figura 49: Cartas sinóticas da Marinha do Brasil correspondente aos dias 07/09 e 08/09. ....	114
Figura 50: Gráficos do comportamento das precipitações nos meses finais de 2014. .	115
Figura 51: Trecho da antiga barragem no período seco 15/04 (a) e durante as precipitações do dia 08/09 (b). ....	116
Figura 52: Comportamento do fluxo hídrico durante cenários climáticos diferentes. Período seco (a)- 15/04 e úmido durante o distúrbio (b)- 08/09. ....	117
Figura 53: Margem direita (a) e margem esquerda (b) do riacho Umas antes da ponte. Trecho correspondente a proximidades do ponto dois (08/09). ....	117
Figura 54: Ocupação do fluxo hídrico sobre as planícies de inundação. Imagem (a) corresponde à margem esquerda e a imagem (b) a margem direita (08/09). ....	118
Figura 55: Ação do fluxo hídrico sobre a parte côncava do meandro (08/09). ....	118
Figura 56: Planície de acresção lateral retratada no segundo cenário (a)- 27/06 e posteriormente no terceiro cenário (b)- 08/09. ....	119
Figura 57: Margem esquerda do riacho Umas (a) e margem direita (b) no trecho anastomosado (08/09). ....	119

Figura 58: Mesmo trecho do baixo curso do riacho Umas no período seco (a)- 15/04 e úmido durante a perturbação (b)- 08/09. ....	120
Figura 59: Inundação se expande para além das linhas de casas que estão sobre as margens do canal (margem esquerda) 08/09. ....	121
Figura 60: A residências da margem esquerda do riacho Umas são atingidas de forma direta pela inundação. A seta indica a direção do fluxo (08/09). ....	122
Figura 61: O acesso a ponto fica comprometido durante o processo de inundação do riacho Umas. A seta indica direção do fluxo (08/09). ....	122
Figura 62: Gráfico do perfil transversal (em metros) do ponto 04 correspondente ao trecho final do riacho Umas.....	123
Figura 63: Trecho final do riacho Umas durante o processo de inundação. A seta indica direção do fluxo (08/09). ....	123
Figura 64: Escadarias construídas sobre as encostas que contribuem para o escoamento mais rápido das águas pluviais para o riacho Umas. ....	124
Figura 65: Mapa de uso e ocupação do solo do município de Camaragibe .....	125

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Crescimento populacional de Camaragibe e Pernambuco nas últimas décadas.....	34
Quadro 2: Escalas de tempo .....	52
Quadro 3: Classes de declividade.....	67
Quadro 4: Relação entre os dias de chuva por ano (2010 - 2013).....	97

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AB – Alta da Bolívia

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Climas

ASAN – Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul

BDE – Banco de Dados do Estado de Pernambuco

BPB – Bacia Paraíba

BPE – Bacia Pernambuco

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CPTEC – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos

DOL – Distúrbios Ondulatórios de Leste

ENOS – El Niño-Oscilação Sul

FF – Frentes Frias

FPA – Frente Polar Atlântica

GMT – Greenwich Mean Time

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LI – Linhas de Instabilidades

NEB – Nordeste do Brasil

PCD – Plataforma de Coleta de Dados

RPA – Região Político Administrativa

RMR – Região Metropolitana do Recife

SEPLAMA – Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente de Camaragibe

TSM – Temperatura da Superfície do Mar

UTM – Universal Transversa de Mercator

VCANs – Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis

ZAPE – Zoneamento Agroecológico de Pernambuco

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCEN – Zona de Convergência Este do Nordeste

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

ZCPE – Zona de Cisalhamento de Pernambuco

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA .....	18
2.1 Geologia .....	19
2.2 Solos .....	22
2.3 Geomorfologia e Hidrografia .....	23
2.4 Dinâmica pluviométrica da escala regional à local .....	27
2.5 Vegetação e uso e ocupação da terra .....	32
2.6 Contexto Socioeconômico .....	33
3 REVISÃO DE LITERATURA .....	34
3.1 Sistemas dinâmicos como forma de análise da paisagem .....	35
3.2 Discutindo o risco de inundação.....	44
3.3 Influências da urbanização sobre canais fluviais.....	49
3.4 Climatologia geográfica e análise rítmica .....	60
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	65
4.1 Bases Cartográficas .....	66
4.2 Dados Metereológicos .....	69
4.3 Urbanização e Vulnerabilidade da População .....	71
4.4 Trabalho de Campo .....	72
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	74
5.1 Cenário do período mais seco.....	74
5.2 Cenário do período úmido (pós-perturbação).....	95
5.3 Cenário do período úmido (durante a perturbação).....	111
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	127
7 REFERÊNCIAS .....	129

# 1 INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas e seus respectivos canais fluviais são unidades geomorfológicas que modelam o relevo a partir de suas dinâmicas não lineares e atuantes no tempo e no espaço. Quando se trata de processos dinâmicos, os mesmos estão atrelados a ações climáticas que de forma constante fornecem de matéria e energia as bacias de drenagem levando-as a se adaptar continuamente a este mecanismo, variando sua intensidade de atuação e capacidade de modelar o relevo de acordo com a escala de tempo. Contudo esses não são os únicos mecanismos que respondem pela modelagem fisiológica das bacias hidrográficas, pois processos de caráter tectônicos também são responsáveis pela morfogênese e morfodinâmica destas feições morfológicas.

O processo de mudança nas formas das bacias hidrográficas é algo sempre constante na história natural da Terra, principalmente ao analisarmos a grande capacidade de mutabilidade dos canais fluviais durante as várias escalas de tempo, ou seja, os rios são feições morfológicas que estão sempre se reajustando na busca de se adequar as contínuas entradas de matéria e energia que adentram seus sistemas. Por conseguinte, este processo natural a qual estão associadas inúmeras variáveis, em uma análise temporal mais recente, e claro, a depender do local onde foi realizada a pesquisa, tem a necessidade de levar em consideração a variável urbanização.

A problemática abordada na pesquisa trata de um canal fluvial em área urbana densamente ocupada, cujo trecho ainda não foi retificado artificialmente. Trata-se de um canal de segunda ordem que ainda apresenta parte de suas características naturais, contudo, fortemente habitado por população de baixa renda. Todavia, o entendimento do comportamento das dinâmicas geomorfológicas destes canais fluviais que ainda preservam suas características naturais pode tornar-se um método interessante de apoio ao planejamento de áreas urbanas, principalmente quando houve significativo processo de impermeabilização das vertentes.

A área de estudo inclui-se neste contexto de canais cuja morfologia sobre a ótica da escala processo-resposta, é fortemente influenciada pelo uso inadequado da terra. Soma-se a isso a negligência e/ou ausência de estudos preocupados com pequenos canais, visto que os grandes canais de volume hídrico considerável são os que têm se destacado em trabalhos que tenham como foco esta preocupação. E como a dinâmica

natural de um rio, por conta da ocupação antrópica feita de forma indevida, atinge de forma direta e/ou indireta a população ribeirinha na escala temporal de um ano (evento instantâneo).

Deste modo, justifica-se a necessidade de trabalhos com esse enfoque, visto que entender as dinâmicas destes tipos de canais, pode auxiliar nas políticas de uso e ocupação da terra, como também, na compreensão sistemática de processos naturais para servir de base na elaboração de projetos de planejamento que buscam maior harmonia nas relações naturais e antrópicas que configuram a paisagem nestes ambientes. Concerne, portanto, um estudo das características processuais e morfológicas de um canal fluvial pertencente a uma bacia em área urbana e suas respostas sensíveis diante de perturbações atmosféricas e as consequências destes mecanismos sobre a população ribeirinha em uma escala espacial de detalhe.

O riacho Umas localizado no município de Camaragibe pertencente a uma bacia da margem direita do rio Capibaribe tem ainda conservado suas características naturais, todavia, o grande adensamento urbano em seu médio e baixo curso faz com que sua dinâmica geomorfológica natural diante dos eventos pluviométricos, e, claro, suas respostas sensíveis diante destes, conduzam a vulnerabilidade da população que ocupa indevidamente suas margens.

Objetivo principal de nosso estudo dar-se em entender a partir da relação sistemática (processo-resposta) o comportamento de um canal fluvial e suas consequências tanto nos ajustes naturais, quanto em seus impactos sobre a população. Neste caso, o riacho Umas, diante dos eventos pluviométricos significativos ocorridos no ano de 2014.

Na busca de compreender as respostas proposta no objetivo principal, os objetivos específicos deram-se na tentativa de conhecer o comportamento do Riacho Umas em três cenários: o primeiro corresponde ao período seco, cujo foco foi distinguir a morfologia do canal, em seu médio e baixo curso, e identificar estas características morfológicas de acordo com a classificação de Brierley e Fryirs (2005). O segundo cenário condiz com o período úmido (pós-perturbação), ou seja, buscou-se observar os sinais de sensibilidade do riacho Umas após dinâmicas atmosféricas que produziram pluviosidade significativa e como cada trecho do canal produziu respostas diferenciadas de ajustes levando em consideração sua morfologia variável. O terceiro cenário também relacionado ao final do período úmido, todavia, durante o processo de perturbação atmosférica procurou-se entender o comportamento do canal fluvial diante do fenômeno

de inundação brusca e novamente como a morfologia do médio e baixo curso do riacho Umas reagiu de forma distinta, conseqüentemente, a vulnerabilidade da população ribeirinha também vai variar em relação a como o fluxo hídrico responde de acordo com as características morfológicas do canal.

Usou-se como metodologia para os objetivos específicos a elaboração de mapas com escala de detalhe no intuito de perceber como se organiza as formas geomorfológicas que compõe a paisagem fluvial e interfluvial do riacho Umas, principalmente as vertentes que o circundam com o propósito de entender a relação de conectividade com o canal fluvial, correlacionando com o mapa de uso e ocupação da terra do município de Camaragibe.

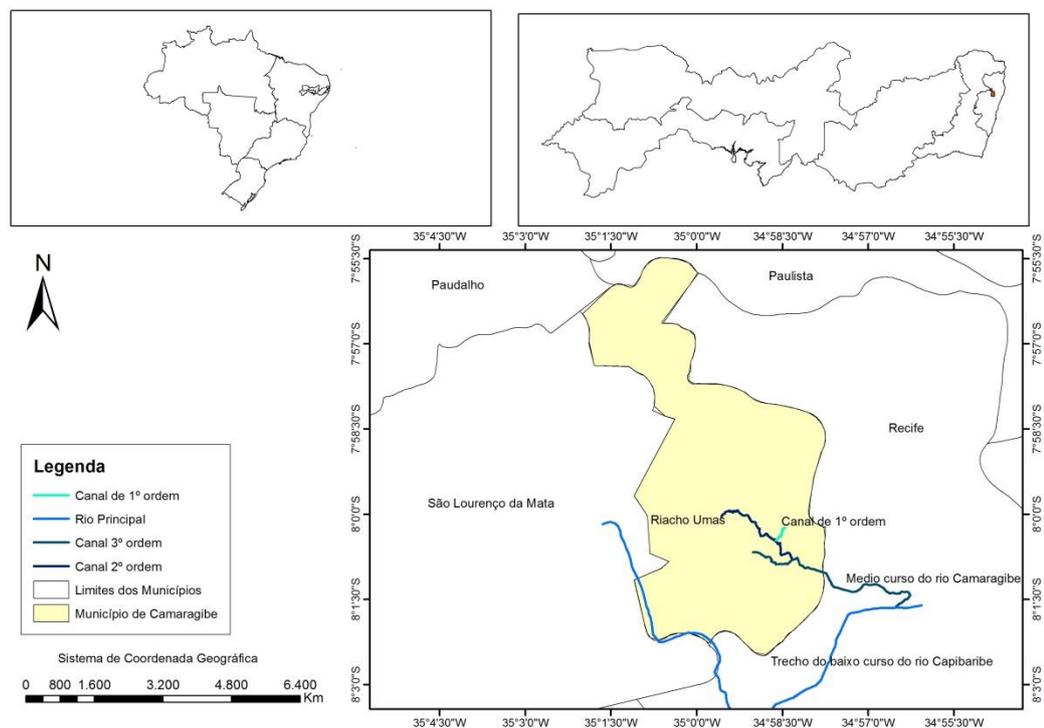
## 2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Houve uma preocupação de caracterizar a área de estudo sempre evidenciando as feições que existem no município e posteriormente detalhando a parte da microbacia onde se localiza o canal fluvial riacho Umas, ou seja, procurou-se descrever partindo de uma escala de menor detalhe até a escala de maior detalhe.

O município de Camaragibe segundo o BDE (Banco de Dados de Estado de Pernambuco) foi criado em 14 de maio de 1982, pela Lei Estadual nº 8.951, sendo desmembrado do município distrito de São Lourenço da Mata.

O topônimo Camaragibe, que tem origem indígena, significa “no rio dos camarás”, motivada pela presença na região, de um arbusto de nome camará ou camborá e, contudo dando origem ao nome do antigo distrito e atual município pertencente à Região Metropolitana do Recife. A sua delimitação territorial com outros municípios se configura: a norte de Paulista, sul de São Lourenço da Mata, leste de Recife e a oeste de Paudalho (FIGURA 1).

Figura 1: Localização da área da pesquisa



Fonte: IBGE, adaptado pelo autor.

O canal fluvial estudado pertence à bacia do rio Camaragibe, a qual é afluente da margem direita do rio Capibaribe, localizada na zona oeste da Região Metropolitana do Recife. O canal em questão trata-se do riacho Umas, também conhecido como canal da Brasépola (afluente da margem direita do rio Camaragibe) que tem sua localização mais precisamente sobre os bairros de João Paulo II e Vila da Fábrica. Maior detalhe de localização dos canais de drenagem acima citados estão descritos na parte de geomorfologia e hidrografia. Devido à escala do mapa em relação à extensão do canal o mesmo teve que ser destacado, como observado, e o seu traçado foi feito com ajuda do Google Earth Pro.

## 2.1 Geologia

Em termos de estruturas tectônicas próximas a área de pesquisa ter-se-ia ao Sul a Zona de Cisalhamento Pernambucano (ZCPE), também denominada de Lineamento Pernambuco que se constitui uma falha do tipo rejeito direcional no qual corta todo o estado de Pernambuco de Leste a Oeste, sendo esta o limite estrutural das duas bacias sedimentares marginais presentes em Pernambuco: a bacia Paraíba (BPB) e a bacia Pernambuco (BPE). A microplaca do Nordeste brasileiro, onde existe o *Rifte* Sul Atlântico disposto a Sul da ZCPE onde corresponde a BPE composta do graben de Piedade, o alto estrutural do Cabo de Santo Agostinho, o graben de Cupe (Geben de Tamandaré) e o alto de Barreiros/Marragogi já na divisão da BPE com a bacia Sergipe-Alagoas (FIGURA 2).

Ao aumentar a escala ocorre outra subdivisão, que esta inserida a área de estudo, que corresponde a Sub-Bacia Olinda que tem seus limites entre o Lineamento Pernambuco até a falha de Goiana. De acordo com Schobbenhaus e Neves (2003) a Bacia Pernambuco-Paraíba teve início, aproximadamente, no fim do Cretáceo durante a separação e abertura do oceano Atlântico, e que estruturalmente apresenta-se como um homoclinal, este embasamento mergulha suavemente para leste.

A evolução tectônica do embasamento foi lenta e iniciou-se no Mesozóico (Cretáceo Inferior), sendo a última a evoluir na história geológica das bacias marginais brasileiras, dando a esta atualmente uma configuração homoclinal de uma rampa suavemente inclinada com uma sedimentação de no máximo quatrocentos metros de profundidade (BARBOSA e LIMA FILHO, 2006).

Figura 2: Localização da Bacia PE/PB e sua compartimentação em sub-bacias



Fonte: Barbosa e Lima Filho (2006)

Na região central entre a ZCPE e a falha de Goiana se tem o graben de Olinda também denominado de baixo de Recife/Igarassu, a Norte com o graben de Itamaracá onde se detém uma das partes maiores de sedimentação da BPB e a falha de Goiana correspondente à divisão a Norte da sub-bacia Olinda com a sub-bacia Alhandra (BARBOSA, 2004).

Quanto, especificamente, a área de estudo, o município de Camaragibe de acordo com Bandeira (2003) é constituído por três unidades geológicas; o embasamento cristalino recoberto por solo residual; pela Formação Barreiras e por depósitos aluvionares, por conseguinte, a autora utilizou uma escala de 1:100.000 em sua análise. Segundo CPRM (2003) o embasamento cristalino é formado pelo Complexo Gnássico-Migmatítico composto por ortognaíesses, gnaíesses milonitizados de composição granítica a granodiorítica por vezes tonalíticos de idade arqueana (2500 m.a), que sofreram

deformações tectônicas durante o período Proterozóico (570 m.a), com intrusão de rochas granitoides. De acordo com Bandeira (2003) este embasamento cristalino é capeado por solos residuais (alterita), ou seja, aqueles que são desenvolvidos *in situ* por processos relacionados ao intemperismo químico.

A Formação Barreiras, esta segundo Alheiros e Lima Filho (1991) composta de sedimentos pliocênicos-pleistocênicos. “A unidade teve sua deposição associada aos eventos cenozoicos de natureza climático e/ou tectônico há cerca de dois milhões de anos” (ALHEIROS 1998 *apud* BANDEIRA, 2003 pp.119). De acordo com o CPRM (2003) a Formação Barreiras encontra-se geralmente ao norte do Lineamento Pernambuco com composição clásticos afossilíferos, não consolidados e apresentando capeamento discordante tanto em relação ao embasamento cristalino como também aos sedimentos mais antigos, com composição de sedimentos areno-argilosos, argilas variegadas e arenitos caulíníticos e lateríticos. “Essa formação é associada a processos fluviais, mostra pelo menos três fácies distintas: Leque aluvial proximal, leque distal/ planície aluvial e canal fluvial” (ALHEIROS 1988 *apud* BANDEIRA, 2003 pp.119). Esta cobertura sedimentar ocupa uma extensa área ao norte do município. As características granulométricas, de estratificação e composição mineralógicas diferem entre os leques.

Os depósitos aluvionares em Camaragibe de acordo com Bandeira (2003) são derivados de processos de deposição recente constituídos por materiais carregados pela corrente, ou seja, são solos transportados pela água que foram depositados nas planícies de inundação dos rios, onde apresentam cores claras e são constituídas de areias, siltes e argilas.

Sobre a área correspondente ao riacho Umas a composição geológica reflete o que ocorre no município de Camaragibe. A parte rochosa do canal fluvial apresenta as rochas que configuram a paisagem local que são granodioritos e gnaisses com padrões de fraturamento formando knickpoints o que infere ao riacho Umas um padrão morfológico em seu médio curso de cascata e piscina segundo Brierley e Fryirs (2005). Todavia, esta análise é feita com maior detalhe no primeiro cenário no capítulo de resultados e discussões. O baixo curso passa pelo cristalino intemperizado, contudo de base rochosa que faz com que o respectivo canal fluvial não tenha competência de entalhar o que leva a expansão do fluxo hídrico para a planície de inundação no período de chuvas fortes provocando inundações bruscas. Esta dinâmica fica bem caracterizada no segundo e terceiro cenários dos resultados e discussões.

## 2.2 Solos

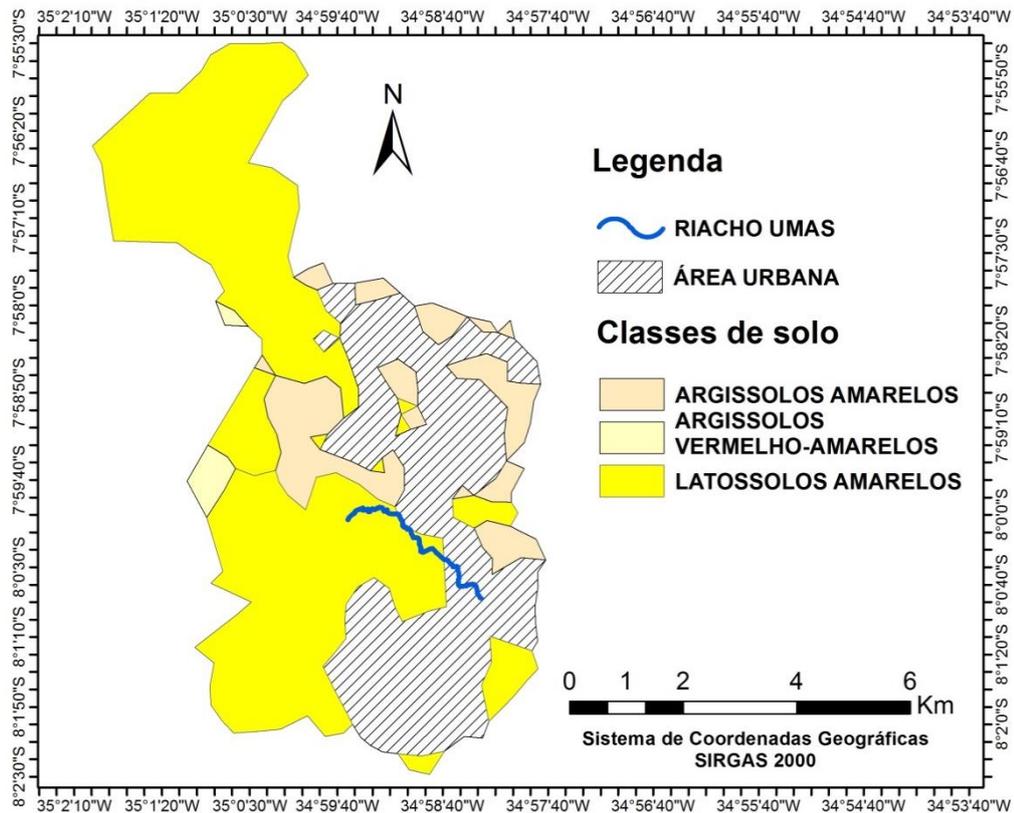
Em relação aos solos Palmieri e Olmos (2006) conceituam como uma parcela dinâmica e tridimensional da superfície, constituído por um conjunto de características peculiares internas e externas, com limites definidos de expressão. O limite superior é a superfície terrestre e o seu limite interior é aquele em que os processos pedogenéticos cessam. Segundo Lepsch (2002), os solos são formados a partir de exposição das rochas que compõem a litosfera à atmosfera, ação direta do calor do Sol, da umidade das chuvas, e do crescimento de organismos, onde estes processos combinados dão início a modificações no aspecto físico e na composição química dos minerais. Pode ocorrer em alguns pontos do município afloramento rochoso do embasamento cristalino.

Os tipos de solos existentes em Camaragibe são apresentados no mapa de solos confeccionado a partir da base de dados do ZAPE (FIGURA 03), onde foram identificados como Latossolos Amarelos mais abundante sobre o território que segundo EMBRAPA (2009) são constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte superficial, apresentando avançado estágio de intemperização desprovidos de minerais primários, e conseqüentemente são muito evoluídos, resultado de grande transformação do material construtivo. Sem o devido manejo, os espaços que correspondem à predominância deste tipo de solo podem desenvolver após um período chuvoso forte grande probabilidade a erosão superficial.

Outro tipo de solo encontrado foi o Argissolo Amarelo para é composto por material mineral com características diferenciais devido à presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixas ou caráter alético (EMBRAPA, 2009). Encontra-se também outra subordem de Argissolos em Camaragibe que são Argissolos Vermelhos.

As áreas correspondentes à localização do riacho Umas é indicada no mapa como urbanizada, principalmente em seu médio e baixo curso, por isso a dificuldade de reconhecimento do solo da respectiva microbacia estudada como observado no mapa a seguir. Contudo em seu alto curso o solo predominante é o latossolos Amarelos.

Figura 3: Mapa dos tipos solos que são encontrados no Município de Camaragibe



Fonte: IBGE, adaptado pelo autor.

### 2.3 Geomorfologia e Hidrografia

As unidades geomorfológicas que compõe o sítio urbano do Município de Camaragibe são resultados de ações estruturais, principalmente a resistência litológica a ação do intemperismo e morfodinâmica a partir da ação climática. De acordo com Bandeira (2003) destacam-se dois conjuntos morfológicos distintos nos limites municipais de Camaragibe: os morros e as planícies onde 80% do território são compostos por tabuleiros com vales verticalizados em “V” instalados preferencialmente nos sedimentos da Formação Barreiras. Segundo Nogueira (2005) esses morros são formados a partir da dissecação ocorrida sobre a estrutura sedimentar denominada tabuleiros de composição predominantemente arenosa onde ocorrem deslizamentos e processos erosivos severos induzidos por ações antrópicas, ou seja, a configuração dos morros e encostas deu-se devido à ação erosiva sobre os tabuleiros, além da modificação por ação de mineração e urbanização. “A porção ao sul do município mostra relevos mais maduros com formas mais arredondadas, apresentando vales mais

abertos que são associados aos solos residuais” (BANDEIRA, 2003). Nogueira (2005) indica uma maior individualização caracterizando morros e tabuleiros.

Segundo Oliveira (2007a *apud* Silva, 2010) as unidades de relevo que integram o território de Camaragibe são compostas de tabuleiros, colinas e planície. Os dois primeiros são feições desenvolvidas sobre a Formação Barreiras. Os tabuleiros são predominante na parte Norte do município, onde ocupa maior extensão sobre o território com altitudes acima de 100m. As colinas se destacam sobre a porção Oeste e Noroeste representando 40% do território e apresentam altitudes em média inferiores a 80m. Já as planícies organizam-se morfologicamente em dois tipos: a primeira planície com características fluviomarinha no Sudeste do município; a segunda são manchas de deposição fluvial encontradas no extremo Sudoeste do município. A ocupação sem planejamento nestas unidades de relevo, sem considerar os aspectos geotécnicos, atrelados a forte densidade populacional do município e dinâmicas climáticas atuantes na área leva a riscos geomorfológicos, tais como movimentos de massa, processos erosivos superficiais (ravinas e voçorocas), inundações, entre outros.

Contudo ao construir um mapa utilizando-se da base de dados SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission* houve a necessidade de uma classificação a partir de cinco unidades geomorfológicas que foram identificadas por critérios de avaliação do grau de denudação relevo como:

- Tabuleiros pouco dissecados, ou seja, com menor atuação dos processos erosivos. De acordo com a concepção de Tricart (1977) esta unidade geomorfológica encontra-se sobre estágio de biorresistência por conta da preservação do fragmento de Mata Atlântica existente esta área;
- Tabuleiros dissecados onde ocorre maior predominância de processos erosivos e deslizamentos. Estes por estarem na borda da respectiva unidade geomorfológica sofreram mais com as ações físico-naturais, principalmente aquelas advindas de eventos meteorológicos como a pluviosidade. Atreladas a isso a composição textural, em geral, propícia a respostas sistêmicas a esses eventos climatológicos e também com o processo de urbanização sem a devida infraestrutura adequada. De acordo com a classificação das Unidades Geomorfológicas definidas pelo IBGE (2009) as formas de topos tabulares delineiam feições de rampas suavemente inclinadas e lombadas, geralmente esculpidas em

coberturas sedimentares inconsolidadas, como também, em rochas metamórficas, denotando eventual controle estrutural.

- As colinas configuram-se no espaço do município ora após a ação de grande dissecação sobre os tabuleiros transformando-os em colinas. Como também as colinas desenvolvidas por atuação do intemperismo químico sobre o embasamento cristalino. Essas formas segundo IBGE (2009) são formas de topos convexos geralmente esculpidos em rochas ígneas e metamórficas, ocorrendo eventualmente em sedimentos, às vezes denotando controle estrutural.
- A próxima unidade geomorfológica identificada foi às encostas que compõe uma relativa extensão do município de Camaragibe, apresentando nestas áreas um adensamento populacional significativo. “Entende-se por encostas os espaços físicos situados entre os fundos de vales e os topos ou cristas da superfície crustal, os quais, por sua vez, definem as amplitudes do relevo e seus gradientes topográficos” (COELHO NETTO, 2007 pp.94).
- As áreas de planícies como indicada acima são identificadas em dois tipos: a primeira com maior extensão sobre a paisagem que compõe a cidade é de origem fluviomarinha, apresentando grande ocupação urbana acima desta feição geomorfológica. Segundo IBGE (2009) a planície fluviomarinha consiste em uma área plana resultante da combinação de processos de acumulação fluvial e marinha, sujeita a inundações periódicas, podendo comportar canais fluviais, entre outras subunidades. A planície menos extensa a sudoeste é tem características de origem fluvial como também foi indicado acima por Oliveira (2007a *apud* Silva, 2010) e de acordo com IBGE (op.cit.) constitui-se em uma área plana resultante da acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas, correspondendo às várzeas atuais. Ocorre nos vales de preenchimento naturais. Essa região coincide no mapa de solos com o Neossolos Flúvicos o quê abaliza ainda mais a classificação. Cada unidade geomorfológica dessas vai apresentar um tipo de risco geomorfológico distinto, de acordo com suas características morfológicas.

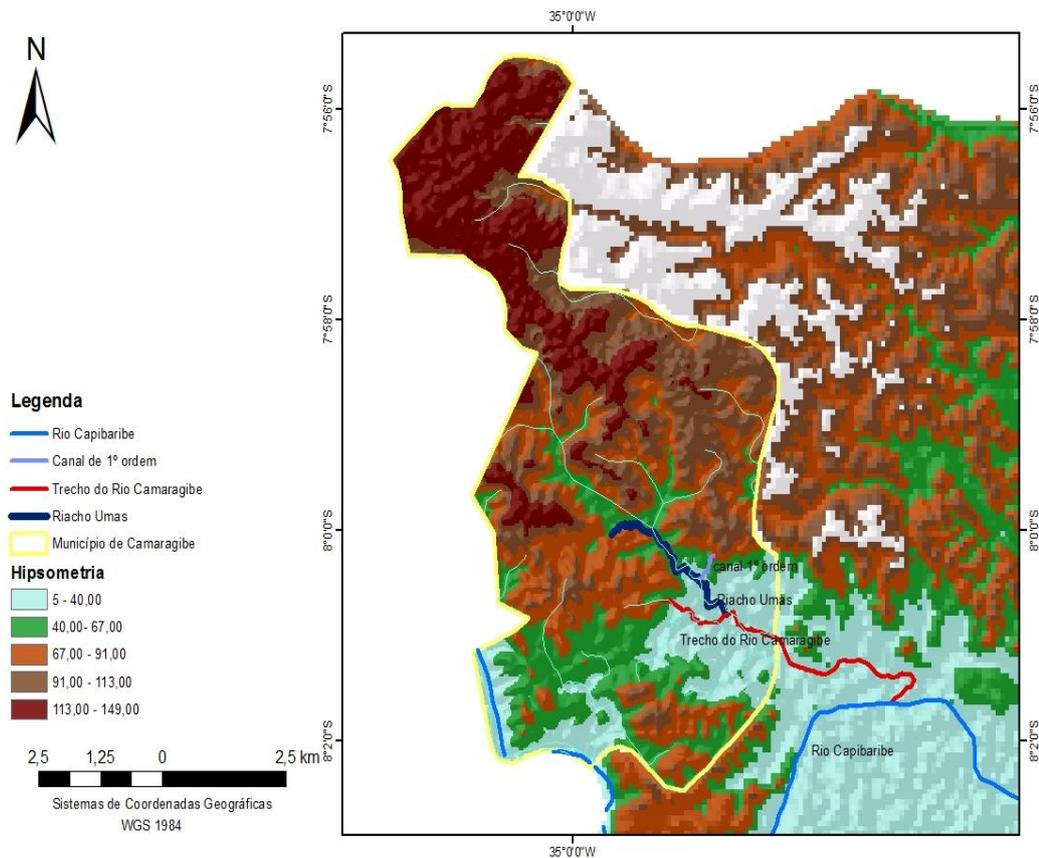
Observa-se que as feições geomorfológicas a qual o riacho Umas percorre corresponde ao seu início sobre áreas de colinas que por observação em campo, é

divisor de águas de outros pequenos canais fluviais, passando em grande parte por espaços correspondente as encostas e se junta ao rio Camaragibe já sobre domínio de planície.

Sobre a organização hidrográfica, seguindo a hierarquização de A. N. Strahler (1952 *apud* CUNHA, 2007), o riacho Umas corresponde ao um canal de segunda ordem, afluente do rio Camaragibe em sua margem direita, que por sua vez faz parte de uma microbacia localizada a margem direita do rio Capibaribe. O rio Camaragibe configura-se como canal de terceira ordem, enquanto o rio Capibaribe de quarta ordem. A respectiva microbacia se encontra sobre a cidade de Camaragibe, contudo a de salientar que a foz do rio Camaragibe acha-se sobre o território da cidade do Recife. O riacho Umas tem um canal de primeira ordem que se conecta com o mesmo, contudo de nome não encontrado (FIGURA 4).

Houve sobre o canal do riacho Umas a construção de uma barragem para a formação do Açude da Mata, este responsável pelo abastecimento da fábrica de tecido Brásperola, por isso o riacho também é denominado de canal da Braspérola, e da vila operária construída posteriormente, contudo atualmente corresponde ao bairro da Vila da Fábrica. Esta barragem rompeu-se 29/07/1990 causando grandes transtornos como no caso do rompimento do cano da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA. A fábrica tentou reconstruir o paredão, contudo não terminou o serviço (Relatório da 6º Caminhada Ecológica). Há de salientar que a respectiva fábrica encerrou suas atividades em 2001 e na atualidade pretende-se construir um condomínio residencial denominado Reserva Camará.

Figura 4: Mapa Hipsométrico e da hierarquia da drenagem correspondente a microbacia estudada.



Fonte: SRTM, adaptado pelo autor.

## 2.4 Dinâmica pluviométrica da escala regional à local

A dinâmica climática do município de Camaragibe é influenciada por fenômenos atmosféricos que se processam em diversas escalas espaciais e temporais. No conjunto de inter-relações das unidades de paisagem e os sistemas atmosféricos locais ocorre uma relação do tipo processo-resposta que são observados através de ativações e reativações das feições erosivas, enchentes, deslizamento de massas, entre outros. Em relação à escala regional de acordo com Molion; Bernardo (2002) observa-se uma variabilidade interanual da distribuição de chuvas sobre o Nordeste brasileiro, seja em escala espacial e/ou temporal, que está diretamente relacionada com as mudanças nas configurações de circulação atmosférica de grande escala e com a interação oceano-atmosfera no Pacífico e no Atlântico.

A dinâmica climática da região de estudo concerne a uma grande complexidade relacional da massa Tropical Atlântica (Ta) e sistemas de perturbações secundários que estão associados ao deslocamento para o sul da Zona de Convergência Intertropical

(ZCIT), deslocamentos para norte da Zona de Convergência do Atlântico Sul. Os outros sistemas atuantes são: Vórtices Ciclônicos (VC) de alta Troposfera, Frentes Frias (FF), Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) e ainda as Linhas de Instabilidades (LI), que são mecanismos de mesoescala. Estes sistemas atmosféricos atuando, por execução de “*n*” variáveis, podem levar a fortes índices de precipitação pluviométrica que a depender da quantidade/intensidade do evento pode ser classificado como extremo. Há a necessidade de salientar que os sistemas que mais atuam no período mais chuvoso ao longo do ano (Junho, Julho e Agosto) na porção oriental do Nordeste do Brasil são os DOL e as Frentes Frias.

A Ta segundo Corrêa (2004) e Girão (*et al*, 2006) tem características de uma massa tropical quente e úmida com origem no Atlântico Sul (célula de alta pressão denominada de Anticiclone semi-fixo do Atlântico Sul) onde os ventos de SE e E sopra do respectivo Anticiclone rumo ao equador térmico atingindo a Zona da Mata de Pernambuco e Alagoas. Esta umidade adquirida sobre o oceano deposita-se na faixa costeira oriental do Nordeste até a escarpa oriental do Planalto da Borborema. A atuação da Ta sobre a Região Metropolitana do Recife acaba sendo influenciada pela circulação atmosférica secundária. De acordo com (Tubelis e Nascimento, 1992 *apud* Girão *et al*, 2006) tais perturbações atmosféricas dinamizam as condições de tempo dominante ocasionando instabilidades nos índices pluviométricos do litoral oriental do Nordeste.

Para Kayano e Andreoli (2009) este sistema é denominado de Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) onde se intensifica no final do verão do Hemisfério Sul, alcançando maior proporção de influência sobre o Leste da região Nordeste até julho. “O ASAS é um sistema atmosférico que, dependendo da posição, pode favorecer ou não a precipitação no litoral do NE do Brasil” (ROBITA *et al*, 2010 p.197). De acordo com Moscati (1991, *apud* ROBITA *et al*, 2010) o afastamento do ASAS do continente faz com que desfavoreça os ventos SE/E, e, por conseguinte, ocorra um decréscimo da precipitação.

Sobre a ZCIT, a mesma “está associada aos fatores que causam o fortalecimento ou enfraquecimento dos alísios de nordeste e sudeste, e tem papel importante na determinação da estação chuvosa do norte da região Nordeste.” (MELO; CAVALCANTI; SOUZA, 2009 pp.25). Segundo Varejão Silva (2006) consiste numa zona de ascensão dos alísios de ambos os hemisférios por convecção térmica sobre o equador térmico, podendo deslocar-se até 12° de latitude sul, provocando grande nebulosidade e precipitação abundante em sua área de atuação.

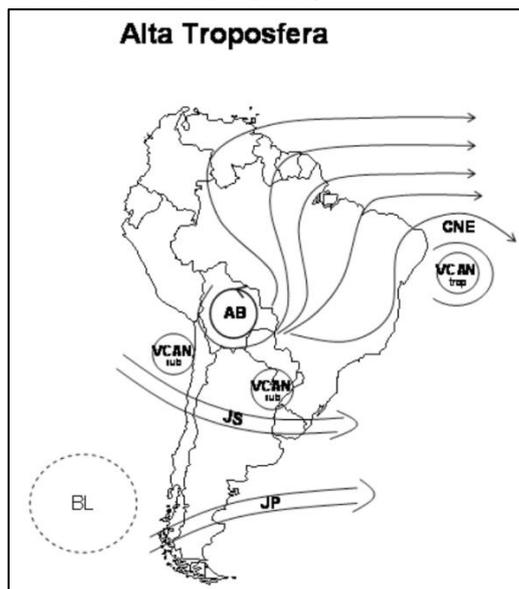
De acordo com Melo; Cavalcanti; Souza (2009) o ENOS (El Niño-Oscilação Sul) e o Dipolo do Atlântico (que está associado às TSM- Temperatura da Superfície do Mar) contribuem para períodos chuvosos ou secos na região Nordeste. Namias (1972, *apud* MOLION e BERNARDO, 2002) aborda que posicionamento e intensidade da ZCIT variam de acordo com a atuação dos alísios de nordeste e sudeste, ou seja, podem aumentar em anos em que os sistemas frontais conseguem penetrar até as latitudes equatoriais sobre o oceano Atlântico, tanto no HS como também no HN.

Segundo Krishnamurti (*et al*, 2013) a ZCIT tem sua variação sazonal ligada à radiação de ondas longas, onde a partir de determinado valor (menor  $220 \text{ Wm}^2$ ) pode levar a convecção de nuvens cúmulos ao longo do Equador. A ZCIT também sofre uma variação diurna, principalmente entre o final da manhã e início da tarde, devido ao fato deste ser o período de maior aquecimento solar. Para Krishnamurti (*et al*, 2013) a localização latitudinal da ZCIT é consequência do efeito da rotação da Terra e do Efeito de Coriolis, sendo este último com seu movimento espiral, provoca o aumento de ventos convergentes sobre o Equador.

Sistemas atmosféricos secundários como “os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) são sistemas meteorológicos caracterizados por centros de pressão relativamente baixa que se originam na alta troposfera e se estendem até os níveis médios, dependendo da instabilidade atmosférica.” (FERREIRA; RAMÍREZ; GAN, 2009 pp.43). De acordo com Ferreira (*et al*, 2009) a contribuição dos vórtices no regime pluviométrico do Nordeste, torna-se considerável interpretar sua atuação relacionada a dois outros sistemas atmosféricos como a Alta da Bolívia (AB) (FIGURA 5) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). “Uma explicação para a formação dos VCANs nessa região é que o aumento da advecção de ar quente em 850hPa, próximo à costa sudeste do Brasil, quando uma frente fria ativa oriunda de latitudes médias se desloca para os trópicos, contribuindo assim, para o aumento da convecção ao longo da frente fria” (JOHNSON; SNOOK, 1983 *apud* ROBITA *et al*, 2010. pp.197).

De acordo Kousky e Gan (1981, *apud* ROBITA *et al*, 2010) a parte central dos VCANs em geral não apresenta nuvens, diferentemente, em sua periferia (especialmente a norte) ocorre grande atividade convectiva. Os efeitos desta característica sobre a região Nordeste são que parte da referida região vai experimentar nebulosidade, na periferia do sistema atmosférico, enquanto outra parte apresentará céu claro decorrente dos movimentos verticais subsidentes existente no centro do VCAN, com um tempo de vida médio que varia de 4 a 11 dias. (FERREIRA; RAMÍREZ; GAN, 2009).

Figura 5: Relação entre Alta da Bolívia e os VCANS



Fonte: Robitae et al. 2010

As Frentes Frias (FF) ou Frente Polar Atlântica de acordo com Varejão Silva (2006), constituem uma faixa de encontro dos ventos polares de leste (frios) e os ventos predominantes de oeste (quentes) no limite entre a célula das latitudes médias (Ferrel) e a célula polar. É formada pela faixa de encontro, situada ao sul do oceano Atlântico. No inverno do Hemisfério Sul, a FPA avança pelo litoral brasileiro provocando aumento da precipitação, a qual é normalmente intensificada pela ação dos cavados barométricos que causam as ondas de leste. Estas geralmente perdem força e não chegam à porção oriental do Nordeste do Brasil, mas em ocasiões excepcionais atingem o litoral pernambucano provocando grande quantidade de chuvas. Para Girão (*et al*, 2013), os meses de maior precipitação na faixa oriental de Pernambuco (junho e julho), estão associados a eventuais avanços da FF, além das instabilidades causadas por cavados barométricos denominado de Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL). Para Molion e Bernardo (2002) a penetração dos sistemas frontais do Hemisfério Sul, ou os seus resquícios, são importantes mecanismos na produção de chuva no sul e leste da região Nordeste.

Dentre as Frentes Frias que podem atuar sobre o território nordestino a mais significativa é a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que age durante o verão, frequentemente sobre a costa brasileira entre São Paulo e Bahia (CAVALCANTI; KOUSKY, 2009). Para Molion e Bernardo (2002) são sistemas frontais, associado a uma zona de convergência de umidade, que atuam durante a

primavera-verão do Hemisfério Sul com posicionamento preferencial sobre a parte central do continente sul-americano, apresentando o seu eixo no sentido NW-SE.

Já especificamente para a costa leste do NE outro mecanismo é mais importante na produção de chuvas, principalmente entre abril e julho. Este mecanismo denomina-se Zona de Convergência Este Nordeste (ZCEN), a qual parte da umidade que alimenta este mecanismo é advinda do Atlântico Sul, podendo potencializar o transporte de umidade se por ocasião a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) apresentar anomalias positivas. (MOLION; BERNARDO, 2002). As duas hipóteses sobre a ZCEN são ainda discutidas pelos meteorologistas.

As ondas de leste ou Distúrbios de Ondulatório de Leste segundo Varejão-Silva (2005) são perturbações atmosféricas que ocorrem nos trópicos sob a forma de conglomerados de nuvens convectivas. Estas se deslocam para oeste, acompanhando um cavado, provoca movimento ascendente, na parte posterior do cavado e divergência à sua frente, o que caracteriza movimento vertical subsidente e geralmente está associada a eventos extremos podendo precipitar uma grande quantidade de chuva em poucas horas. Para Machado (*et al*, 2009) as ondas de leste africanas são mais facilmente detectáveis em relação às ondas que agem sobre a América do Sul, bem menos ativa no contexto sinótico, contudo, este mecanismo atmosférico tem ação fundamental na modulação da convecção em grande parte dos eventos de escala mesossinótica provenientes do oceano no Nordeste brasileiro. Essas que perturbações, que em uma carta meteorológica de superfície assumem o aspecto de uma faixa em forma de I, de V ou de vírgula, estão no bojo de uma onda senoidal no campo do escoamento do ar, associada ao cavado, o qual avança com o tempo (VAREJÃO-SILVA, 2005). Segundo Krishnamurti (*et al*, 2013) para localizar essas “ondas” é necessário observar até 24 horas a mudança no campo de pressão de superfície, já que a alteração da pressão dar-se com a passagem da onda a qual ocorre diminuição da pressão à frente e consequentemente o aumento da pressão atrás do eixo da mesma. As ondas representam um problema de previsão muito difícil para os meteorologistas em relação à quantidade de precipitação.

As Linhas de Instabilidades (LIs), de acordo com Cohen (*et al*, 2009), estão associadas à dinâmica das brisas marítimas. Elas se desenvolvem com certa frequência sobre a costa norte-nordeste da América do Sul podendo se propagar pelo interior do continente, o que leva à possibilidade de ocorrer quantidades significativas de precipitação. Esses sistemas tem um papel fundamental na circulação global e

energética da atmosfera tropical, portanto as LIs constituem um dos mecanismos atmosféricos mais importantes no transporte de calor para alta troposfera (COHEN *et al*, 2009). De acordo com Cohen (*et al*, 2009), as LIs de forte intensidade é predominante no começo de março, enquanto as de média e baixa intensidade ocorrem a partir de abril e depois de setembro respectivamente, o que leva a entender, pelo período das LIs de forte intensidade, uma grande conexão entre ZCIT que acentua as LIs nos primeiros meses do ano.

Esta dinâmica atmosférica que interage através dos vários sistemas atua gerando eventos extremos, assim como, ocorre sobre a área de estudo. Estando esta dinâmica associada à morfologia e fisiologia da paisagem pode corroborar para a ocorrência cheia e inundações, configurando grandes áreas de riscos geomorfológicos, culminando em grandes perdas socioeconômicas e até de vidas humanas.

## **2.5 Vegetação e uso e ocupação da terra**

A vegetação do município de Camaragibe corresponde a Mata Atlântica que segundo (Bandeira, 2003) sofreu um intenso processo de desmatamento, abarcando na atualidade, apenas 7% do território municipal. Contudo, é neste município onde se encontra uma das maiores reservas florestal da Região Metropolitana do Recife denominada de Privê Vermont, com área de aproximadamente de 170ha protegida por lei de Parcelamento e Uso e Ocupação do solo (Lei Municipal Nº 032/97) que classifica esta área como Zona Especial de Preservação Ecológica. A vegetação das encostas que circundam o Riacho Umas foi praticamente removida pelo processo de urbanização. Em relação à vegetação ripária, a mesma pode ser encontrada em alguns pontos do canal.

Quanto aos aspectos políticos-administrativos, o município de Camaragibe de acordo com a Secretaria de Meio Ambiente de Camaragibe (SEPLAMA) (2002 *apud* BANDEIRA, 2003) é dividido em cinco Regiões Político Administrativas que são distinguidas com base em características físicas e sociais. As RPAs 1 e 2 ficam ao sul e sudoeste do território, as 3 e 4 nas regiões Sudeste e Centro do município, enquanto a RPA 5 fica ao norte.

O uso e ocupação da terra dar-se em grande parte por residências, principalmente nas regiões mais centrais da cidade, inclusive a estrutura urbana do município indica alta densidade demográfica. A região 1 é onde se localiza o centro comercial da cidade com a predominância de atividades ligadas a comercialização e

serviços. Também sobre a RPA 1 é possível observar as áreas de tabuleiros dissecados (onde existe a atividade de extração mineral) e colinas íngremes densamente ocupadas do Bairro dos Estados com abundantes localidades susceptíveis a deslizamento e desenvolvimento de formas erosivas profundas.

O riacho Umas passa pelos bairros de João Paulo II e Vila da Fábrica, sendo o ultimo dado mais destaque por conta de sua maior densidade demográfica, o que levou a ocupações cada vez mais para perto do canal. O bairro da Vila da Fábrica corresponde o médio e o baixo curso do canal. O mapa de uso e ocupação do solo está na parte que corresponde os resultados por ser muito importante para a análise espacial da área.

## **2.6 Contexto Socioeconômico**

De acordo com dados coletados no IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) o município tem uma área de unidade territorial de 51,257 Km<sup>2</sup> com uma população contabilizada no ultimo recenseamento demográfico de 144.446 habitantes, contudo tem uma população absoluta estimada em 2013 de 151.587 habitantes. A densidade é de 2.818,46 hab./Km<sup>2</sup>, o que indica uma alta densidade demográfica, portanto uma variável importante no que se refere ao objeto da pesquisa devido ao aglomerado de pessoas ocupando alguns locais do município ambientalmente sensíveis a respostas geomorfológicas advindas de processos climáticos e, contudo a grande vulnerabilidade aos riscos destes processos. O crescimento da população nas duas ultima décadas pode aumentar ainda mais estes riscos, além disso, a população do município de Camaragibe cresceu mais que a população do Estado de Pernambuco, em termos proporcionais, o que evidencia mais ainda a forte densidade demográfica, como mostra o quadro 01.

A base da economia e consequentemente do Produto Interno Bruno é dada pelos serviços, seguido da indústria e a menor participação advinda da agropecuária. Portanto, sendo os serviços que caracteriza a dinâmica econômica do município e estes típicos de atividades da economia de áreas urbanas, o espaço territorial do município é classificado como 100% urbanizado, como confirmam os dados retirados do perfil municipal do BDE. Por conseguinte, as áreas que mais onde o número de empregados é maior são os serviços, administração pública e comércio. O índice Gini da cidade é de 0,58, este indicador torna-se importante para a pesquisa já que mede a desigualdade do

local e conseqüentemente a população mais vulnerável a ocorrência de eventos extremos são aquela com menor condição socioeconômica.

Quadro 1: Crescimento populacional de Camaragibe e Pernambuco nas últimas décadas

Local	Ano			Evolução	
	2000	2007	2010	2000-2007	2007-2010
<b>Camaragibe</b>	<b>128.702</b>	<b>136.381</b>	<b>144.466</b>	<b>1,06%</b>	<b>1,06%</b>
<b>Pernambuco</b>	<b>7.918.344</b>	<b>8.485.386</b>	<b>8.796.448</b>	<b>1,07%</b>	<b>1.04%</b>

Fonte: IBGE, 2013 adaptado pelo autor.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

Com o crescimento da urbanização e a modificação da paisagem natural para uma paisagem urbana, surge à necessidade de observar e compreender os centros urbanos diante de uma ótica diferente, a da Geografia Física, principalmente no que se refere às análises climáticas do ponto de vista dos ritmos climáticos, e seus reflexos sobre processos geomorfológicos como assoreamentos de canais fluviais e/ou de marés, enchentes, erosões superficiais, movimentos de massa, dentre outros.

O conhecimento sobre os sítios urbanos, bem como suas dinâmicas naturais, que representam a base geomorfológica onde se edificam as cidades, modificados pela ação antrópica, atreladas a uma dinâmica capitalista de produção do espaço, é muito importante para o planejamento e para a gestão desses ambientes, sobretudo, no que concerne a qualidade de vida nas cidades. Todavia, “a ação humana é exercida em uma Natureza mutante, que evolui segundo leis próprias, das quais percebemos, de mais a mais, a complexidade” (TRICART, 1977 p. 35). Além da análise da dinâmica climática que responde pela modelagem das formas de relevo que compõem os sítios urbanos, a modificação da paisagem natural para um espaço alterado pode levar a ocorrência de riscos geomorfológicos.

Os domínios fluviais e interfluviais quando ocupado de forma desordenada e sem a infraestrutura adequada possibilita, portanto, susceptibilidade a eventos naturais que podem ser acelerados por uma quebra no equilíbrio morfodinâmico e conseqüentemente, vulnerabilidade da população ocupante desses espaços a sofrerem efeitos negativos pós-ocorrência dos eventos. Sobre as áreas fluviais a dinâmica

predominante são as enchentes e inundações, enquanto sobre os domínios interfluviais a morfodinâmica dar-se a partir de processos erosivos superficiais e subsuperficiais, além de movimentos gravitacionais de massa.

O estudo destes processos a partir das perspectivas dos sistemas dinâmicos podem elucidar algumas respostas, contudo é necessário salientar que esses resultados serão com base na escala de tempo utilizada (tempo sinótico) e conseqüentemente na escala espacial analisada, sendo que mudança nestas variáveis podem trazer respostas diferentes à encontrada na presente pesquisa.

### **3.1 Sistemas dinâmicos como forma de análise da paisagem**

O estudo das paisagens levando em consideração a sua dinâmica sistemática é um tipo de abordagem muito utilizada nas ciências ambientais, dentre elas também a Geografia. Foram descritos alguns conceitos e abordagens sobre o tema, contudo serão apenas abordados nos resultados aqueles que mais condizem com os resultados da pesquisa. Esta forma de análise foi evoluindo juntamente com os avanços científicos, quando, ora já incorporou uma visão mais ecológica com Erhart (1966) e Tricart (1977) onde as paisagens passavam por estágios até chegarem a um “equilíbrio” tornando-se estáveis.

Posteriormente adquirindo as ideias mais complexas advindas da Biologia Teorética e, principalmente da Física e da Química, os estudos sobre as dinâmicas sistemáticas que atuam sobre a paisagem se comportam de maneira não linear, e por vezes caótica onde o equilíbrio e a estabilidade estão distantes de serem encontrados.

De acordo com Tricart (1977) sobre a ótica da dinâmica como ponto de partida de avaliação propôs uma classificação dos meios no nível taxonômico mais elevado, por conseguinte, distinguiu três grandes tipos de meios morfodinâmicos, em função da intensidade dos processos atuais, a saber: meios estáveis, meios *intergrades* e os fortemente instáveis. Os meios estáveis caracterizam-se por uma paisagem, entre alguns aspectos, por apresentarem cobertura vegetal suficientemente fechada que dificultam o desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese. Isto ocorre devido às plantas, em seu conjunto, possuem efeito estabilizador pela função de anteparo aos fluxos de radiação e às gotas da chuva, e ainda pelo efeito frenador sobre o vento.

Estas paisagens podem ser classificadas como em estado de fitoestasia que segundo Tricart (1977) é o termo mais adequado quando ocorre predomínio da

pedogênese sobre a morfogênese, diferentemente do termo utilizado por Henri Erhart (1966, *apud* TRICART 1977) que denominou de biostasia. O primeiro autor, portanto, entende que a cobertura vegetal é a que, de fato, proporciona a estabilidade das encostas.

Os meios *intergrades* são colocados por Tricart (1977) como estado de transição, ou seja, são ambientes onde ocorre a passagem gradual entre os meios estáveis para os instáveis em uma ideia contínua. Por conseguinte, o que caracteriza esses meios é a inferência permanente da morfogênese e pedogênese atuando conjunta e concorrencialmente sobre o mesmo espaço. “Os meios *intergrades* são delicados e susceptíveis a fenômenos de amplificação, transformando-se em meios instáveis cuja exploração fica comprometida” (TRICART, 1977 p. 51).

Nos meios instáveis Tricart (1977) indica a predominância da morfogênese na dinâmica natural, podendo ter diferentes origens, susceptíveis de se combinarem entre elas. Os meios tornam-se instáveis a partir da evolução dos meios *intergrades* principalmente quando ocorre uma diminuição significativa da vegetação, já que a mesma tem a capacidade de se adaptar a irregularidades climáticas. Portanto, a mudança na vegetação ocorre devido a oscilações climáticas provocando, todavia, processos morfodinâmicos a qual instabilizam a paisagem sobre vários aspectos como erosões superficiais que vão gerar formas erosivas como ravinas e voçorocas, assoreamentos de canais fluviais, movimentos de massa, entre outros.

Diante das ideias de Tricart (1977) verifica-se que as mudanças na cobertura vegetal aliada também a eventos pluviais de alta magnitude são responsáveis pelas respostas morfodinâmica nas paisagens. Essas modificações podem ocorrer a partir de uma dinâmica natural por oscilações climáticas observadas durante os períodos geológicos mais recentes (tempo geológico) e/ou, por influência antrópica no processo de aceleração da degradação de áreas onde o planejamento do uso e ocupação do solo não foi realizado, ou seja, as modificações das formas do relevo inconsolidados podem ter origem como consequência de má utilização do espaço pela humanidade, causando problemas aos próprios grupos humanos (tempo histórico). Pode haver, portanto, uma interconexão de fatores naturais e antrópicos na fisiologia da paisagem.

A fisiologia da paisagem é colocada por Conti (2001) como forma de compreensão da organização, do funcionamento e da dinâmica das paisagens, em especial as tropicais. Além de analisar de forma integrada os elementos constituintes da paisagem e compreender conceitos, leis e influências das ações antrópicas conforme

consta na ementa disciplina de mesmo nome criada no curso de Geografia da Universidade de São Paulo no final da década de 1960. Deste modo, segundo Conti (2001) ao considerar a paisagem como unidade espacial de análise e sua integração no tempo e no espaço, sem descuidar dos processos genéticos de sua elaboração pode estimular a análise de exemplos concretos.

Ab'Sáber (1969 *apud* CONTI, 2001 p. 61) enfatizava que a fisiologia da paisagem se apoiava em conhecimentos como “a atuação dos fatos climáticos não habituais e a ocorrência de processos espasmódicos” além das “ações antrópicas predatórias que causam sutis variações na fisiologia de uma determinada paisagem”. Portanto, torna-se claro que a abordagem feita sobre o ponto de vista da fisiologia da paisagem as excepcionalidades dos processos naturais atuando conjuntamente com o uso inadequado do solo pode levar a mudanças na morfologia das paisagens, o que traz a população ocupante destes espaços uma situação de vulnerabilidade em relação à ocorrência de eventos naturais.

A visão de Tricart sobre os processos dinâmicos naturais está bastante ligada à concepção organicista que concede a superfície terrestre, em suas unidades regionais, um estado de equilíbrio conforme as condições reinantes, funcionando de maneira integrada com as demais áreas, compondo deste modo, uma individualização e funcionalidade geral do planeta Terra. Este raciocínio foi retirado da leitura de Christofolletti (1999) onde o mesmo salienta quão eventos de alta magnitude pode afetar o estado de equilíbrio predominante, por conseguinte, o sistema seja ele regional ou local atua absorvendo o impacto reajustando-se ao um novo estado de equilíbrio. Neste sentido, segundo o mesmo autor os grupos humanos devem evitar introduzir ações que provoquem rupturas no equilíbrio.

A concepção sobre a visão sistêmica da natureza foi se modificando no decorrer da história, da mudança de pensamento das correntes filosóficas e do avanço conceitual das ciências modernas onde segundo Christofolletti (1999) tais interpelações passaram desde percepções mais mecanicistas influenciados por René Descartes (sistema linear simples), posteriormente para um pensamento mais organicista e suas ideias de resiliência e estado de equilíbrio e chegando ao contexto da complexidade (sistema complexo não-linear).

De acordo com Christofolletti (1999) posteriormente a abordagem sistêmica incorporou contextos conceituais e analíticos diferentes das concepções organicistas básicas, principalmente com o desenvolvimento da Biologia Teorética introduzidas por

Ludwig von Bertalanffy e recentemente com a evolução observada no campo da Física e da Química, especialmente aos sistemas dinâmicos não lineares, com comportamento caótico. Para Scheidegger (1992) um sistema é um conjunto de elementos inter-relacionados que funcionam juntos, como uma entidade incorporada num ambiente. “Se a perspectiva sistêmica com fundamentação biológica é considerada como ligada à modernidade, as perspectivas sistêmicas ligadas à incerteza e ao comportamento caótico são consideradas como pertencentes à pós-modernidade” (GARE, 1995 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1999. pp. 02).

Os sistemas dinâmicos segundo Christofolletti (1999 *apud* CHRISTOFOLETTI, 2011) podem ser classificados em simples e complexos, onde o primeiro é composto por um conjunto de componentes relacionados conjuntamente e agindo um sobre os outros conforme determinadas leis. O segundo é definido como um conjunto de grande quantidade de elementos interligados, com capacidade de trocar informações com seu entorno condicionante, possuindo também a tendência de adaptar sua estrutura interna como sendo consequência ligada a tais interações.

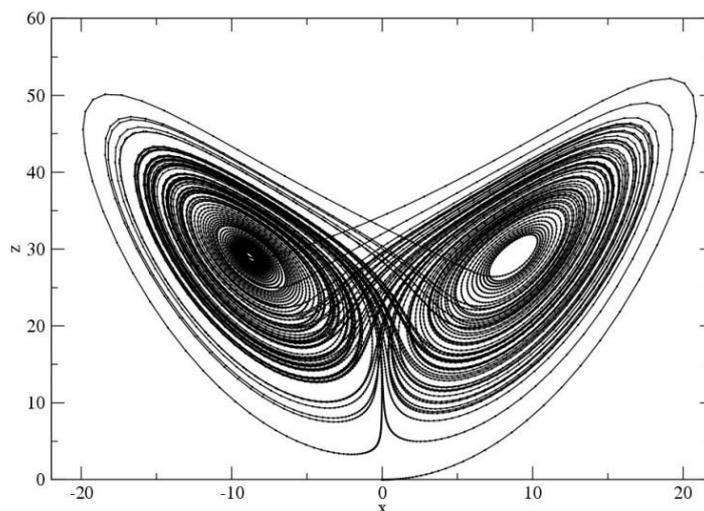
Para Christofolletti (2011) os sistemas dinâmicos simples podem ser também denominados de sistema linear, ou seja, considera-se aquele em que a relação de causa e efeito entre as variáveis pode ser prevista com precisão (visão mecanicista), já os sistemas complexos correspondem aos sistemas não lineares, a qual são aqueles cuja resposta a um determinado distúrbio não é necessariamente proporcional à intensidade deste distúrbio, este, portanto, objeto da Teoria do Caos. De acordo com Vicente e Perez Filho (2003) nesta perspectiva a visão do observador/observado ganha novas conotações e a própria realidade começa a ser revista, enquanto expressão de pequenas e relativas verdades dinâmicas, aleatórias e casuais.

Sobre a Teoria do Caos (ou caos determinístico) que consiste em uma importante ferramenta para a análise dos sistemas dinâmicos não lineares, Gleiser (2002 *apud* CHRISTOFOLETTI, 2011) define que caos é o estudo de comportamentos instáveis e aperiódicos em sistemas dinâmicos determinísticos não lineares. Para Phillips (2009) a instabilidade e o caos implicam em pequenas variações nas condições iniciais que podem conduzir a diferenças muito maiores posteriormente, portanto, os efeitos de pequenas perturbações são prováveis de crescer e persistir. Esta concepção de pensamento é baseada na ideia representada pelo Atrator de Lorenz (FIGURA 6).

Evidencia-se, portanto, que segundo Christofolletti (2011) descreve como o meteorologista Edward Lorenz denominou de “dependência sensível das condições

iniciais” ou “Efeito Borboleta”, contudo, Lorenz percebeu que a aleatoriedade dos processos caóticos continha uma ordem, pois era produzida a partir de um sistema determinístico simples. De acordo com Phillips (1992) a presença e prevalência de limiares/bifurcações nos sistemas geomorfológicos é um motivo especialmente atraente para suspeitar de comportamento caótico que é mais bem observado a partir de uma perspectiva matemática topológica.

Figura 6: Atrator de Lorenz



Fonte: stragattractor.blogspot.com

Ao analisar dinâmicas naturais de acordo com Vicente e Perez Filho (2003) que são extremamente complexas lidamos com sistemas abertos onde a tendência a um estado de equilíbrio que, segundo Gregory (1992, p.222 *apud* VICENTE e PEREZ FILHO, 2003 p. 330) é de todo modo, “definidos como os que precisam de um suprimento de energia para a sua manutenção e preservação, e são mantidos em condição de equilíbrio pelo constante suprimento de matéria e energia”. Todavia, “os sistemas abertos, as condições iniciais sofrem influência direta de um número enorme de variáveis e variantes em processo constante de reações e contrarreações, expressas nas oscilações de seus níveis de entropia” (VICENTE E PEREZ FILHO, 2003 p. 331). As bacias hidrográficas e os sistemas atmosféricos se enquadram bem neste tipo de abordagem.

Barros (2014) coloca que os sistemas são como um conjunto único, onde alterações nos *inputs* de determinado sistema serão refletidos em seus *outputs*. Todavia como reafirmado (CHORLEY *et al*, 1984 *apud* BARROS, 2014) quando por “mudanças nas entradas dos sistemas produzem mudanças nos produtos e nas formas ou

estruturas dos componentes internos do sistema.” Por conseguinte os *outputs* cujo sua forma e funcionamento estão ligados diretamente aos sistemas e podem apresentar tipos distintos a qual se configuram como os que evacuam a matéria e energia do sistema ou refletem modificações na forma do sistema. Enquanto, no primeiro caso, a resposta será à saída de matéria e energia do sistema, e como consequência, *input* no sistema subjacente, o segundo reflete como resposta a mudança gerada pelo *input* sobre o sistema, modificando algumas de suas formas. (CHORLEY, KENNEDY, 1971 *apud* BARROS, 2014).

A ideia de equilíbrio no raciocínio sistemático foi trabalhada também por Scheidegger (1992) onde coloca que a teoria do equilíbrio conduz ao conceito de processo-resposta, ou seja, quando o equilíbrio é perturbado, o sistema responde com ajuste das variáveis restantes, a qual ocorre uma nova configuração de equilíbrio. Phillips (1992) discorre sobre o conceito de estabilidade assintótica que no contexto geomorfológico é a interpretação da estabilidade em resposta a perturbações que não são graves o suficiente para destruir os mecanismos de *feedback*. Já o caos está ligado à instabilidade assintótica que é definida como divergência exponencial de um estado de equilíbrio após uma perturbação, e que se aplica a perturbações de qualquer magnitude, uma condição necessária para o caos geral, portanto, a instabilidade assintótica é tanto necessária e suficiente para indicar que um sistema pode apresentar comportamento caótico em certas circunstâncias. Para Phillips (1992) em um estado de equilíbrio instável, que é a resposta do sistema a uma perturbação, não será retornar ao sistema anterior (estado de pré-perturbação), em vez disso, o sistema permanece em desequilíbrio ou ocorre à mudança para outro novo estado de equilíbrio.

De acordo com Chorley & Kennedy (1971 *apud* BARROS, 2014) ressaltam que a análise de sistemas não deve considerá-los de modo simplista, baseada em ideias de equilíbrio estático e afirmam que:

O estado de um sistema aberto ou fechado não pode, portanto, ser descrito com referência a um equilíbrio estático (*steady-state*). A estrutura interconectante de tais sistemas transmite a qualidade de auto regulação, o que leva a tipos distintos de equilíbrio. Sistemas complexos abertos e fechados são compostos de *feedbacks* de subsistemas integrados que operam de maneira auto regulatória e enriquece o sistema pelo fornecimento de maior flexibilidade de respostas (p. 13, tradução BARROS, 2014).

Segundo Bracken e Wainwright (2008) as diferentes ideias em relação ao equilíbrio ocorrem devido ao fato de alguns autores se referirem ao processo e outros a forma da paisagem, por conseguinte, a expressão “equilíbrio de estado estacionário” é

usada para se referir a paisagens em constante forma, enquanto o “equilíbrio dinâmico” é mais comumente empregado em relação a variações de taxas de processos para produzir formas constantes. Já a contraposição disso, de acordo com os referidos autores, “desequilíbrio” é muitas vezes utilizado para descrever paisagens que ainda não estão em equilíbrio (no entanto definido), enquanto “não equilíbrio” tende a ser utilizado para paisagens que não atingiram o equilíbrio, apesar de longos prazos de estabilidade.

Bracken e Wainwright (2006 *apud* BRACKEN E WAINWRIGHT, 2008) indicam que por conta dos processos multivariados dos sistemas naturais, cujas características por vezes são mal definidas, demonstram que o potencial dos estados de equilíbrio é limitado por problemas de tratabilidade matemática, ou seja, qualquer tentativa de demonstrar a existência de paisagens em equilíbrio depende, portanto, de um estudo com capacidade de precisão e definição constante e de alta qualidade, com dados multivariados em relação ao processo, além disso, a escala espacial onde os dados são coletados também afetará os tipos de equilíbrio que podem ser observados.

Para Phillips (2009) considerações sobre a noção de equilíbrio não são analisadas apenas nas respostas geomorfológicas, mas também em percepções e juízos de valor, todavia, para o mesmo, estes conceitos podem ser agrupados em três progressivas, restritas e rigorosas categorias. A primeira consiste no tempo de Relaxamento – onde o equilíbrio implica apenas em um relevo ou paisagem que concluiu sua resposta a uma dada perturbação ou mudanças ambientais. A segunda é a caracterização das formas – implica que o tempo de relaxamento do equilíbrio é uma forma ou estado que é ajustado de acordo com as restrições e contexto do ambiente. Já o equilíbrio de estado estacionário – o mais forte e com mais variedades restritivas, correspondem a características onde as formas e os estados são estáveis em respostas a todas, contudo mais comumente, as grandes perturbações e automanutenções.

Sobre o conceito de desequilíbrio Phillips (2009) aborda considerando algumas variantes, dentre as quais, o desequilíbrio é considerado temporário ou condição aberrante. Em outra, o desequilíbrio pode ser relativamente comum já que os distúrbios são bastante frequentes em algumas paisagens, neste caso, o objetivo inevitável dos sistemas geomorfológicos são os ajustes as perturbações, todavia, os limites de flutuações das condições de trabalho sempre irão mover o sistema para o equilíbrio. O que é interessante é que o autor chama a atenção para a questão epistemológica do

conceito de equilíbrio e desequilíbrio levando em consideração as várias percepções trabalhadas na Geomorfologia.

Ao tratar do equilíbrio das paisagens é imprescindível também lidar com a questão da sensibilidade das mesmas. “Existe uma grande variação espacial na capacidade de modificação das formas de relevo. Isto é conhecido como sensibilidade às mudanças. Assim, estabilidade da paisagem é função de distribuições temporais e espaciais de forças de resistência e de distúrbio e é, portanto, diversa e complexa” (BRUNSDEN, 1990 *apud* BRUNSDEN, 2001 pag. 100 tradução nossa). Todavia, o conceito de sensibilidade das paisagens de acordo com BrunSDen & ThorneS (1979 *apud* BRUNSDEN, 2001) consiste na probabilidade de uma dada modificação nos controles de um sistema ou as forças aplicadas a ele produzirem uma resposta sensível, reconhecível, sustentada e complexa, por conseguinte, a sensibilidade de um sistema é definida por suas especificações, que descrevem sua propensão para as mudanças e sua capacidade de absorver qualquer força de distúrbio.

O conceito de sensibilidade está atrelado a eventos que causam distúrbios que são absorvidos pelo sistema produzindo respostas, contudo não são apenas as grandes perturbações que levam a significativas mudanças na paisagem, que podem ser caracterizadas por sensibilidade, pequenas e contínuas perturbações podem também gerar mudanças, contudo apenas observada em uma escala espacial de detalhe. Fica evidente que são os eventos de alta magnitude que produzem as respostas mais relevantes sobre a paisagem, como uma bacia hidrográfica, por exemplo. Entretanto pequenas e contínuas perturbações provocaram ajustes sobre os canais fluviais, também podendo levar a transtorno referente aos riscos, sobretudo se parte da bacia de drenagem for urbanizada.

Esta ideia segundo BrunSDen (2001) é um elemento essencial da proposição fundamental da estabilidade das paisagens. Thomas (2000, *apud* BRUNSDEN, 2001) divide em sensibilidade temporal, que é uma função de magnitude e frequência de eventos formativos ao longo do tempo e a sensibilidade espacial ou a posição da modificação na paisagem. Não se podem esquecer as várias escalas de tempo a qual são possíveis de trabalhar em Geografia, sendo desde uma escala de tempo de Milankovitch até a sinótica.

Para Vicente e Perez Filho (2003) o paradigma sistêmico é sobretudo geográfico e constitui-se no próprio desafio da intervenção analítica sobre o complexo ambiental voltado para o planejamento e gestão, buscando diagnose e/ou prognose, e priorizando

entender muito mais as relações do que as particularidades expressas em sua dinâmica no tempo e no espaço. Além disso, de acordo com Limberger (2006) o pensamento complexo tornou-se exigência social e política no nosso século, especialmente a partir do surgimento da abordagem sistêmica em várias áreas do pensamento, isto posto, percebeu-se que o pensamento cartesiano conduz a interpretações e ações mutilantes.

O físico Bar-Yam (1997) trabalha em seu artigo a questão das análises sistemáticas em várias escalas onde o mesmo faz alusão ao *zoom* de uma câmera onde ao aumentá-lo fornece mais detalhes, contudo à medida que se aumenta o *zoom*, vê-se cada vez menos o sistema inteiro, porém é necessário descrever todo o sistema. Portanto, alterar a escala é mudar a precisão da observação e não o sistema que estamos observando. “O comportamento do sistema em pequena escala requer uma especificação de cada uma das partes que está a fazer, no entanto, quando o sistema é observado em escala maior não é possível distinguir as partes individualizadas, apenas a totalidade de seu comportamento é observável” (Bar-Yam, 1997 p. 33 tradução nossa). Segundo o mesmo autor os sistemas dinâmicos podem ter três tipos de comportamentos que são: aleatório, coerente e complexo. De acordo com Phillips (1992) a aleatoriedade pode ser considerada uma propriedade física dos sistemas que atuam sobre a superfície da Terra.

Utilizando a ideia acima tratada ao analisarmos um canal como na presente pesquisa, não podemos esquecer que o mesmo faz parte de um sistema denominado de bacia hidrográfica. Contudo, mesmo tendo como foco um determinado canal fluvial é importante que se tenha ideia de seu contexto sobre um sistema maior, as respostas acerca de entrada de matéria e energia e, por conseguinte, a saída dessas e as consequências no canal fluvial da ordem subsequente.

Morin (2002 p.98 *apud* LIMBERGER 2006 p. 104) afirma a dificuldade de compreensão e aplicação do conceito de complexidade já que a ideia contém “a impossibilidade de unificar, a impossibilidade do acabamento, uma parte de incerteza, uma parte de indecidibilidade e o reconhecimento do tête-à-tête final com o indizível”. Portanto, não é porque lidamos com certas incertezas que se deixa de estudar os fatos, ao contrário, tentar entender e obter certa organização no tempo e no espaço confere desafio a Geografia, além do fato de que as previsões feitas a partir do conceito de complexidade são muito mais de cunho qualitativo que quantitativo. Para Reclus (1985 *apud* LIMBERGER 2006) devido aos componentes que interagem, afirma que os

aspectos naturais, através de suas inter-relações, se inter-relacionam com aspectos sociais, criando um sistema complexo de organização do espaço.

Para Souza (2013) que resume bem a ideia em seu artigo, diz que é muito importante entender a composição de cada sistema observando vários aspectos, tais como: a matéria, corresponde ao material que vai ser mobilizado dentro do sistema; a energia corresponde à força, a qual pode ser a potencial ou cinética, que faz com que o sistema realize trabalho; e estrutura que corresponde aos elementos e suas relações, o arranjo dos componentes sobre o sistema. Sobre a estrutura é relevante destacar três características: tamanho, correlação e casualidade. O tamanho estará relacionado com a quantidade de variáveis que compõe o sistema; a correlação entre as variáveis demonstra como elas se relacionam em força e direção; e a casualidade mostra a relação de independência e dependência entre as variáveis (CHORLEY; KENNEDY, 1971; CHRISTOFOLETTI, 1979 *apud* SOUZA, 2013).

Segundo Scheidegger (1992) é importante salientar os limites da abordagem sistêmica em relação aos processos endógenos, ou seja, as “paisagens estruturais” que são condicionadas a processos mecânicos determinísticos. Somente os processos puramente exógenos podem ser estudados pela abordagem sistêmica, pois estes agem de forma quase aleatória.

### **3.2 Discutindo o risco de inundação**

Com o intenso processo de urbanização e, conseqüentemente, das técnicas aplicadas na ocupação dos espaços levaram a mudanças e readaptação das dinâmicas sistemáticas naturais para artificiais. Todavia, Carvalho (2011) coloca que nesta perspectiva os eventos naturais acabam tendo efeitos negativos tornando-se associado à noção de risco ou perigo. Contudo a definição de risco e perigo apresenta grande imprecisão conceitual anotada na literatura técnica.

A diferenciação dos termos foi discutida por Carvalho (2011) onde coloca que o termo hazard (perigo) se refere a um evento físico, fenômeno natural e/ou induzido que provoque danos. Souza (*apud* CARVALHO, 2011) apresenta o conceito de risco baseado em Vernes (1984, *apud* CARVALHO, 2011) que define como “o grau de prejuízo ou dano causado a pessoas e bens, devido à ocorrência de um perigo (hazard)”. Conseqüentemente, os eventos naturais em si como enchentes, movimentos de massa, entre outros, são classificados como perigo, enquanto o prejuízo causado pelo evento é

o risco. Para Carvalho (2011) os eventos merecem ser analisados a partir de suas probabilidades de ocorrências (susceptibilidade), todavia, o risco deve ser analisado a partir do que e quem está mais exposto ao prejuízo (vulnerabilidade). Contudo, para o autor acima citado, existe a necessidade de esclarecer que a probabilidade e/ou ocorrência de um evento em si não é um problema, o evento só se torna perigo (hazard) quando gera efeitos negativos (risco).

Gilbert White (1974 *apud* Phillips, 2009) desenvolveu um quadro conceitual geral para a análise dos riscos naturais, por conseguinte, este quadro avalia os perigos as quais podem ser adaptados para avaliar alterações ou perturbações nos sistemas geomorfológicos e/ou respostas resultante de acordo com sete critérios, dentre os quais, quatro estão relacionados com as características temporais: frequência (probabilidade, capacidade e recorrência de um evento); duração; velocidade de aparecimento; e espaçamento temporal (aleatória versus regular). Dois critérios são relacionados a características espaciais, ou seja, a extensão da área e a dispersão espacial (difuso versus concentrado). O ultimo critério é a magnitude, que muitas vezes é alguma medida de força, poder, energia ou fluxo de massa.

Problemas ambientais podem ser caracterizados a partir de concepções, como desastres e *Hazards*. “Neste sentido, verifica-se que, inicialmente, os *Hazards* foram definidos com base em fatores físicos e os Desastres, em função de atores humanos (...) visando à integração explicativa dos domínios físicos e humanos que interagem no processo de formação, favorecendo uma conceituação multidimensional (...)” (MATTEDI; BUTZKE, 2001, pp. 15). Para Tominaga (*et al*, 2009) há a necessidade de esclarecer que os desastres naturais podem ser provocados por diversos fenômenos, dentro o quais, destacam-se inundações, escorregamentos, erosão, terremotos, tempestades, estiagem, entre outros. Contudo estes fenômenos naturais atrelados ao acelerado processo de urbanização das ultimas décadas aumentam a situação de risco.

De acordo com a UN-ISDR (2009, *apud* TOMINAGA *et al*, 2009) considera desastre como uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de arcar com seus próprios recursos. Outra concepção sobre desastre consiste segundo Tobin e Montz, 1997; Marcelino, (2008 *apud*, TOMINAGA *et al*, 2009) desastres naturais podem ser definidos como resultado do impacto de fenômenos naturais extremos ou intensos sobre um sistema social, causando sérios danos o prejuízos que

exceda a capacidade da comunidade ou da sociedade atingida em conviver com o impacto.

Sobre o tema risco, tem-se uma grande variedade de formas e tipos de riscos que são trabalhados na literatura. Segundo Jones (1993 *apud* MARANDOLA JR. e HOGAM 2004) os *Hazard* como é tratado pelos geógrafos podem assumir várias categorias de análise como: *Hazards* Sociais, *Hazards* Tecnológico e *Hazards* Naturais. De acordo com o autor acima citado a intersecção desses tipos de riscos geram outros como: *Hazard* híbridos que é o resultado da interação fenômenos sociais e tecnológicos; *Hazard*quasi-natural que possui uma dimensão do meio físico modificada ou determinada por elementos sociais e tecnológicos e *Hazards* ambiental que são resultados de três elementos, os quais são: natural, social e tecnológico (JONES 1993 *apud* MARANDOLA JR. e HOGAM 2004). Por conseguinte, existe uma ideia geral de que se existe algo que possa a vir acontecer, já se configura um risco, sendo esta visão a mais utilizada na cultura ocidental há vários séculos. Logo, o risco é probabilístico, é de certa forma uma busca do entendimento sobre a incerteza, contudo, imprescindível ferramenta para a gestão pública com foco no planejamento urbano (DAGNINO, R.; CARPI JUNIOR, S. 2004).

O conceito de *Hazard* que foi traduzido como risco, por que considera fatores antropogênicos e a “possibilidade de perigo”. De acordo com Smith (1992 *apud* MOURA e SILVA 2008) o risco está relacionado à probabilidade de ocorrer o fato, enquanto *hazard* representa o evento em si, que põe em perigo, ao qual pode levar ao desastre. Marandola Jr. e Hogam (2004), por sua vez concebem - *hazard* não como um evento natural, contudo trata-se de um evento na interface sociedade-natureza. Segundo Bittar (1995 *apud* GIRÃO *et al*, 2007) perigo é a ameaça potencial à vida humana com consequências socioeconômicas.

De acordo com Bittar (1995 *apud* GIRÃO *et al*, 2007) o risco natural é definido como um acontecimento natural, onde não são registradas perdas socioeconômicas, portanto, evento natural ocorre integrado a um sistema dinâmico. Por conseguinte, o risco natural está ligado a uma situação de resistasia, desta forma, independe da ação humana. Para Ercole e Pigeon (1999 *apud* HÉTU, 2003), as eventualidades ditas naturais são fenômenos físicos, identificados por sua intensidade e frequência. Portanto é a possibilidade ou probabilidade de atender as determinantes humanas (pessoas, bens, valores culturais etc.) (ERCOLE; PIGEON 1999 *apud* HÉTU, 2003). Contudo segundo Héту (2003) algumas catástrofes não são puramente natural, como avalanches,

inundações, deslizamento de terra, estas podem ser extremamente potencializadas pela má gestão do espaço feita por ação antrópica.

Muitas vezes para um evento causar desastre o mesmo tem que ser considerado “anormal”, ou seja, está fora dos padrões encontrado nas médias. Principalmente quando o referido evento é de origem climática como é comum nas regiões intertropicais. Estes eventos extremos só levam à situação de perigo quando ocorrem em áreas de grande ocupação humana. Assim, quando estes eventos de alta magnitude atingem populações em vários níveis, estas se tornam susceptíveis ao fato. Portanto, “a noção de vulnerabilidade social estaria diretamente relacionada a grupos ou indivíduo que, por determinadas características ou contingências, particularmente decorrentes de sua relação com o poder, vivem menos propensos a dar resposta positiva ante algum evento adverso”. (DESCHAMPS 2004 *apud* MOURA; SILVA 2008. pp. 61). Para Moura e Silva (2008) o conhecimento científico atual pode e deve servir de ferramenta para se criar um sistema humano menos vulnerável a fenômenos extremos da natureza.

A noção de Vulnerabilidade social de acordo com Deschamps (2004 *apud* MOURA; SILVA 2008) tem ligação direta com grupos de indivíduos que devido as suas relações com o poder serem aquém do necessário, são menos propensos a dar respostas positivas ante algum evento adverso. Segundo Moura e Silva (2008) são surpreendentes como os países pobres tem limitada capacidade para socorro, alojamento de emergência, oferta de alimentação, água e eletricidade, bem como condições sanitárias e comunicações.

Ao tratar de canal fluvial em área urbanizada é necessário conceituar os termos enchentes e inundações, que embora popularmente sejam tratados como sinônimos, cientificamente correspondem a termos diferentes. A partir desta ideia Kobiyama (*et al*, 2006) define assim:

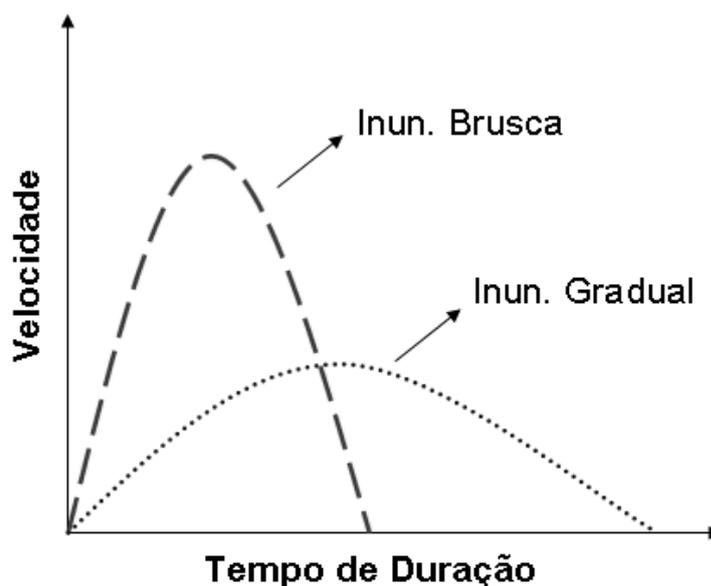
“A inundação, popularmente tratada como enchente é o aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo transbordamento de suas águas sobre as áreas próximas a ele. Estas áreas planas próximas aos rios sobre as quais as águas extravasam são chamadas de planície de inundação. Quando não ocorre transbordamento, apesar do rio ficar praticamente cheio, tem-se uma enchente e não uma inundação. Por esta razão, no mundo científico, os termos “**inundação**” e “**enchente**” devem ser usados com diferenciação.”.

Seguindo a discussão sobre o tema Castro (2003 *apud* Kobiyama *et al*, 2006) faz um à distinção entre inundação gradual e inundação brusca, onde a primeira corresponde a episódios onde a água eleva-se de forma lenta e previsível, mantendo-se em situação de cheia por tempo prolongado, e posteriormente há o escoamento gradual,

ou seja, inundações que possuem sazonalidade como exemplo os rios Amazonas, Nilo e Mississipi. A segunda está ligada as chuvas fortes e concentradas, principalmente em regiões de relevo acidentado, levando a elevações súbitas e escoamento violento, conhecida popularmente como enxurradas (FIGURA 7).

Todavia Kobiyama (*et al*, 2006) questiona a aplicação dos termos já que por vezes inundações graduais são interpretadas como inundações bruscas, também ocorrendo o contrário. Isto dar-se segundo o autor devido à grande ambiguidade de definições existentes sobre o tema. Observa-se, portanto que a aplicação dos termos torna-se mais complexa, principalmente ao se tratar de uma escala de detalhe, com impactos mais locais como no presente trabalho de pesquisa.

Figura 7: Gráfico indicando as diferenças dos tipos de inundação.



Fonte: Kobiyama *et al.*, 2006

Outra definição é dada pela UN-ISDR (2002 *apud* AMARAL; RIBEIRO, 2009) na qual as inundações e enchentes são consideradas problemas geoambientais derivados de fenômenos ou perigos naturais de caráter hidrometeorológico ou hidrológico. Para o Ministério das Cidades/IPT (2007 *apud* AMARAL; RIBEIRO, 2009) inundação representa o transbordamento das águas de um curso d'água que atinge a planície de inundação ou área de várzea, enquanto enchente ou cheias são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, contudo sem extravasar. Os termos alagamentos e enxurradas também tem que ser diferenciados e podem apresentar ou não relação com processos fluviais.

Tucci (2008) faz uma distinção entre inundações de áreas ribeirinhas e inundações em razão da urbanização, sendo a primeira correspondente a inundações naturais que ocorrem no leito maior dos rios por causa da variabilidade temporal e espacial da precipitação e do escoamento na bacia hidrográfica. A segunda são aquelas que ocorrem na drenagem urbana por conta do efeito da impermeabilização do solo, canalização ou obstrução ao escoamento.

Existe, portanto grande variedade de interpretações sobre o tema e suas distinções conceituais, todavia em todas se procura separar os termos, suas características e processos, diferenciar e entender as ações. Contudo, tanto cheias, quanto inundações podem oferecer riscos à população a depender de onde a mesma está inserida sobre um canal fluvial, ou seja, as formas de ocupação e uso do solo próximo aos rios expõem seus habitantes à grande vulnerabilidade de impactos negativos advindos destes processos.

Portanto, a perspectiva do risco vem como proposta de trabalho onde possamos analisar tanto fatores elencados a dinâmica físico-natural, quanto socioeconômicos, tentando identificar como elementos naturais, como fenômenos atmosféricos e em resposta a estes morfodinâmica do relevo (principalmente, neste caso, sítio urbano das cidades), podem atingir de maneira diferente populações com níveis socioeconômicos desiguais produzindo ações e consequências distintas.

### **3.3 Influências da urbanização sobre canais fluviais**

As mudanças geomorfológicas na paisagem, transformando-a de uma função natural para uma artificial reorganizam as sistemáticas relações naturais levando-as a buscar ao um novo estado de equilíbrio, por conseguinte, causando problemas socioambientais na dinâmica urbana. Os *inputs* climáticos, principalmente aqueles de grande intensidade, vão surgir como potencializadores dessas adversidades sobre os espaços urbanos, pois estes podem ser desencadeadores de processos morfodinâmicos que, a depender da configuração da paisagem, conduzem eventualmente a susceptibilidade no que se refere aos riscos. Há, contudo uma crescente necessidade de se desenvolver estudos em áreas urbanas, justamente por ser o ambiente citadino o maior exemplo de alteração sobre as relações sistêmicas naturais. Portanto, a partir deste contexto, surge uma subdivisão dentro da geomorfologia preocupada com as mudanças que o homem tem provocado sobre o meio ambiente.

Por conseguinte, este ramo do conhecimento geomorfológico foi denominado de Geomorfologia Urbana. Para Goudie (1994 *apud* JORGE, 2011) os processos antropogênicos, que consistem em mobilização de materiais pela ação antrópica, podem ser classificados em diretos e indiretos. As modificações das feições geomorfológicas feitas pelo homem são chamadas de tecnógeno, portanto, segundo Peloggia (1997), correspondem a formas humanas de apropriação do relevo, no qual a originalidade desta determinação é a sua época de existência, e por decorrência caracteriza um tempo geológico distinto.

De acordo com Rodrigues e Moroz-Caccia Gouveia (2013) a disposição de materiais tecnogênicos em áreas urbanas apresenta combinações espaciais diversas com a morfologia original, implicando combinações de mecanismos diversos e contínuos, ou seja, as áreas onde correspondem aos depósitos tecnogênicos apresentam combinações próprias de taxas e de balanços de processos internos e externos que se diferenciam dos processos ocorridos nas áreas de morfologia original. Por conseguinte, as respostas sistemáticas sobre os ambientes tecnogênicos podem mais complexas e com efeitos ainda mais destrutivos a partir de uma ação de perturbação climática.

Segundo Jorge (2011) o crescimento espontâneo e desordenado das cidades brasileiras produz uma alteração na paisagem, cujo relevo serve de suporte físico, que expõe as diferentes formas de ocupação que refletem o momento histórico, econômico e social dos agentes sociais atuantes, que ocorrem de modo contraditório e dialético a partir da análise integrada das relações processuais de uma escala de tempo geológica para a escala histórica ou humana. É destacado por Jorge (2011) que no processo de urbanização brasileira, que tem como uma de suas características principais, a apropriação do mercado imobiliário das melhores áreas da cidade, além da falta de políticas efetivas destinadas à moradia popular, faz com que a população de baixa renda ocupe espaços desprezados pelo mercado imobiliário que são, em sua maioria, ambientes sensíveis, como margens de rios, mangues e encostas íngremes. Para Santos Filhos (2011) o espaço urbano é concebido e desenhado através de um método abstrato e exógeno à natureza, embora sua materialização implique nova configuração do ambiente.

O processo de urbanização e sua modificação em algumas dinâmicas naturais podem ser estudados pela análise sistêmica incorporada as Ciências Geográficas onde para Christofolletti (1999) o objeto de estudo da Geografia consiste na ciência que

estuda as organizações espaciais, tanto do ponto de vista físico-ambiental, quanto socioeconômico.

Segundo Rodrigues e Moroz-Caccia Gouveia (2013) o uso instrumental analítico, repertório e de linguagem da ciência geomorfológica é importante para a avaliação das mudanças ou dos níveis de perturbação física das paisagens, e, por conseguinte, investigar quais são os principais agentes desencadeadores destes processos. Portanto o estudo do processo de urbanização há de ser levar em conta os impactos ambientais que são gerados a partir deste, e, todavia, discutir o papel do homem como *input* nas organizações espaciais complexas, modificando-a de acordo com seus interesses socioeconômicos, ou como relação desigual de ocupação e uso do solo.

De acordo com Jorge (2011) a geomorfologia tem um papel importante nas políticas urbanas, contudo, só se recorre a ela após a ocorrência de desastres, principalmente quando há perdas de vidas humanas. Segundo Avijit e Rafi (1999 *apud* Jorge, 2011), uma série de estudos em diferentes partes do mundo tem demonstrado a utilidade da geomorfologia urbana para geólogos, engenheiros, gestores de cidades e urbanistas, mesmo assim ocorre ainda uma grande falta de comunicação, com algumas exceções, entre esses grupos e profissionais da geomorfologia.

Para Rodrigues e Moroz-Caccia Gouveia (2013) há necessidade de identificação e isolamento da variável antrópica na análise das mudanças ambientais de ciclo curto, todavia, ocorre uma imprescindibilidade na tentativa de discriminar os gatilhos ou forçantes antrópicos dos gatilhos ou forçantes relacionados à variabilidade climática no que se refere aos efeitos ou processos indesejáveis da superfície. “O dimensionamento do papel da variável antrópica pode ser principalmente utilizado para a projeção de cenários de riscos que envolvem processos geomorfológicos, tais como: movimentos de massa, inundações, subsidências, enxurradas, dentre outros” (RODRIGUES e MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2013 pp. 69).

Torna-se importante nos trabalhos que envolvam a variável antrópica sobre a análise deixar claro qual a escala de tempo a ser trabalhada. Neste sentido Brunsten (1996) propõe a nomenclatura do vários processos morfogênicos e suas respectivas dimensões temporais. Os processos, devido as suas variadas ações de domínio tectono-climático são classificados por suas propriedades como frequência, magnitude e duração, além de utilizar-se de termos estatísticos (variabilidade, período de retorno, probabilidade etc.). Brunsten (1996) define uma hierarquia dos eventos em relação à

escala de tempo de atuação do processo, portanto considera evento como o início do período dos respectivos processos. Por conseguinte os tipos de eventos são: ciclo, epiciclo, fase, episódio, evento extremo, ocorrência e eventos instantâneos (quadro 02). As análises em geomorfologia urbana, em geral, se debruçam para os períodos de tempo mais curtos.

Os estudos da influencia humana nos processos geomorfológicos datam do início do século XX como indica o trabalho de Goudie (1993) apontando as contribuições de Shaler (1912); McGee (1911) e Gilbert (1917). Todos esses autores analisaram em suas pesquisas busca entender os impactos dos desmatamentos e suas consequências nos processos de assoreamento e erosão, além do impacto da extração de ouro em regiões da América do Norte e colônias europeias na África. Goudie (1993) propõe em seu estudo que é fundamental buscar entender o papel da humanidade nas mudanças geomorfológicas ocorridas na superfície terrestre.

Todavia, quando tratamos de influência da humanidade sobre os processos geomorfológicos, há a necessidade de destacar, investigar e compreender quais são os impactos da intervenção humana sobre os canais fluviais. Já que desde as primeiras civilizações mais organizadas o rio tem um papel muito importante em seu desenvolvimento, como por exemplo, o rio Nilo para os egípcios, os rios Tigre e Eufrates para os mesopotâmios, entre outros. Portanto as consequências das ações antrópicas sobre os rios adquire significativa relevância nos estudos da Geografia.

Quadro 2: Escalas de tempo

<b>Hierarquia dos eventos em relação à escala de tempo</b>		
Período	Características	Duração
Ciclo	Tempo longo geomorfológicamente responsável pela formação de paisagens como cadeias montanhosas, relevos glaciais etc.	Escala de tempo dos milhões de anos.
Epíclcio	As consequências sobre as paisagens a partir de ações da elevação do nível do mar, do desmatamento etc.	Escala de tempo milhares de anos
Fase	São eventos cuja ação de mudança na paisagem dar-se sobre magnitude de impulsos ou controle de mudanças relativamente duradouras como, por exemplo, a “pequena idade do gelo”. Também conhecido como <b>Ciclo De DaansgaardOescher.</b>	Escala de tempo de mil anos ou mais
Episódio	Períodos curtos de mudanças mais perceptíveis nas taxas geomorfológicas como, por exemplo, sequencias de períodos úmidos que causam mudanças nos níveis de água subterrânea, movimentos de massas, mudanças nos padrões de canais fluviais, entre outros.	Escala de tempo de cem ou mais anos
Eventos Extremos	São impulsos de alta magnitude que ocorre de forma rápida deixando suas consequências sobre as paisagens. Exemplo grandes enchentes.	Escala de tempo que pode variar de dez a cem anos ou mais
Ocorrência	Eventos diários dos quais não são considerados eventos extremos, ou seja, seus processos não alteram de forma significativa um determinado sistema. Exemplo à vazão média de pico de um canal fluvial	Escala de tempo de dez anos ou mais
Evento Instantâneo	Período muito curto de tempo mensurado no sistema, os quais usualmente descritos como perigos naturais (hazard) que pode ser induzido ou não pela ação humana.	Escala de tempo de zero a um ano

Fonte: Brunsden (1996) adaptado pelo autor.

No trabalho de K.J. Gregory denominado *The human role in changing river channels* (2006) onde foi analisada pesquisa feita por engenheiros, geomorfólogos e ecologistas em relação às consequências ocorridas sobre canais fluviais que sofreram modificações a partir de ações antrópicas. Esta grande variedade de estudos que incluiu a influencia de barragens e reservatórios, de impactos sobre o canal, de mudanças no uso da terra a partir da expansão urbana, ou seja, ação direta e/ou indireta de impactos humanos sobre rios, evidentemente em uma perspectiva de tempo mais curta.

Goudie (2006) faz uma relação entre o aquecimento global e seus impactos sobre os canais fluviais. “A natureza das mudanças causadas pelas mudanças climáticas em oposição às mudanças causadas por meio de outras atividades humanas, vai ser, até certo ponto dependente da escala” (GOUDIE, 2006 pp.385). Portanto, ASHMORE e CHURCH, (2001 *apud* GOUDIE, 2006) indicam que os efeitos futuros da mudança do uso da terra tendem a afetar mais as bacias de drenagem menores, todavia, este processo não tem amplitude suficientemente grande para comprometer uma bacia de drenagem maior, por conseguinte, esta ultima é mais evidente os impactos causados pelas mudanças climáticas. Goudie (2006) analisou trabalhos que evidenciaram as várias respostas sobre as paisagens que ocorreram devido às mudanças climáticas, estas altamente não lineares, sobre intensidade das tempestades, ciclones tropicais, resposta de escoamento, consequências em regiões secas e frias, deltas de rios, consequências geomorfológicas devido a mudanças do fluxo hidrológico, entre outros.

Sobre áreas urbanas as bacias hidrográficas sofrem além de intervenções técnicas da engenharia (como por exemplo, obras estruturais e mecânicas nos canais fluviais), também padecem com o total desconhecimento da população sobre a sua dinâmica. Segundo Botelho (2011) poucos são os indivíduos que têm a noção de que habitam uma bacia hidrográfica, que fazem parte da mesma como elementos que interagem dentro de um sistema, cujo funcionamento também depende das suas ações. Portanto, na maioria das cidades brasileiras as pessoas não tem a mínima ideia do espaço onde vivem e de como o mesmo se organiza e interage sistematicamente. Por conseguinte, não entendem quais são os efeitos negativos da má conduta individual sobre a dinâmica processual de uma bacia hidrográfica.

Outra problemática evidenciada sobre áreas urbanas brasileiras são as enchentes ou inundações que segundo Botelho (2011) estes eventos causam grande prejuízo financeiro e perdas de vidas humanas. A ocorrência de cheias ou transbordamento das águas dos canais é fenômeno natural, característico das áreas de baixo curso dos rios,

esta faz parte da dinâmica fluvial, todavia as cheias são controladas por algumas variáveis como: volume e distribuição das chuvas, densidade da cobertura vegetal, diferenciações na cobertura pedológica, substrato geológico, características do relevo e geometria do canal fluvial. Por conseguinte, nas áreas urbanas os fatores antrópicos assumem grande importância devido à intensa e desordenada ocupação além da inadequação do sistema de drenagem urbana (BOTELHO, 2011). Contudo torna-se necessário entender também a partir dos conceitos trabalhados anteriormente sobre a definição de inundação e cheias.

Embora o presente estudo tenha como principal objetivo monitorar o comportamento de um canal fluvial que pertence a uma microbacia, salientando que a definição de microbacia não seja ainda bem definida pela literatura da área de conhecimento, é necessário ter o conhecimento de como se organiza no espaço o sistema fluvial e o recorte espacial de uma bacia hidrográfica.

Sobre bacia hidrográfica e/ou de drenagem entende-se como:

“uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial. O limite de uma bacia de drenagem é conhecido como divisor de drenagem ou divisor de águas. Uma determinada paisagem pode conter certo número de bacias drenando para um reservatório terminal comum, como os oceanos ou mesmo um lago. A bacia de drenagem pode desenvolver-se em diferentes tamanhos, que variam desde a bacia do rio Amazonas até bacias com poucos metros quadrados que drenam para a cabeça de um pequeno canal erosivo ou, simplesmente, para o eixo de um fundo de vale não canalizado. Bacias de diferentes tamanhos articulam-se a partir dos divisores de drenagem principais e drenam em direção a um canal, tronco ou coletor principal, constituindo um sistema de drenagem hierarquicamente organizado.” (COELHO NETTO, 2007. pp. 98).

A bacia de drenagem é uma unidade fundamental para a geomorfologia fluvial, e são usualmente bem definidas, claramente separadas uma das outras por divisores de drenagem onde a água flui em superfície e sub-superfície e são associadas ao transporte de sedimentos de granulometrias variadas, as bacias de drenagem constitui uma unidade natural para as análises de paisagens erodidas por rios (SUMMERFIELD, 1991). Outra importante propriedade da bacia de drenagem é sua hierarquia natural, cada tributário no sistema de drenagem tem sua própria área na bacia de contribuição na hierarquia, sendo as grandes bacias constituídas de bacias menores. A partir da contribuição de R. E. Horton e A. N. Strahler, em seu trabalho pioneiro, permitiu a comparação de uma bacia de drenagem com outra, a começar de uma descrição quantitativa denominada morfometria de bacia de drenagem que pode ser aplicada as propriedades de relevo da área das bacias e as características de seus sistemas de canais (SUMMERFIELD, 1991).

Para Moraes Novo (2008) bacia hidrográfica ou de drenagem corresponde à área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários, cujo, a captação natural da água da precipitação faz convergir o escoamento para um único ponto de saída, denominado de enxutório. A bacia de drenagem pode ser dividida em sub-bacias e microbacias (unidades de estudo ou planejamento), sendo a última definida a partir da criação do PNMH (Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas de março de 1987), como área drenada por um curso d'água e seus afluentes, a montante de uma determinada seção transversal, todavia, entendida como uma unidade espacial mínima condizente com os canais fluviais de primeira ordem, ou seja, todas as bacias que correspondem a cabeceiras de drenagem ou nascentes (MORAES NOVO, 2008).

A definição de bacia hidrográfica, a partir de suas diversas definições dadas pelos autores, indica certa semelhança na definição deste recorte espacial a qual é baseada na área de concentração de determinada rede de drenagem. Contudo, subdivisões em relação à bacia hidrográfica, como sub-bacias e microbacias, as abordagens tornam-se diferenciadas levando em consideração fatores que vão do físico ao ecológico (TEODORO *et al*, 2007). Para Lima e Zakia (1998) a ideia de microbacia dar-se da configuração da mesma em uma unidade ecossistêmica de planejamento no sentido de realizar manejo florestal sustentável e manutenção da integridade ecossistêmica. De acordo com Souza (2013) a ideia de microbacia é muito vaga dependendo dos recursos disponíveis para a análise o que dificulta o uso do conceito de forma restrita.

Segundo Botelho e Silva (2011) existem certa resistência por parte da comunidade científica em adotar a microbacia hidrográfica como célula de análise, sobretudo os profissionais de Geografia, por conseguinte, isto ocorre devido ao fato da origem do termo está relacionado aos projetos de manejo e conservação dos solos em áreas rurais relacionados a pesquisas ambientais de outros profissionais. A dimensão espacial das microbacias também tem grande variação entre os trabalhos que utilizaram este termo. Contudo, uma microbacia seria uma bacia hidrográfica cuja área tivesse tamanho suficiente para que pudessem observar as inter-relações existentes entre seus diversos elementos do quadro socioambiental e/ou pequena o suficiente para estar compatível com os recursos disponíveis, todavia, com possibilidade de realizar projetos de planejamento.

Em relação à definição de microbacias levando em consideração as dimensões espaciais Cecílio e Reis (2006), por exemplo, definem a microbacia como uma sub-

bacias hidrográficas de área reduzida, variando 0,1 km<sup>2</sup> a 200 km<sup>2</sup>. Para Lima e Zakia (2000, *apud* TEODORO *et al*, 2007) as microbacias são mais sensíveis às chuvas de alta intensidade, ou seja, a alteração na qualidade e quantidade da água e no deflúvio é mais sentida nas microbacias em relação às grandes bacias. Portanto ver-se a dificuldade que se encontra no uso do termo microbacia devido as suas variadas formas de abordagens, todavia, o que leva a um extremo cuidado na sua utilização em trabalhos científicos.

Portanto para Christofolletti (1999) é necessário para os estudos sistêmicos delimitar o referido sistema a qual será o objeto de estudo para que possa analisar a estrutura e comportamento do mesmo. De acordo com Botelho e Silva (2011) houve um grande crescimento do valor da bacia hidrográfica como unidade de análise e planejamento ambiental, principalmente para avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente.

A hierarquia de ordenação dos cursos de água foram propostas por (HORTON, 1945 e modificado por STRAHLER, 1952 *apud* CUNHA, 2007). Esta organização dar-se a partir:

“Canais formadores, sem tributários, são denominados de primeira ordem; da confluência de dois canais de primeira ordem surgem os segmentos de canais de segunda ordem que só recebem afluentes de ordem inferior (segmentos de canais de primeira ordem). Da confluência de dois segmentos de canais de segunda ordem surgem os segmentos de terceira ordem que recebem afluentes de ordens inferiores (no caso, segmentos de primeira e segunda ordens).” (CUNHA, 2007. pp. 223).

Ao entendermos como se organiza no espaço a dinâmica de uma bacia hidrográfica surge, todavia, a necessidade de subdividi-la em três partes onde de acordo com Schumm (1977) consiste na ideia de sistema fluvial, cujo conceito refere-se à classificação de três zonas em direção à jusante. A primeira configura-se como área fonte de sedimentos, ou seja, onde ocorre a produção de sedimentos que posteriormente é transferido para outras zonas; a segunda é a zona de transferência ou rede de transporte e a terceira é a área de deposição ou sítio de deposição (SCHUMM, 1977). Summerfied (1991) também considera o sistema fluvial dividido em três principais elementos: zona de produção de sedimentos, zona de transferência de sedimentos e zona de deposição de sedimentos. Contudo o autor considera que a zona no interior da bacia também pode ser uma área de deposição de sedimentos, principalmente aqueles rios que emergem a frente de montanhas.

Os canais fluviais caracterizam-se por apresentarem aspectos geométricos estabelecidos por um perfil transversal, todavia, a forma deste canal é resposta que reflete os ajustamentos ocorridos devido ao débito de fluxos que passam pela seção transversal, portanto os rios funcionam como canais de escoamento (CHRISTOFOLLETI, 1980). “O escoamento, por conseguinte, compreende a quantidade total de água que alcança os cursos de água, incluindo o escoamento pluvial” (CHRISTOFOLLETI, 1980 pp. 53). Para Schumm (1977) o canal dos rios são condutos de produtos de denudação.

Ao considerar alguns aspectos como variabilidade da frequência das descargas e a da topografia dos canais fluviais, Jean Tricart (1966, *apud* CHRISTOFOLLETI, 1980, CUNHA, 2007) apresentou uma classificação dos tipos de leitos. Todavia a classificação dar-se levando em consideração as seguintes formas: **leito vazante**, que faz parte do leito menor e é utilizado para o escoamento das águas baixas e se desloca entre as margens do leito menor seguindo o *talvegue*, cuja definição é dada como linha de maior profundidade ao longo do leito; posteriormente, segue-se o **leito menor**, este bem delimitado, encaixado entre as margens bem definidas, e a frequência do escoamento das águas impede o crescimento da vegetação; **leito maior periódico ou sazonal** apresenta-se com regularidade ocupada pelas cheias, pelo menos uma vez por ano; e **leito maior excepcional**, por onde ocorrem as cheias das áreas mãos elevadas, contudo seus intervalos são irregulares, portanto não acontecem todos os anos. É necessário salientar que esta configuração morfológica fluvial descrita acima é muito rara no Brasil.

De acordo com Schumm (1977) a morfologia dos rios é influenciada por algumas variáveis como os efeitos geológicos, hidrológicos, do tipo de sedimento, da relação encosta e carga de sedimento, entre outros. Contudo, o tempo é independente de qualquer variável, devido ao fato que o rio, considerado imutável ou estático durante um período de tempo, pode ser submetido a progressivas ou episódicas mudanças durante um ciclo temporal. Isto dar-se porque os rios são sistemas abertos onde ocorrem mudanças constantes. Para Christofolletti (1980) é de extrema importância o conhecimento das características morfológicas dos canais fluviais, principalmente para planejamento sobre utilização de áreas ribeirinhas e do leito do canal, seja em áreas urbanas ou agrícolas.

A tipologia de canais fluviais configura-se na representação mecanismos de ajustagem entre as variáveis do sistema geomorfológico, a qual corresponde a respostas

do canal à sua seção transversal, refletindo o interrelacionamento da descarga líquida, carga sedimentar, declive, largura e profundidade do canal, velocidade do fluxo e rugosidade do leito (CHRISTOFOLETTI, 1980; CUNHA, 2007). Considerando as diversas classificações feitas por autores como Leopold e Wolman (1957), Schumm (1963) e Chitale (1970), em sua obra Geomorfologia Fluvial, Christofolletti (1980) adotou a seguinte tipologia: em relação aos canais únicos podem ser divididos em retos, sinuosos, meandantes e tortuosos ou irregulares; canais transicionais; e canais múltiplos subdivididos em ramificado, anastomosado, reticulado, deltaico e canais labirínticos em trechos rochosos.

Há um vasto conteúdo que aborda o tema, todavia não sendo possível debater no presente trabalho devido sua grande extensão, contudo o aprofundamento pode ser feito através das leituras das referências. O que foi trabalhado confere uma parcela do conhecimento necessário para o entendimento da pesquisa. Torna-se necessário, no entanto, integrar estas características fluviais ao processo de urbanização, ou seja, como essas morfologias interagem e respondem ao modo de uso e ocupação do solo, principalmente nas áreas periféricas dos centros urbanos.

Com a intensificação dos processos urbanos no Brasil que segundo o IBGE (2011) a taxa percentual de urbanização no Brasil saiu de 31,24 % em 1940 para 84,36 % em 2010 levou a uma ocupação relativamente rápida em termos de escala de tempo histórico. Houve um acréscimo populacional de mais de 23 milhões de habitantes urbanos entre 2000 a 2010, incremento este, dado pelo próprio crescimento vegetativo nas áreas urbanas (IBGE, 2011). A região Nordeste tem uma taxa percentual de urbanização por volta de 73,1% segundo o censo de 2010. Todavia as buscas por recursos, como solo e água, tornaram-se muito grande, além do uso e ocupação do solo ter levado a modificação dos sistemas naturais, causando respostas muitas vezes negativas ao ambiente citadino e conseqüentemente a população.

De acordo Tucci (2008) os sistemas urbanos são primordialmente áreas de consumo e moradia, logo, com o crescimento econômico a urbanização aumenta de forma significativa devido à alteração do perfil de renda, cujo, como consequência têm-se os empregos concentrados em sua maioria sobre os setores secundários e terciários da economia, ou seja, atividades tipicamente urbanas. Todavia o crescimento não ocorre de maneira uniforme, o incremento das áreas periféricas das Regiões Metropolitanas cresce bem mais em relação às partes centrais, contudo se utilizando de processos inadequados que levam a impactos ambientais observados nestes espaços.

Por conseguinte, os principais problemas relacionados à infraestrutura e urbanização nos países em desenvolvimento, principalmente na América latina segundo Tucci (2008) advém de três características basilares: grande concentração em pequena área, aumento da periferia e urbanização espontânea. Devido a esses fatores o ambiente urbano evidencia-se em uma complexidade muito maior em relação aos ambientes rurais e naturais, quando analisamos os as respostas destes locais a fenômenos naturais.

Quando se lida com sistemas fluviais em áreas urbanas os fatores de influência antrópica tem que ser acentuados, justamente porque são estes que vão gerar variáveis que não existiriam se essas bacias de drenagem fossem localizadas em áreas rurais ou naturais. Tanto elementos de interferência direta sobre os canais, quanto os que afetam de forma indireta.

### **3.4 Climatologia geográfica e análise rítmica**

As abordagens sistêmicas sobre os estudos em áreas urbanas surgem em decorrência de se entender como os espaços urbanos são alterados e quais são as respostas geradas com base nesta dinâmica. Esse tipo de análise foi realizado por Corrêa (2006) na cidade de Recife, definindo inclusive a divisão do município em quatro unidades de paisagem. Para Christofolletti (2000 *apud* CORRÊA, 2006) os geossistemas são como sistemas ambientais físicos. De acordo com Christofolletti (1999) os sistemas de processos-respostas são formados pela combinação de sistemas morfológicos e sistemas em sequência, onde os sistemas em sequência indicam o processo, enquanto os sistemas morfológicos representam a forma.

Quando ocorre a atuação do homem sobre os sistemas de processos-respostas, às complexidades das análises aumentam, principalmente a partir das variáveis as quais a atuação humana pode intervir para produzir modificações na distribuição de matéria e energia dentro dos sistemas em sequência (processos) e, conseqüentemente nas formas (sistemas morfológicos). Segundo Christofolletti (1999) quando ocorre à interferência humana sobre sistemas de processos-respostas passa a ser denominado de sistemas controlados.

Ao considerar no estudo, a parte climática e seus processos, evidencia-se a procura por entender a atuação da grande fonte de entrada de energia e matéria modeladoras do sistema morfológico do relevo, principalmente na região tropical do planeta com a ação das precipitações pluviométricas, com destaque aquelas acima da

média denominadas de eventos extremos. Para compreender como os processos (dinâmica climática) agem sobre as formas produzindo respostas (dinâmica morfológica) e quais são os tipos de riscos geomorfológicos gerados por esta relação, é preciso analisar o clima não de uma maneira estática, e sim de modo rítmico. Segundo Marandola Jr. e Hogam (2004) os eventos extremos são aqueles que rompem um ciclo ou ritmo de ocorrência dos fenômenos naturais que podem ter origem entre as várias esferas do planeta.

De acordo com Girão (*et al*, 2006) a adoção da análise rítmica como metodologia de pesquisa, onde os elementos do clima são observados diariamente durante todo o ano, buscando a compreensão das variações ocorridas em função da modificação causada pela entrada de diferentes sistemas atmosféricos constitui-se então em um importante método para a climatologia geográfica, cujo objetivo é estudar os impactos dos elementos climáticos sobre a dinâmica dos processos naturais e sociais. Além de dar atenção à gênese dos fenômenos meteorológicos, os estudos da geografia climática buscam o reconhecimento e compreensão da repercussão e correlação de seus eventos sobre o espaço terrestre.

A análise rítmica está apoiada na ideia de climatologia de Sorre que define “o ambiente atmosférico constituído pela série de estados da atmosfera sobre um lugar em sua sucessão habitual” (SORRE, 1951, *apud* BARROS; ZAVATINI, 2009). Esta aceção é baseada nos avanços ocorridos na meteorologia dinâmica. Portanto, nesta concepção são deixadas de lado as médias, e onde o que é levado mais em consideração são os ritmos e a duração dos tipos de tempos e seus eventos atmosféricos resultantes. Por conseguinte, este conceito é mais adequado a Climatologia Geográfica, principalmente a Climatologia Sintética.

Segundo Barros e Zavatini (2009) os estudos em Climatologia estão ligados diretamente à Meteorologia onde esta apresenta duas linhas de abordagens distintas que são: Meteorologia Tradicional e Meteorologia Dinâmica. De acordo com Pédélaborde, (1970 *apud* BARROS; ZAVATINE 2009) a primeira busca um entendimento fragmentado dos elementos atmosféricos e posteriormente obter uma conexão, utilizando apenas as médias. Já a segunda procura compreender o conjunto dos estados atmosféricos de uma forma sintética onde atende melhor os interesses da Geografia. “A Climatologia Sintética está diretamente ligada à Meteorologia Dinâmica, que analisa o complexo atmosférico em porções individualizadas, isto é, as massas de ar atuantes,

preocupando-se, ainda, com os seus conflitos, ou seja, com os mecanismos frontológicos que elas próprias engendram” (Monteiro, 1962).

Para Monteiro (1962) para entendermos o clima local é preciso compreender a dinâmica regional onde a mesma regulada por centros de ação térmicos ou dinâmicos, cujas células de circulação atmosféricas interagem com os fatores geográficos definindo uma escala regional, contudo este objetivo só é alcançado pelo método dinâmico. Portanto, foi a partir dos estudos do professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro que a abordagem sobre a climatologia passou a utilizar a análise rítmica se utilizando das variáveis meteorológicas e da dinâmica atmosférica introduzindo uma nova escola, denominada climatologia geográfica brasileira. De acordo com Sant’anna Neto (2008) a Climatologia Geográfica Brasileira tem seu embasamento sobre a análise episódica, ou seja, acerca de eventos processuais atmosféricos rítmicos que se destacam por estar acima da média, procurando explicar não apenas a gênese do processo, mas também a relação de resposta destes sobre espaços modificados pela ação humana.

De acordo com Borsato e Souza-Filho (2008) a análise rítmica utiliza-se do propósito de caracterizar o tempo atmosférico a partir da dinâmica de circulação regional, permitindo obter com base neste processo uma abordagem espacial e temporal, cujo objetivo é inferir a influência da latitude sobre a dinâmica atmosférica, levando-se em conta um recorte temporal. Por conseguinte, “análise rítmica consiste na interpretação da sequência sobreposta dos elementos fundamentais do tempo como: temperatura, pressão atmosférica, nebulosidade ou insolação, vento e precipitação de um determinado local e da circulação atmosférica observadas nas cartas sinóticas” (BORSATO; SOUZA-FILHO, 2008).

Para Sant’anna Neto (2008) ao definir a ideia de complexo climático Sorre (1943 *apud* SANT’ANNA NETO, 2008) criou a noção de ritmo como sucessão de tempo que expressaria à forma global da variação do clima, onde em cada instante, o tempo, seria a combinação de elementos meteorológicos formando um conjunto original, e, por conseguinte, esta sucessão de tempos é comandada pelas leis da meteorologia dinâmica a onde o geógrafo extrai o conhecimento do mecanismo dos climas. Contudo, “o conceito “sorreano” não desconsiderava a importância do uso dos valores médios nem do emprego de estatísticas nos estudos climáticos que, segundo ele, seriam fundamentais para as análises sobre a variabilidade climática” (SANT’ANNA NETO, 2008).

De acordo com Sant'anna Neto (2008) os postulados de Max Sorre, que influenciaram posteriormente Pierre Pédélaborde e Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, levaram a uma revolução paradigmática no campo da Climatologia, sobretudo, com contribuições em relação à dinâmica, gênese e ritmo, tornando-os como categorias de análise geográficas. Logo, Sorre conseguiu captar a essência do caráter dinâmico e genético do clima, cabendo ao mesmo, ser considerado o fundador da Climatologia geográfica. Há de se destacar que Monteiro que foi concretizou a proposta de análise rítmica em seus estudos sobre a cidade de São Paulo. “Enquanto, para Pédélaborde, havia uma preocupação com a totalidade dos tipos de tempo, Monteiro se interessava mais pelo mecanismo de encadeamento sequencial desses tipos, ou seja, o ritmo” (SANT'ANNA NETO, 2008).

Todavia, torna-se necessário de acordo com Sant'anna Neto (op.cit.) inserir a dimensão social na interpretação do clima, com intuito de compreender os impactos que os fenômenos atmosféricos causam sobre um território, que seguindo uma lógica capitalista de produção do espaço, dar-se de maneira desigual entre os agentes sociais. Isto é, efeito de um sistema atmosférico, principalmente os de alta magnitude, produzirá efeitos diferentes em relação à capacidade socioeconômicas dos grupos sociais de se defenderem destas ações naturais. Portanto, neste contexto entra a questão da geração do risco esses territórios, o que leva a discussão do tema posteriormente, justamente porque só ocorrerá a evidência de risco quando houver a presença antrópica sobre as ações naturais e sua possibilidade técnica e social de lidar com o evento.

O entendimento da dinâmica climática em áreas urbanas torna-se imprescindível para o conhecimento das variáveis climáticas, principalmente aquelas que levam a ocorrência de eventos extremos. Estes eventos por terem alto grau de imprevisibilidade conduzem a uma susceptibilidade a geração de risco em espaços como uma bacia urbanizada, em encostas, planícies de inundação, entre outras unidades geomorfológicas, onde o uso e ocupação do solo, em sua maioria formada por habitações construídas de forma espontânea, não considerando a possibilidade de ocorrências como inundações, erosão linear, formas erosivas lineares e movimentos de massa entre outros.

Os desastres que ocorrem nas áreas urbanas das regiões tropicais geralmente estão associados frequentemente à ocorrência de movimentos de massa (deslizamento de barreiras e desmoronamento de encostas), processos erosivos superficiais e subsuperficiais, inundações e alagamentos. Segundo Castro e Alheiros (1999) os

desastres são o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais.

A confluência da dinâmica climática, estrutura geomorfológica, processos de superfície e ocupação urbana desordenada, faz com que as áreas mais susceptíveis a processos naturais e que levam a vulnerabilidade socioambiental sejam acometidas por desastres de grandes proporções que provocam perdas sociais, econômicas e ambientais muitas vezes com vítimas fatais a cada evento chuvoso. E, portanto, existe a necessidade de acompanhar e compreender esses procedimentos naturais, associados às ações antrópicas visando evidências para ser utilizado no planejamento, e, por conseguinte uma melhor forma de ocupar o espaço.

#### 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método sistemático com ênfase na ideia de processo-resposta utilizado na pesquisa, a qual é considerada por Slaymaker (*et al.*, 2009) como sistemas geomorfológicos comparativamente de pequena escala onde são observados os processos (fluxos de massa e energia) e a respostas causadas na paisagem (mudanças nos elementos e formas da paisagem), foi utilizado na tentativa de entender a dinâmica morfológica do riacho Umas a partir de seus cenários de precipitações significativas ocorridas no ano de 2014. Na perspectiva descrita por Charlton (2008) da relação dos sistemas morfológicos (forma), dos sistemas em cascata (processo) e culminando no sistema processo-resposta. Em concomitância ao método supracitado, as variáveis climáticas, urbanização e a vulnerabilidade da população ribeirinha.

A priori surge a necessidade de indicar a escala de tempo utilizada na pesquisa com intuito de esclarecer que mudança na escala temporal, como também na espacial, pode levar a respostas diferenciadas a encontradas na presente pesquisa. Todavia, a escala adotada é de evento instantâneo, cujo intervalo temporal dar-se de 0 a 1 conforme Brunsden (1996), portanto considerando o ano de 2014. Já a escala espacial é a de detalhe ao analisar o riacho Umas que se configura um canal de segunda ordem de aproximadamente 3,5 km no total, mais precisamente sua parte urbanizada de 1,5 km. Diante disso de acordo com Slaymaker (*et al.*, 2009) a pesquisa busca compreender as mudanças cumulativas, ou seja, aquelas atreladas a mudanças de uso da terra e sua influência sobre o canal.

As respostas sensíveis (concepção de sensibilidade) sobre o canal foram analisadas levando em consideração as características dos elementos morfológicos do canal, o comportamento fluvial, às respostas geomórficas aos distúrbios, principalmente de influência antrópica, tipificação de confinamento do vale com objetivo de entender sua classificação em confinados, parcialmente confinados e não confinados de acordo com Brierley e Fryirs (2005), e os riscos e transtornos que a população ribeirinha corre ao ocupar as proximidades do canal. Estas respostas foram analisadas a partir das dinâmicas atmosféricas ocorridas no intervalo de tempo considerado no trabalho, por conseguinte, variáveis internas e externas ao canal.

#### 4.1 Bases Cartográficas

Os mapas encontrados no trabalho tiveram como base fontes de dados como ZAPE (Zoneamento Agroecológico de Pernambuco, 2000) para o mapa de solos com de escala 1:100.000. Para o mapa hidrografia tiveram como fontes as imagens SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission* com resolução espacial de 30 metros (escala de 1:30.000). Sentiu-se a necessidade, principalmente sobre a caracterização da área, espacializar as unidades geomorfológicas para além dos limites municipais para indicar que as mesmas tem configuração de continuidade que compõe quase toda Região Metropolitana do Recife. Percebeu-se na caracterização da área o uso de uma escala menor para a descrição dos aspectos fisiográficos do local de estudo, todavia, esta foi uma tentativa de dar uma contextualização mais geral do município de Camaragibe e posteriormente ter o foco no riacho Umas.

Para uma representação mais detalhada da área de estudo foi elaborado um MDT – Modelo Digital do Terreno a partir das curvas de nível da Compesa (Companhia Pernambucana de Saneamento) com escala e 1: 2.000 com o intuito de representar com o maior detalhe possível a bacia e o canal fluvial estudado, já que as tentativas com base de dados de menor escala não conseguiram representar com maior exatidão o riacho Umas. A partir do MDT foram gerados os mapas de declividade das encostas (FIGURA 9), direção de fluxos (FIGURA 10), curvatura das encostas (FIGURA 11) e hipsométrico, correspondente ao quarto e quinto táxon de Ross (1992) que atrelado ao mapa de uso e ocupação do solo dará uma ideia em quais pontos às águas pluviais escorrem com mais rapidez para o canal e a direção do escoamento. Estes produtos gerados a com base em metodologias nos trabalhos de Valeriano (2003), IPT (2002), Dikau (1990).

O mapa de uso e ocupação do solo, importante também para os resultados, já que se visualiza espacialmente a vulnerabilidade na qual é exposta a população ribeirinha, foi confeccionado a partir da metodologia da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura), tendo a base de apoio à imagem do Google Earth Pro. Para confecção de todos os mapas utilizou-se o software ArcGis 10.1.

Em relação à declividade o quadro abaixo indica as classes de declividade propostas pelo IPT (2002):

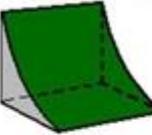
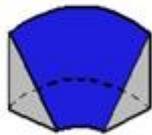
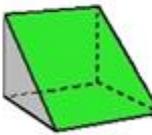
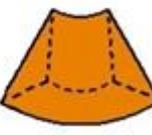
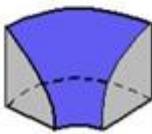
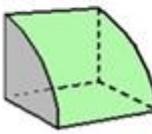
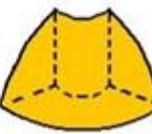
Quadro 3: Classes de declividade

Declividade	IPT
Plana	0 – 3°
Muito fraca	3 – 7°
Fraca	7 – 11°
Média	11 – 17°
Forte	17 – 27°
Muito forte	> 27°

Fonte: IPT (2002)

Já a curvatura das encostas é ilustrada pela (FIGURA 8) abaixo indicando a classificação tridimensional das vertentes de acordo com Dikau, 1990:

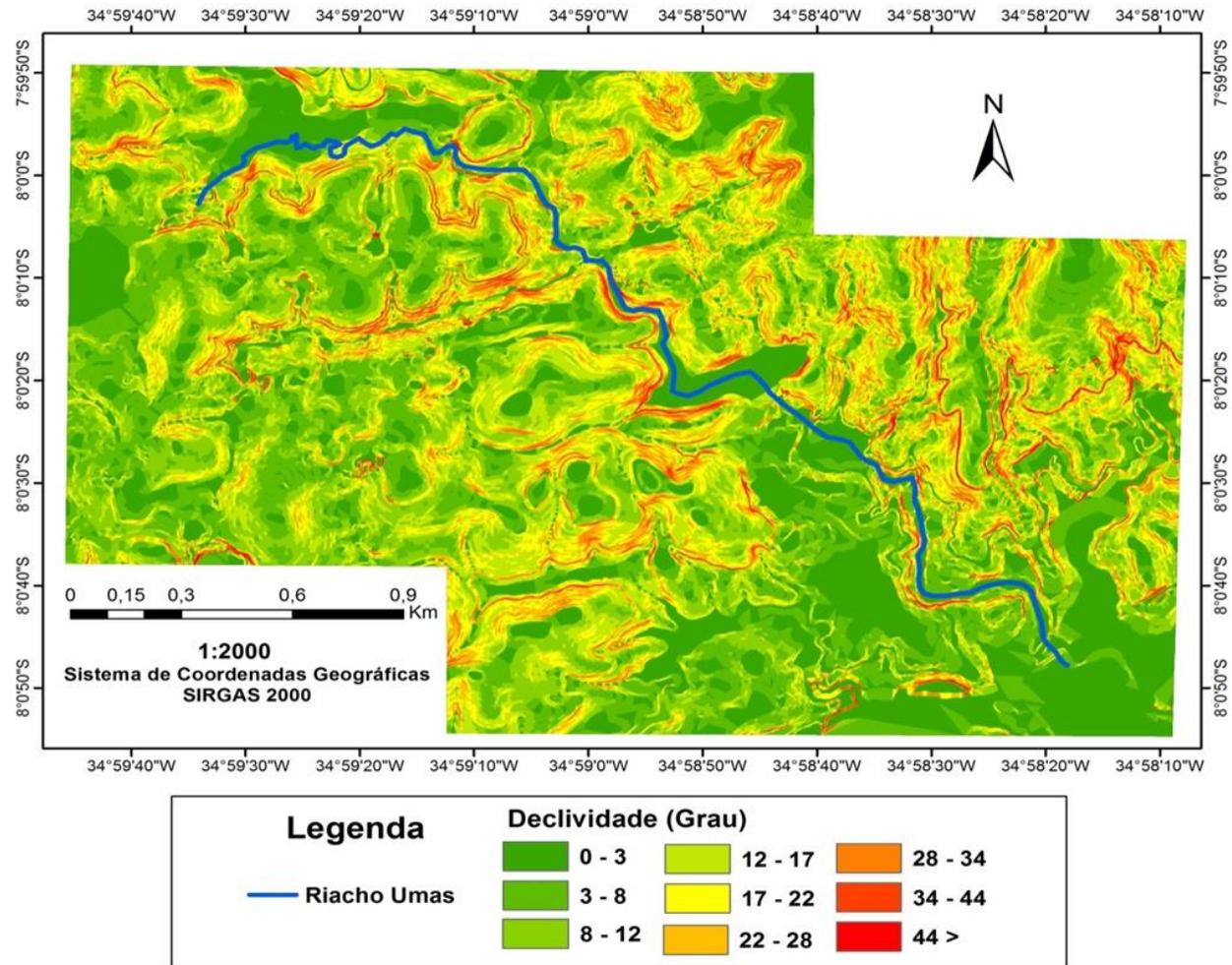
Figura 8: Classificação das vertentes

		Curvatura Horizontal		
		Convergente	Planar	Divergente
Curvatura Vertical	Côncava			
	Retilínea			
	Convexa			

Fonte: Torres, (2014).

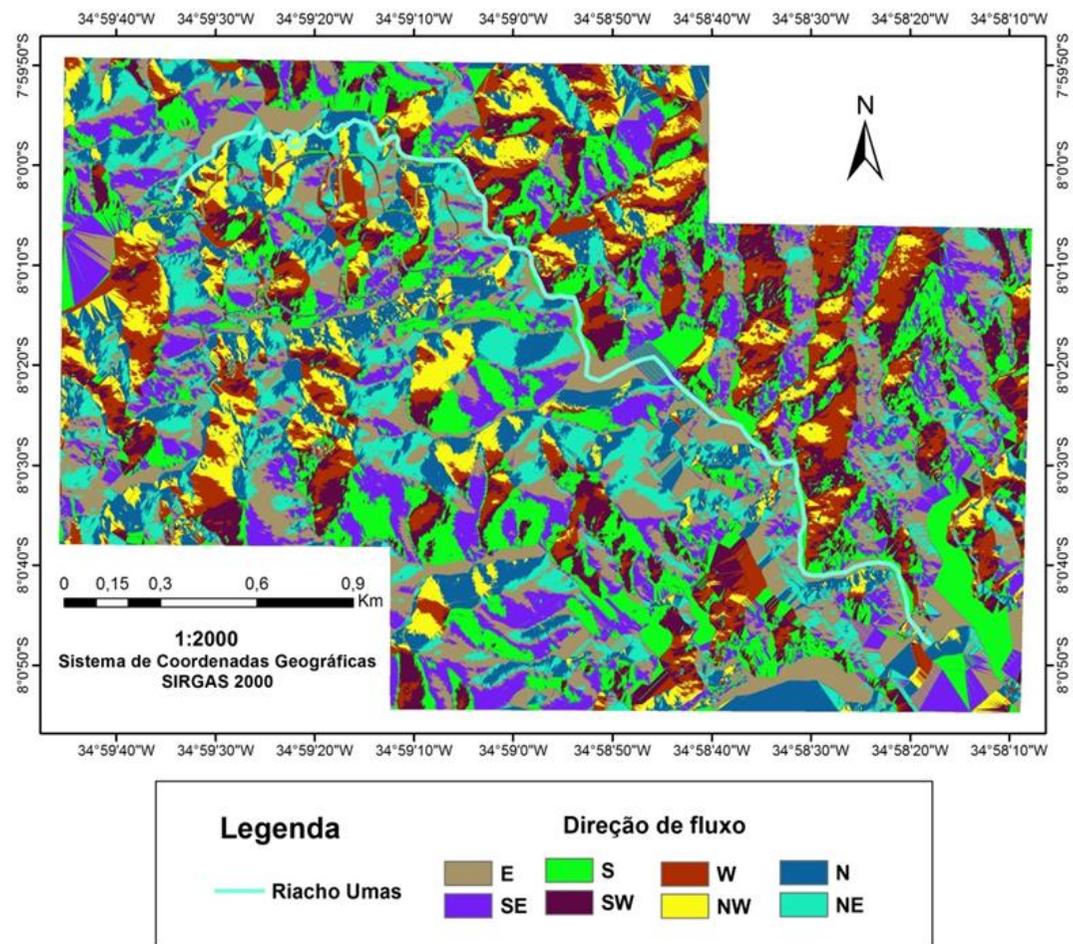
Contudo, há de salientar que as utilizações destes critérios são para a avaliação das vertentes que drenam água para o riacho. Uma com intuito de entender como as morfologias dessas unidades de relevo contribuem para o escoamento pluvial para o canal, podendo intensificar ou não o risco de inundação.

Figura 9: Mapa de declividade das encostas



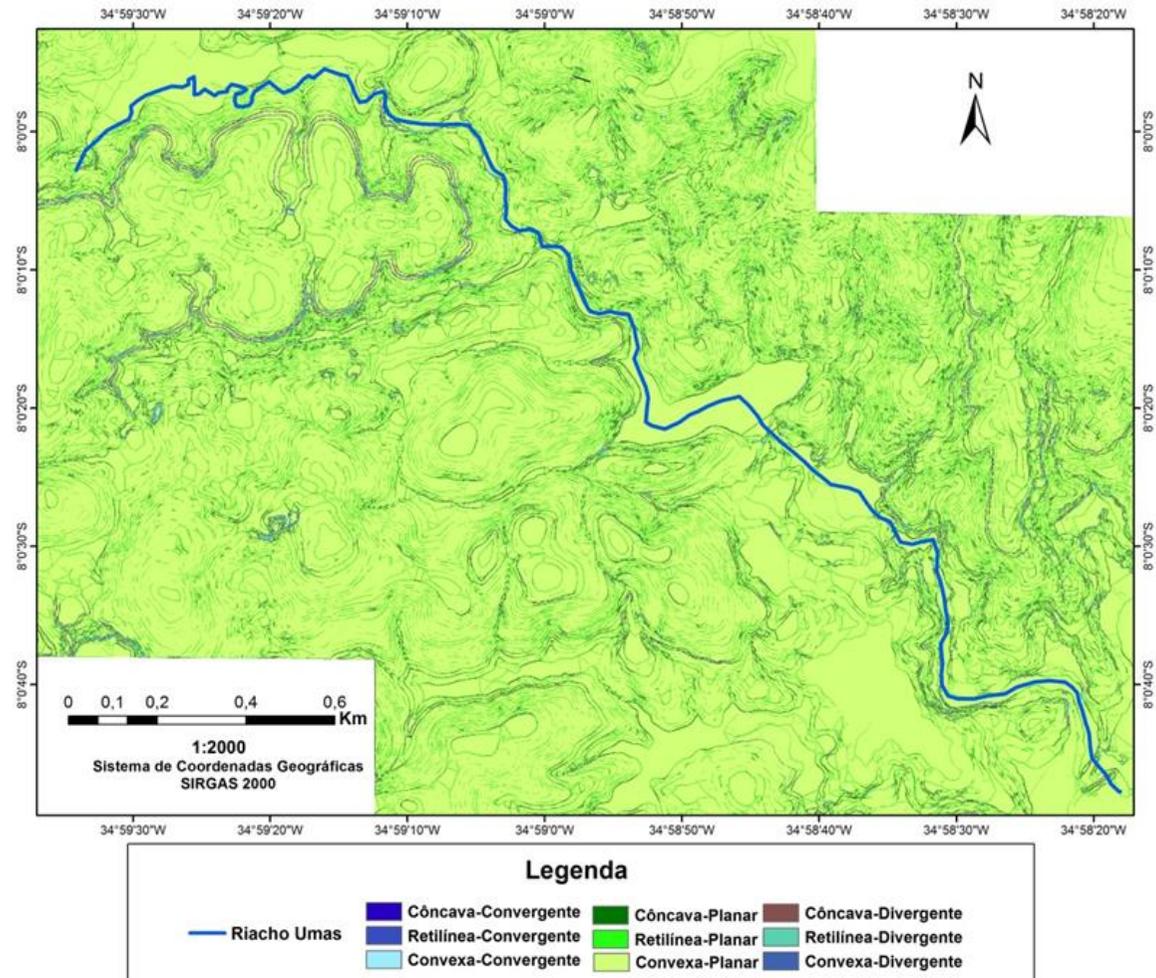
Fonte: Curvas de nível da Compesa, adaptado pelo autor.

Figura 10: Mapa de direção de fluxo



Fonte: Curvas de nível da Compesa, adaptado pelo autor.

Figura 11: Mapa de curvatura das encostas e vertentes.



Fonte: Curvas de nível da Compesa, adaptado pelo autor.

## **4.2 Dados Meteorológicos**

Os registros meteorológicos foram adquiridos da base de dados disponibilizados da APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima que tem postos de monitoramento na cidade de Camaragibe, além de utilizar-se de dados advindos dos PCDs – Plataforma de Coletas de Dados do ano de 2014. Os dados de precipitação, fenômeno mais significativo na produção de respostas geomorfológicas, utilizados foram colocados no software Office Excel da Microsoft Corporation com o objetivo de obter um gráfico onde a ideia do ritmo e suas sucessões habituais, sua dinâmica e variabilidade serão avaliadas.

Os meses com mais destaque na análise correspondem aos dias onde houve trabalho de campo (Abril, Junho e Setembro). Outros meses também foram utilizados para a análise das dinâmicas climáticas, contudo de forma secundária. A opção do horário dos dados diários é feita segundo Zavatini e Boin (2013) é às 9h já que corresponde a um horário sinótico (12 GMT – Greenwich Mean Time), período no qual as cartas do tempo são elaboradas. O estudo rítmico do clima permite uma análise geográfica do mesmo, com um tratamento genético, compreensão da gênese e com propósitos geográficos (Zavatini e Boin, 2013).

As imagens de satélite, cartas sinóticas da Marinha do Brasil e dados provenientes do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) ao qual que permitiu a construção de uma análise rítmica do clima sobre o espaço urbano do município, e, por conseguinte, sobre a microbacia e o riacho Umas. Para visualização dos mecanismos meteorológicos de forma rítmica, ou seja, que apresenta um ritmo de atuação no tempo e no espaço foi utilizado às imagens de satélite Goes 12 obtidas no acervo de imagens do Centro de Previsões do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC.

A partir das ações climáticas tentaram-se estabelecer uma relação sistêmica de processo-resposta com a morfologia do canal, suas características e inter-relação entre elas.

## **4.3 Urbanização e Vulnerabilidade da População**

A urbanização que se desenvolveu sem planejamento e com infraestrutura inadequada, o que pode ter aumentado a susceptibilidade à ocorrência de episódios de

inundações e conseqüentemente a vulnerabilidade da população que ocupa densamente estes espaços.

Diante disso a interpretação dos mapas de direção do fluxo, declividade das encostas, curvatura das encostas e drenagem, juntamente com o mapa de uso e ocupação do solo podem fornecer um entendimento de como se comporta o fluxo hídrico, sobretudo em período de precipitação, em relação ao riacho Umas. Por conseguinte, as encostas que vão interessar o presente trabalho são aquelas que circundam o referido canal fluvial.

Portanto, a conectividade natural que existe entre os sistemas encosta-canal, em relação ao fluxo hídrico, é modificada com o processo de urbanização, principalmente quando há impermeabilização das unidades geomorfológicas encostas, acelerando a entrada das águas pluviais sobre o canal fluvial (riacho Umas), todavia, aumentando a susceptibilidade de inundação e como este processo impacta diretamente a população ribeirinha, levando a uma situação de vulnerabilidade dessas pessoas ao fenômeno.

#### **4.4 Trabalho de Campo**

O trabalho de campo foi realizado com o objetivo de construir os cenários principais de análise processo-resposta da pesquisa. O primeiro corresponde ao período mais seco, ou seja, aquele antes do período chuvoso da área pesquisada, o segundo foi ocorrido após um cenário de chuva forte que acometeu a RMR, onde foram feitos registros das perturbações ocorridas sobre o canal pós-ocorrência dos eventos e o terceiro campo consistiu em observar o comportamento do canal em pleno processo de precipitação. É importante salientar que o período de chuva em alguns anos pode iniciar já sobre o mês de Abril, o que não foi o caso de 2014, por isso identificou-se este período do ano ainda como período seco, ou seja, antes da temporada mais chuvosa local que tem início no mês de Maio e vai até o final de Julho.

No primeiro campo no mês de Abri no dia 15/04/2014 buscando o reconhecimento do canal em seu período seco, principalmente o médio e baixo curso. Nesta ocasião foram gerados os gráficos dos perfis transversais do canal fluvial (riacho Umas), a qual a escala de detalhe só foi permitida devido à utilização da Estação Total TS02 Leica, todavia, com o uso da Estação os perfis transversais foram traçados a partir dos knickpoints existentes no canal fluvial. Os cinco pontos correspondentes aos perfis tiveram sua localização registrada pelo GPS Garmim Etrex Vista HCx. O registro

fotográfico do canal também foi realizado para comparação com os posteriores cenários de pós-perturbação e durante a ocorrência da perturbação. Os gráficos se tornaram uma ferramenta primordial para indicar aonde o nível da água chegou indicado nos dois cenários de chuva analisados.

O segundo campo, em Junho no dia 27/06/2014, ocorreu com o intuito de registrar a resposta do canal após um período significativo de chuva medindo até o ponto máximo em que a água chegou sobre sua planície de inundação. Como o campo foi realizado após o período chuvoso estas indicações foram feitas a partir da perturbação da vegetação ripária, ou seja, até o local onde o nível da água causou distorções neste tipo de vegetação. Além de registros de perturbação sobre o próprio canal, como em pontes, blocos rochosos dispostos sobre o canal e suas margens.

O terceiro campo, em Setembro no dia 08/09/2014, teve como objetivo observar a resposta do canal durante o período chuvoso causando os transtornos a população que ocupa de forma inadequada. Houve o registro de seu comportamento em período de inundação e as respostas espaciais variáveis em relação ao médio e baixo curso, ou seja, como os habitantes ribeirinhos são atingidos de forma diferenciada à inundação a partir de vários fatores como estilo fluvial do canal, padrão do canal e forma de ocupação das áreas próximas ao riacho Umas.

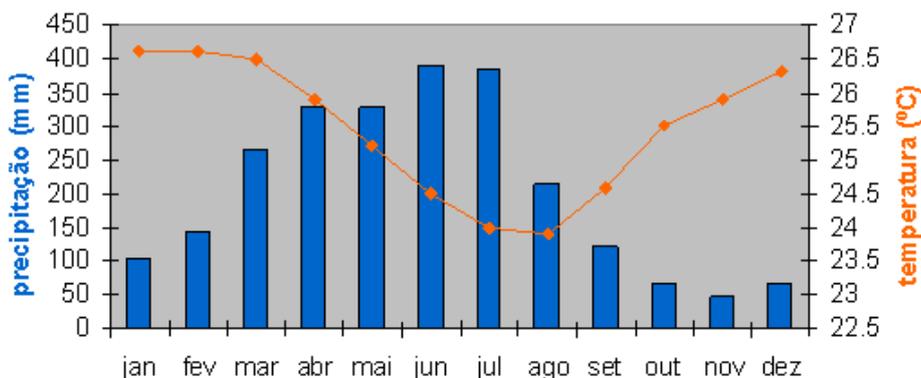
Como não havia dados anteriores sobre a morfologia do canal e suas possíveis transformações em um tempo histórico recente, como também, dados climáticos específicos, não houve como fazer a comparação com cenários anteriores. Portanto, as análises do comportamento do canal deram-se a partir deste trabalho na escala temporal de um ano (evento instantâneo).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da construção de três cenários de observação do riacho Umas na tentativa de compreender seu comportamento diante das dinâmicas atmosféricas e a respostas do respectivo canal fluvial a elas. O primeiro cenário corresponde ao período mais seco, ou seja, de baixa pluviosidade, enquanto os outros dois cenários são condizentes ao período úmido. Todavia, divididos entre cenário pós-evento e o outro durante o evento de pluviosidade significativa.

Para melhor entender os cenários utilizados na pesquisa entre seus períodos de análise foi colocado abaixo (FIGURA 12) o climograma anual da Região Metropolitana do Recife onde se observa o período de menor pluviosidade, e, conseqüentemente o período de maior. Contudo, com as análises mais específicas feitas mês a mês identificou-se que o mês de Abril obteve uma média de precipitação abaixo das médias históricas, portanto, colocado como período seco na presente pesquisa mesmo sendo um mês onde historicamente inicia-se o período chuvoso.

Figura 12 – Climograma anual da Região Metropolitana do Recife



Fonte: CPTEC/INPE

### 5.1 Cenário do período mais seco

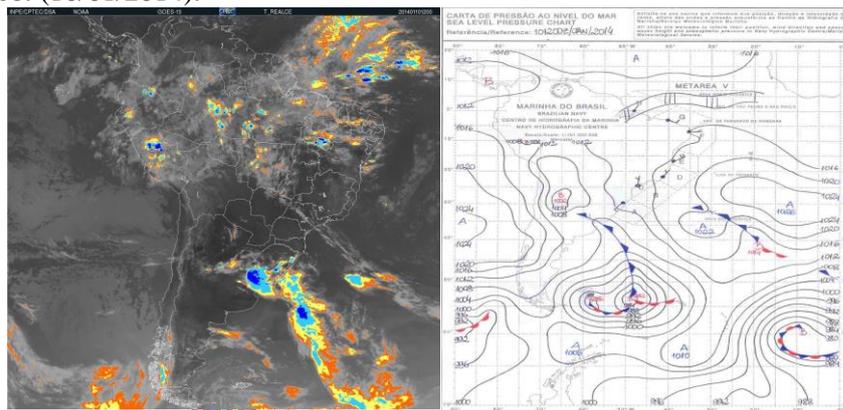
Diante de uma escala regional o Nordeste brasileiro tem características de três tipos de clima, com variação de precipitação anual entre 300 a 2.000 mm, cujos climas correspondem ao clima tropical litorâneo, clima tropical e clima tropical semiárido. Ocorre sobre a região grande variação interanual na distribuição das chuvas, ou seja, anos apresentando fortes atividades chuvosas e outros extremamente secos (MOLION; BERNARDO, 2002; KAYANO; ANDREOLLI, 2009).

A cidade de Camaragibe por localizar-se próximo ao litoral é classificada como clima tropical litorâneo. Sobre a costa leste do Nordeste brasileiro onde se evidencia máximas de precipitações anuais acima de 1.500 mm, cujo, principais contribuições advêm do sistema brisas terra-mar e dos distúrbios ondulatórios de leste. Este último, sendo responsável pela máxima precipitação mensal (maio-julho) corresponde aos aglomerados de nuvens remanescentes dos Sistemas Frontais que se deslocam para as latitudes equatoriais durante o inverno do Hemisfério Sul (KAYANO; ANDREOLLI, 2009). Portanto, torna-se necessário esclarecer que o período chuvoso da borda oriental do Nordeste, correspondendo à região da Zona da Mata da Paraíba, Pernambuco e Alagoas, dar-se no outono/inverno.

Esta configuração climática que produz as respostas nas dinâmicas não lineares do canal fluvial contemplado na pesquisa, tendo 2014 como ano de análise onde se observou o comportamento do riacho Umas em relação às dinâmicas climáticas em uma escala de tempo denominada de evento instantâneo, ou seja, de 0 a 1 ano. Contudo, outros processos serão observados nesta avaliação, principalmente levando em consideração a morfologia do canal com destaque para seu médio e baixo curso.

As precipitações pluviais podem estar relacionadas tanto por processos de convecção local, tanto por ação de sistemas frontais e perturbações ondulatórias nos campos dos ventos (MOLLION; BERNARDO, 2002). Diante desta configuração as dinâmicas atmosféricas nos primeiros três meses do ano sobre a porção leste da região nordeste as precipitações podem ocorrer, como consequência de mecanismos de grande escala como ZCIT e/ou sistemas frontais trazidos pela ZCAS. Segundo o boletim infoclima/progclima fornecido pelo CPTEC/INPE não houve chegada de frentes frias sobre esta região, devido à atuação de vórtices ciclônicos de alta troposfera e a circulação anticiclônica anômala na média e alta troposfera, tão pouco, descida da ZCIT até as latitudes referentes ao estado de Pernambuco, como observado na figura 13.

Figura 13: Imagem de satélite realçada e Carta sinótica da Marinha onde é observado atuação do Vórtice Ciclônico. (10/01/2014).



Fonte: CPTEC/INPE/Marinha do Brasil

Há necessidade de salientar que a maior probabilidade de chuva sobre o NE nesta época do ano é sobre a parte mais ao norte da região e também sua porção interiorana, por conseguinte, identificado como semiárido. Portanto os cenários de maior probabilidade de precipitação sobre a borda oriental do nordeste dar-se-á no período de inverno do Hemisfério Sul por conta da expansão do Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul.

Todavia a precipitação observada neste período do ano pode ter como gatilho um sistema de mesoescala que atua sobre a costa leste do Nordeste denominado de vórtices ciclônicos de altos níveis. Todavia, observa- também o sistema de alta pressão semiestacionário do Atlântico Sul, também denominado pelos meteorologistas de ASAN (Alta Subtropical do Atlântico Sul) que a partir de pulsos representados nas isóbaras da carta sinótica da Marinha, que se expandem até o equador, trazendo a umidade vinda do oceano, e, por conseguinte, precipitações observadas nos gráficos de pluviosidade diária. Portanto, os registros pluviométricos indicados nos gráficos caracterizaram-se pela borda do respectivo vórtice.

As precipitações dos meses de Janeiro e Fevereiro registrados nos gráficos de precipitação diária (FIGURA 14) têm como dinâmica principal de ação os VCANs que tem como características segundo Ferreira (*et al*, 2009) a atuação com mais frequência entre os meses de dezembro a fevereiro. Como já foi descrito na primeira parte deste trabalho de pesquisa correspondente as dinâmicas climáticas da escala regional a local os VCANs tem grande interação com outros dois mecanismos atmosféricos como a AB (Alta da Bolívia) e a ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) como se pode

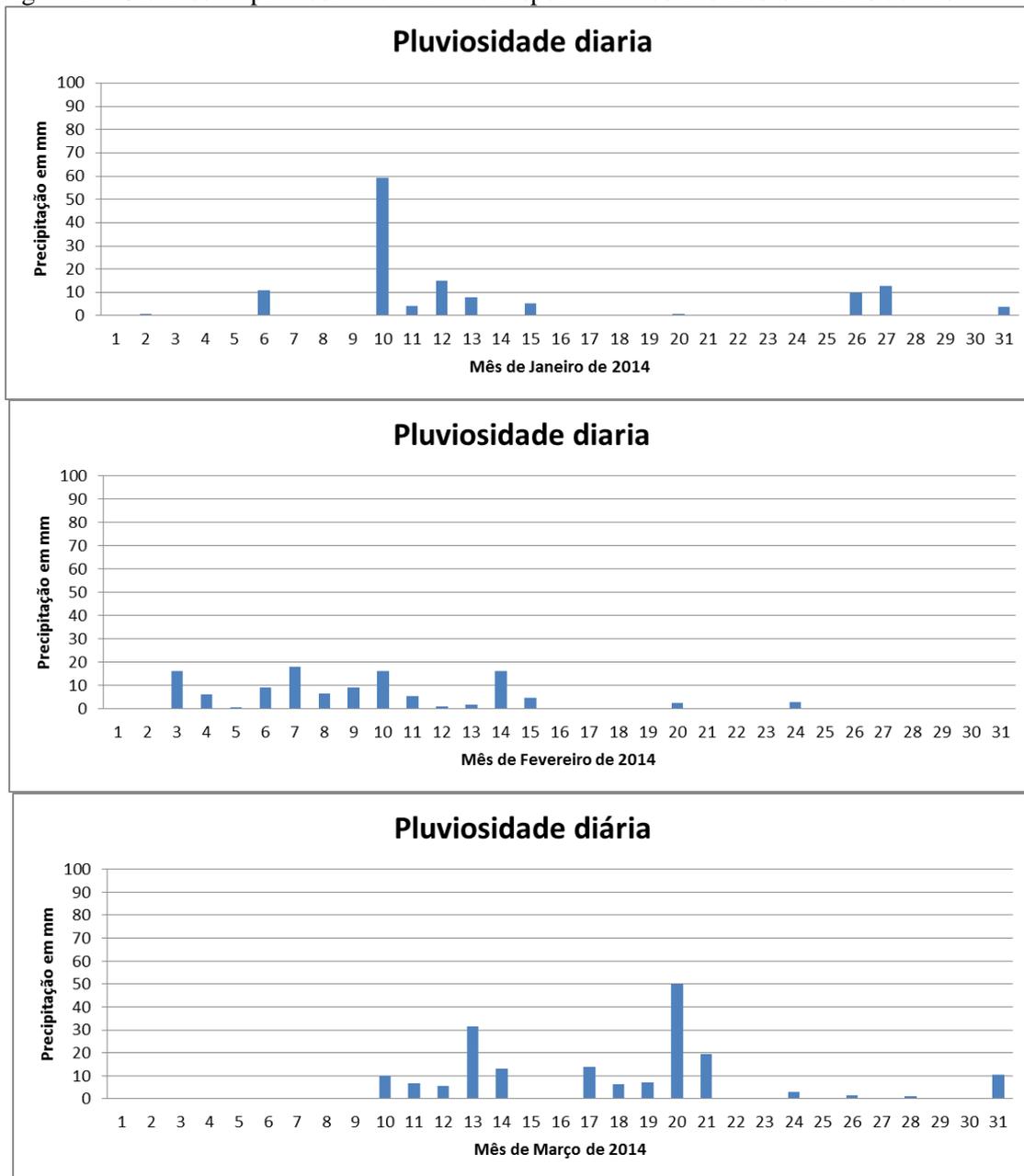
perceber nas imagens de satélite Goes 13 realçada (FIGURA 15) e sobre as cartas sinóticas da Marinha do Brasil (FIGURA 16).

As imagens coletadas são referentes aos dias de precipitação mais significativa que são observados nos gráficos de pluviosidade diária e apresentados de forma rítmica para que seja observada a dinâmica atmosférica atuante e como a duração da mesma nos meses analisados. Entender as ações atmosféricas sobre a paisagem através das várias escalas de tempo torna-se interessante no sentido de tentar observar, compreender e registrar suas variáveis de respostas sobre os espaços para que se possa geri-lo com mais de eficiência.

Os dois primeiros meses do ano tiveram concentração de precipitação na sua primeira quinzena, dados esses reforçados pelo LAMEP/ITEP onde em Camaragibe em janeiro choveu 104 mm na primeira quinzena e 14 mm na segunda, indicando 11 o número de dias com atividade pluviométrica. Em fevereiro na primeira quinzena precipitou 110 mm, enquanto na segunda quinzena 5 mm totalizando 15 dias de ocorrência de chuvas. O mês de março teve os maiores registros de pluviosidade concentrados principalmente no meio do mês entre o dia 10 ao dia 21 apresentando 89,7 mm na primeira quinzena e 113 mm na segunda, com destaque para o dia 20 do referido mês, com 14 de dias com chuva. A precipitação ocorrida em Março também se configura pela atuação dos VCANs como se pode notar na imagem de satélite Goes realçada e nas cartas sinóticas da Marinha do Brasil.

Evidencia-se que embora o mês de fevereiro apresente uma quantidade maior de dias com pluviosidade, todavia não há intensidade no volume dessas precipitações e neste aspecto não provoca grandes respostas sobre o canal. Já os dias de precipitação mais significativas dos meses de Janeiro (dia 10/01) e Março (dia 20/03) houve maior intensidade no volume de chuvas, porém não havendo frequência, o que faz com que o canal fluvial tenha se reajustado a essas perturbações sem demonstrar eventos de inundações.

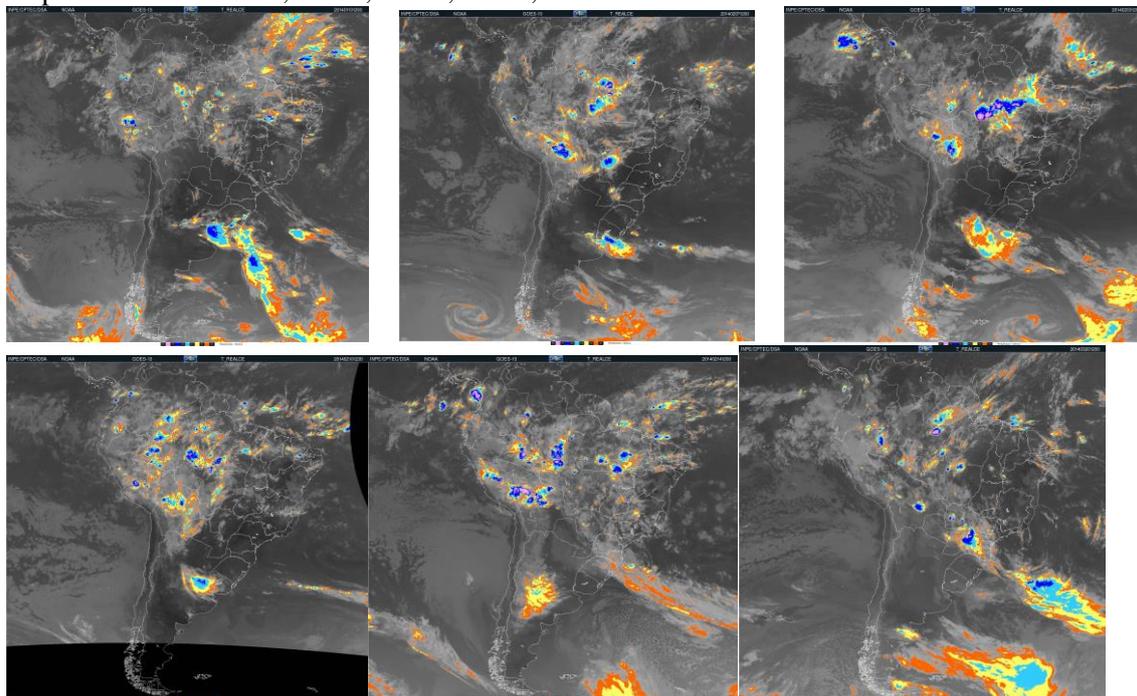
Figura 14: Gráficos de pluviosidade diária correspondente aos três meses iniciais do ano.



Fonte: APAC adaptado pelo autor.

Enquanto os gráficos de pluviosidade diária fornecem informação no tempo às imagens de satélite destacam as dinâmicas no espaço, contudo as ações climáticas terão suas respostas de acordo com variáveis tanto de cunho natural, quanto socioeconômico. Ou seja, levando em consideração o riacho Umas e suas características morfológicas e a forma de uso e ocupação do solo, sem a infraestrutura adequada e população de baixo nível socioeconômico, cuja reação a um evento de inundação brusca pode não ser a mais adequada devido a pouca informação sobre os processos. Além do município não possuir nenhum plano de gerenciamento de risco.

Figura 15: Imagens de satélite Goes 13 realçada indicando a atuação dos VCANs nos principais dias de precipitações nos três primeiros meses do ano. As datas das imagens são respectivamente: 10/01; 03/02; 07/02; 10/02; 14/02 e 20/03 do ano de 2014.

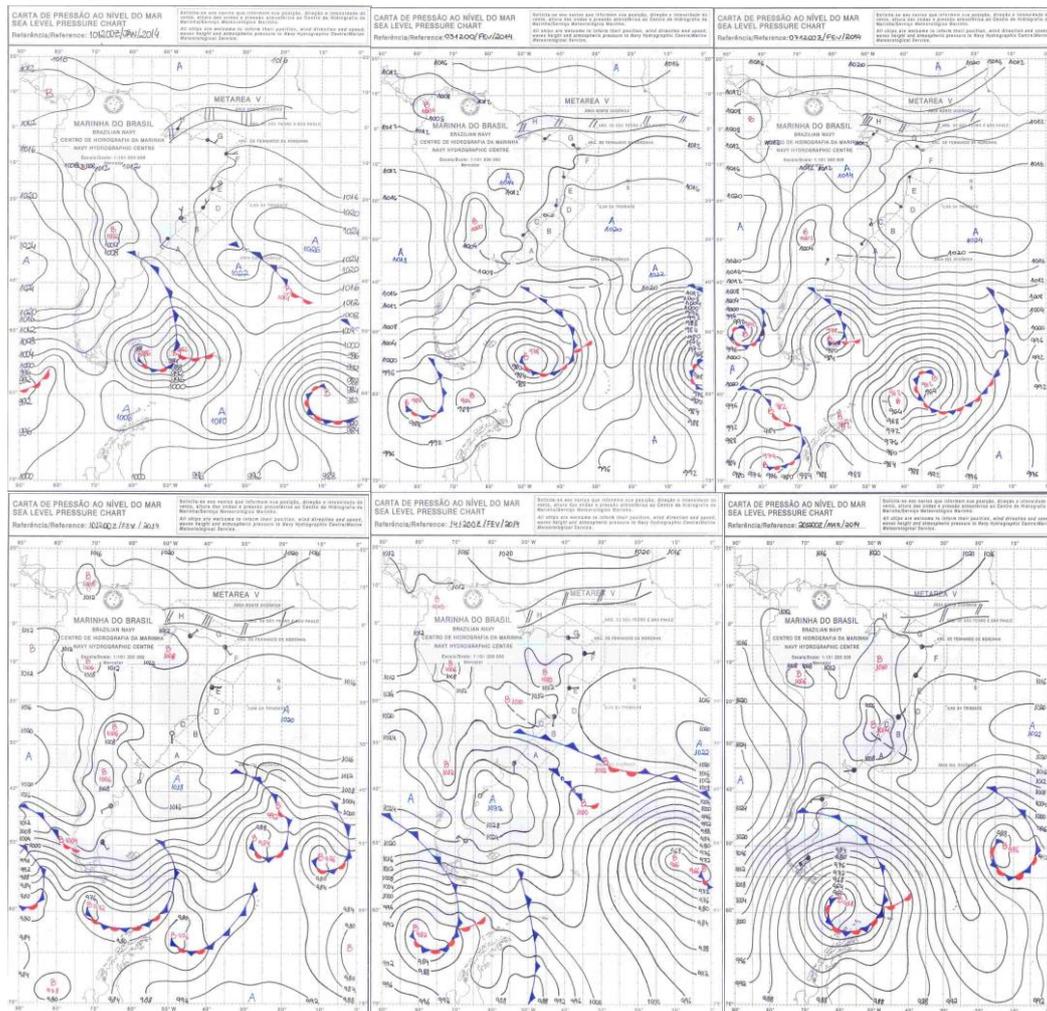


Fonte: CPTEC/INPE

As cartas da Marinha indicam o comportamento sinótico da atmosfera demonstrado através das isóbaras onde observamos os VCANs para comparação com as imagens de satélite, por conseguinte, utilizando as mesmas datas e horário 10/01, 03/02, 07/02, 10/02, 14/02 e 20/03 na tentativa de entender de forma rítmica possibilitando a observação espaço-temporal do fenômeno atmosférico responsável pela precipitação nos meses iniciais de 2014.

O mês de Abril foi o período da avaliação do primeiro trabalho de campo, ou seja, no momento em que a área de estudo ainda estava sobre a estação de menor probabilidade de chuva, portanto, um bom momento para fazer os perfis transversais do canal. Salientando que esses perfis foram feitos em campo com o uso da Estação Total TS02 Leica como indicado nos procedimentos metodológicos. Segundo infoclima/progclima (CPTEC/INPE) a diminuição das chuvas na costa leste da região NE deu-se devido ao posicionamento do Anticiclone Subtropical muito mais próximo à costa leste do continente sul-americano, ou seja, foi associada a condições de bloqueio atmosférico que esteve presente tanto no mês de março, quanto no mês de abril.

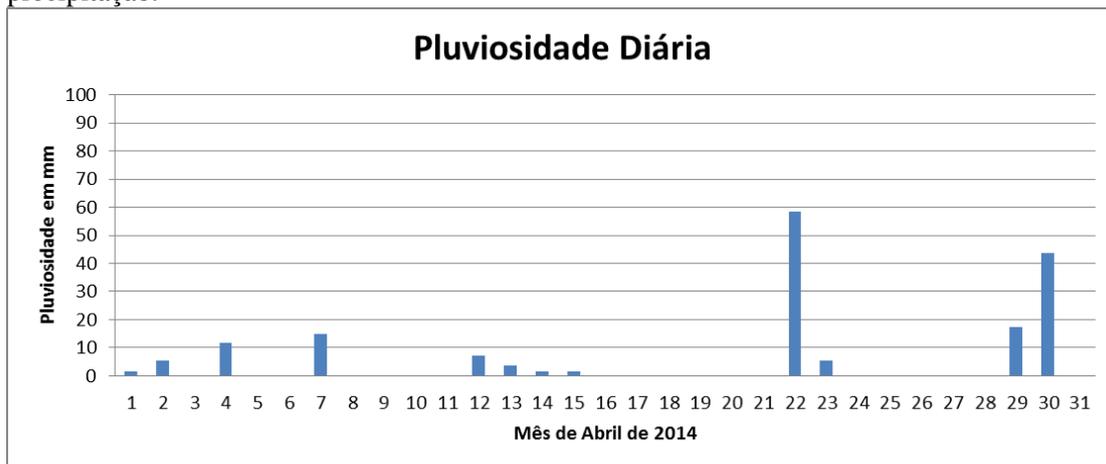
Figura 16: Cartas sinóticas da Marinha do Brasil a partir das isóbaras, as linhas de igual pressão, dos dias e meses analisados.



Fonte: Marinha do Brasil

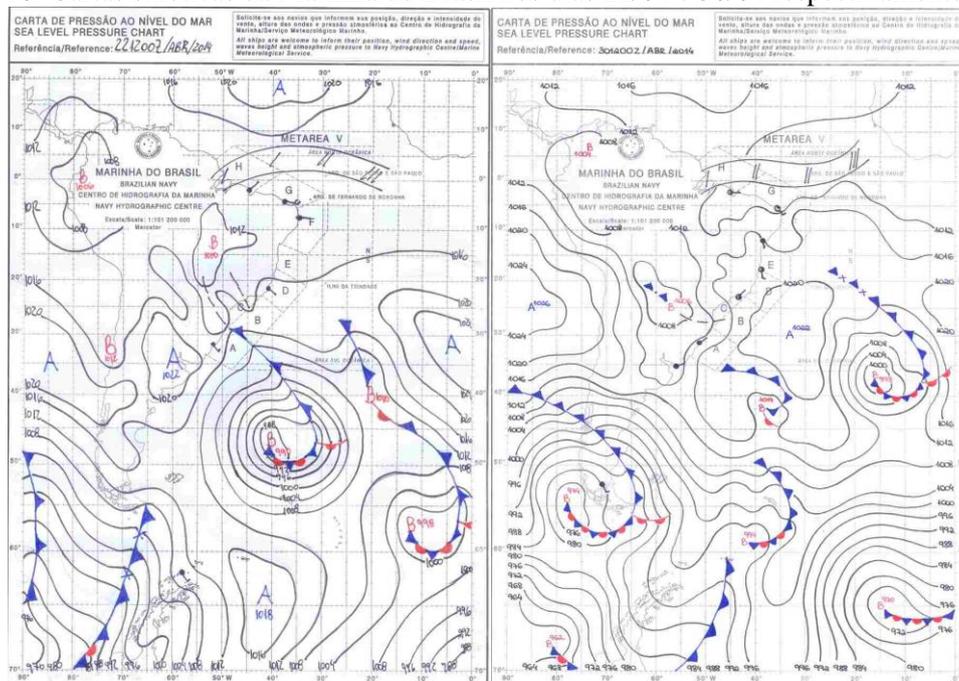
Ao observar os gráficos de pluviosidade diária (FIGURA 17) tem-se a ideia de que foi um mês de baixos episódios de precipitação, com destaques onde ocorreram eventos de pluviosidade para os dias 22/04 e 30/04, a qual provavelmente para o primeiro dia citado houve umidade trazida pelo ASAN que ocasionou casos de chuvas sobre a costa leste do NE, enquanto o episódio do dia 30 foi ocasionado pela ação de um distúrbio ondulatório de leste que atingiu o sul de Pernambuco e o norte de Alagoas, por conseguinte, tendo seus reflexos também sobre a RMR (FIGURA 18).

Figura 17: Gráfico de pluviosidade diária do mês de Abril indicando poucos episódios de precipitação.



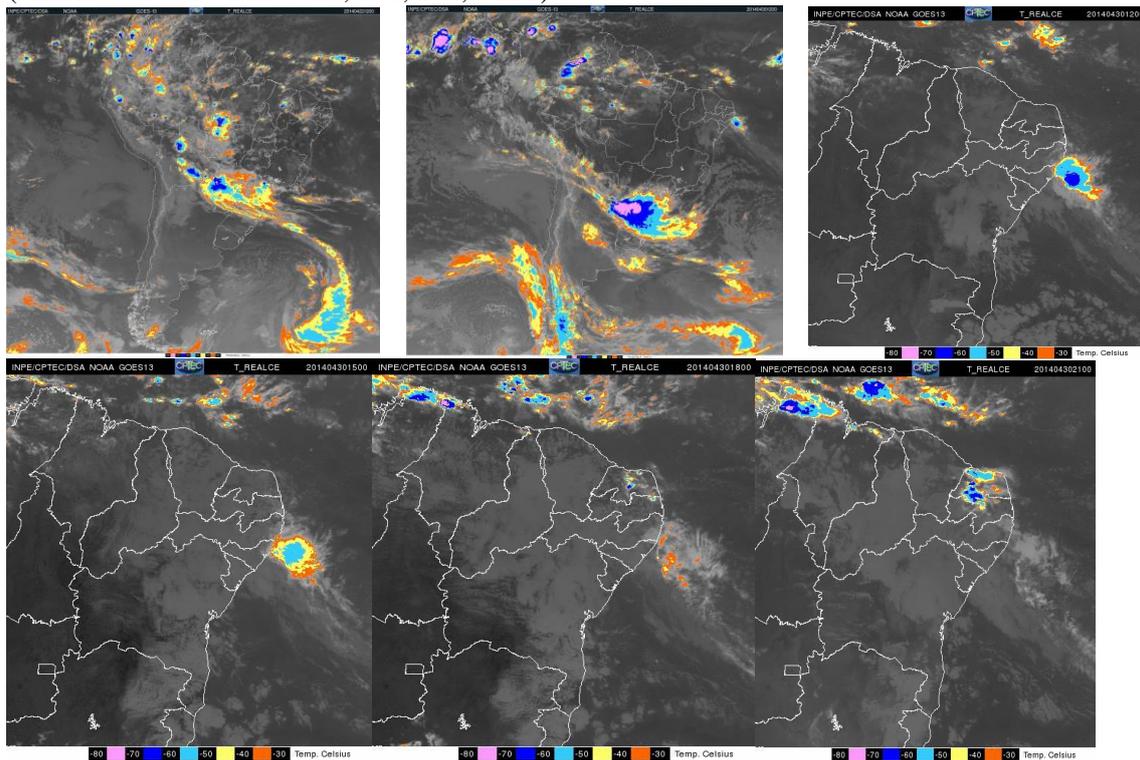
Fonte: APAC adaptado pelo autor.

Figura 18: Cartas sinóticas da Marinha do Brasil nos dias 22/04 e 30/04 respectivamente.



Fonte: Marinha do Brasil

Figura 19: Composição das imagens de satélite dos dias 22/04 (América do Sul) e 30/04 (América do Sul e NE – 12h, 15h, 18h, e 21h).



Fonte: CPTEC/INPE

As imagens acima demonstram a dinâmica e o deslocamento espaço-temporal dos processos atmosféricos com destaque para os episódios do dia 30/04 sobre a escala regional acerca da borda oriental do NE onde se verifica a duração do DOL entre 12h, período de maior intensidade, até às 21h na qual se constata sua dissipação, todavia, não ocorrendo continuidade no dia seguinte, todavia, fazendo com que o canal tivesse a capacidade de dissipar a energia e matéria sem causar grandes mudanças ou causar transtornos (FIGURA 19).

A análise morfológica do canal durante o período seco foi realizada em seu médio e baixo curso por serem esses os trechos com maior densidade demográfica, portanto oferecendo riscos à população a partir de suas respostas aos *inputs* pluviométricos.

A observação da morfologia do canal iniciou no *knickpoint* (FIGURA 20) que se estima tenha 3,5 metros de gradiente, onde foi construída a represa que abastecia a fábrica Braspérola, rompida em 1990. Observa-se leito rochoso do canal fluvial estudado, além da existência de outros *Knickpoint* no qual exibem amplitudes bem menores variando entre 30 cm a 50 cm com alguns chegando até a 1 metro.

Figura 20: *Knickpoint* onde se inicia as análises do riacho Umas em seu médio curso. Antiga represa que se rompeu (15/04).



Fonte: Próprio autor.

Estes padrões de fraturas podem estar diretamente ligados às evidências de anomalias de drenagem encontradas no trabalho de Silva (2014) que analisou o baixo curso do rio Capibaribe representado na carta de São Lourenço da Mata, município da RMR localizado ao sul de Camaragibe. Neste trabalho fica evidenciado que possivelmente a drenagem é controlada pelo substrato rochoso, cujo reflexo aparecem com a existência de sistemas de falhas, fraturas e diaclases na qual indicam a ocorrência de processos de basculamentos regionais.

Portanto, sobre o baixo curso do rio Capibaribe, principalmente o trecho que passa por São Lourenço da Mata, a qual delimita o território deste com Camaragibe houve segundo Silva (2014) indícios da influência de reativação neotectônica no Cenozóico, ocasionando possíveis basculamentos e formação de *knickpoint*. A maior parte das anomalias encontradas no trecho em São Lourenço da Mata foi de segunda ordem. Todavia, destaco este trabalho devido ao fato, da localização do riacho Umas está próximo a este rio principal. Ao fazer parte de uma microbacia do rio Capibaribe e por está a poucos quilômetros (4,5 km) de distancia, os resultados de anomalias encontrados no rio Capibaribe podem ter refletido no Riacho Umas. Porém, por conta da pouca extensão do canal fluvial (Riacho Umas), 3,5 km no total e 1,5 km a área de

maior destaque na pesquisa, não houve como aplicar o índice de Hack ou RDE – Relação Declividade Extensão.

Mesmo com a quebra da represa que causava uma descontinuidade no fluxo hídrico do rio, ainda constata-se o acúmulo de água a montante do *knickpoint* (FIGURA 21) o que pode levar em período de forte pluviosidade a ocorrência de forte turbulência no fluxo hídrico causando respostas morfológicas do ajuste do próprio canal fluvial, além de levar a episódios de inundação brusca em pontos mais a frente, todavia, aumentando a vulnerabilidade da população ribeirinha.

Figura 21: Visão do riacho Umas a montante do *knickpoint*, onde o mesmo percorre sobre a reserva florestal denominada Mata do Privê. A seta indica direção do fluxo (15/04).

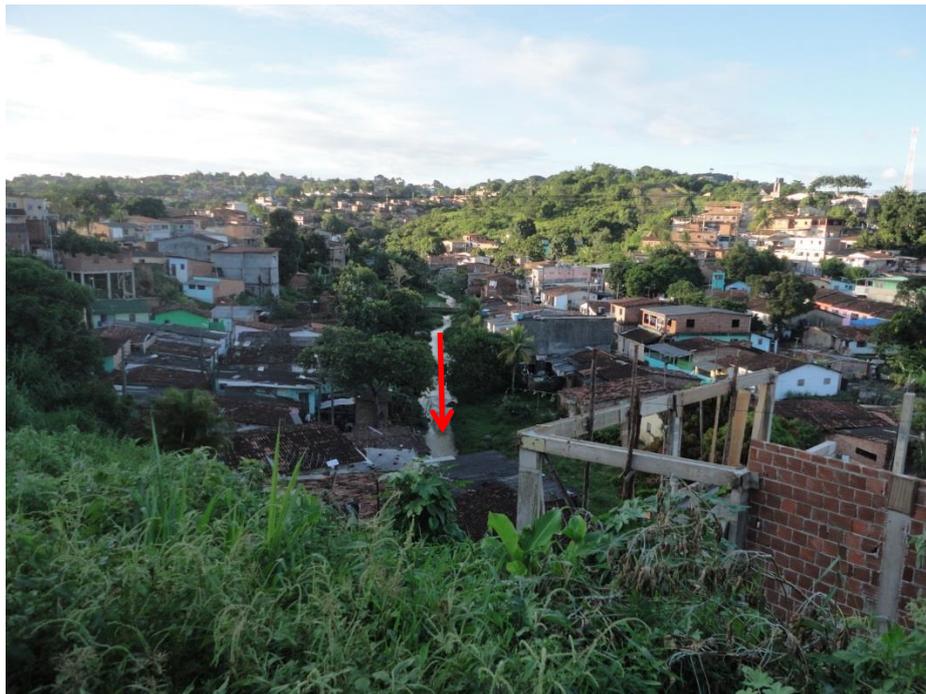


Fonte: Próprio autor.

Outra possível evidência da influência neotectônica sobre o riacho Umas dar-se baseada na ideia de Etchebehere (2004 *apud* SILVA, 2014) um indicativo de que uma área tenha passado por processos de basculamentos em distintos graus na extensão de um rio decorre do entalhe em que o mesmo faz, aprofundando o talvegue. Isto é notado quando o riacho Umas vai adentrando o seu baixo curso, na qual sua incisão “cortou” toda a parte sedimentar chegando provavelmente até a rocha cristalina que compõe seu substrato (FIGURA 22). Todavia, a resposta do fluxo hídrico a este aspecto é o fato da água em período de chuva forte expandir-se para as planícies de inundação com mais rapidez e intensidade, já que o canal fluvial não tem competência de causar incisão sobre a rocha cristalina. Estas planícies por sinal, em grande parte do riacho Umas é

urbanizada de forma indevida, porém muitas vezes, a única alternativa de moradia para essa população. Entretanto, é evidente que estas configurações na morfologia do canal deu-se em escalas de tempo geológicas, mas que compõe as características atuais do canal e tem que se levar em consideração para sua melhor gestão.

Figura 22: Visão do riacho Umas de cima das encostas que o circundam em seu baixo curso. Destaque para a ocupação urbana sobre a planície de inundação. A seta indica direção do fluxo (15/04).



Fonte: Próprio autor.

É preciso destacar como foi feito por Lima e Zakia (2000, *apud* TEODORO *et al*, 2007) as microbacias são mais sensíveis às chuvas de alta intensidade, ou seja, a alteração na qualidade e quantidade da água e no deflúvio é mais sentida nas microbacias em relação às grandes bacias, portanto entender a morfologia dos canais fluviais em áreas urbanas e seu modo de ocupação torna-se um objetivo interessante para a gestão desses espaços. Brierley e Fryirs (2005) destacam que as estratégias de gestão dos rios devem levar em consideração a inerente variabilidade natural dos sistemas fluviais, a diversidade das formas e processos e sua capacidade de mudança, tudo isto atrelado à ideia de não linearidade dos eventos em suas diferentes escalas temporais.

As rochas que compõe o fundo do canal é o granodiorito polido (ação abrasiva) pela a ação da água. De acordo com a classificação Brierley e Fryirs (2005), cujo foi

utilizado como literatura de apoio o livro *Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework*, o riacho Umas pode ser caracterizado como canal rochoso confinado com capacidade limitada de ajustar as dimensões verticais e laterais, principalmente em seu médio curso, e que ao longo de sua inclinação e através de seus *knickpoints* apresentam assembleias de cascatas seguidas de piscinas, portanto a forma do canal é irregular com incidência de corredeiras (FIGURA 23). O material do leito é composto por rochas dispostas de forma desorganizada, o fluxo é turbulento, contudo o diâmetro das rochas induz a dissipação de energia.

Figura 23: Leito rochoso apresentando *knickpoint* com formação de corredeiras e padrão anastomosado. Seta indica direção do fluxo (15/04).



Fonte: Próprio autor.

A energia do fluxo é controlada pelos gradientes das fraturas e pela inclinação da encosta. As fases de baixa vazão exercem impactos pouco significativos sobre a estrutura geomorfológica destes rios, fazendo com que sedimentos sejam acumulados nas piscinas (FIGURA 24), entretanto, segundo Brierley e Fryirs (2005) um próximo evento de precipitação mais expressivo este material é levado pelo fluxo hídrico mais forte como pode ser observado em exemplos no livro anteriormente citado.

Figura 24: *knickpoint* com cascatas seguidas de formação de piscinas que são indicadas pelas setas (15/04).



Fonte: Próprio autor.

Após este padrão descrito acima o riacho Umas apresenta outra área de fraturamento, porém entre elas observa-se um espaço de deposição sedimentar com terraço fluvial abandonado, todavia com padrão de acreção sobre o mesmo, de material tecnogênico (aterro) segundo relatos dos moradores locais. Verifica-se também uma planície de inundação que por definição de Christofolletti (1980) configura-se como faixa de vale fluvial composta por sedimentos aluviais bordejando o curso de água, e periodicamente inundada pelas águas de transbordamento provenientes do rio, apresentando configuração topográfica específica, ou seja, relacionados a depósitos sedimentares formados a partir da ação das águas pluviais em período de transbordamento.

Esta planície tem características de formação por acreção lateral já que neste ponto o riacho Umas torna-se sinuoso até chegar ao outro ponto com *knickpoint*, isto é, a morfologia neste ponto ganha padrão meandrante. É neste ponto também que se conecta a ele um canal de primeira ordem (FIGURA 25).

Figura 25: Planície de inundação com característica de formação por acreção lateral. A seta indica o ponto de erosão do meandro (15/04).



Fonte: Próprio autor.

Segue-se posteriormente outro exemplo (FIGURA 26) do padrão morfológico indicando uma formação de assembleias de cascatas seguidas de piscinas, contudo com algumas características diferenciadas dos exemplos de Brierley e Fryirs (2005), já que o riacho Umas exibe vegetação em partes de seu canal, além da presença de ocupação urbana na área denominada margem de vale. É identificado também planícies de inundações entre os *knickpoints* onde se acumulam sedimentos trazidos, em períodos de chuva mais intensa e materiais tecnogênicos de origem antrópica.

Para Charlton (2008) em grande parte dos casos, apenas as inundações extremas são capazes de causar mudanças significativas nos canais de leito rochoso, ou seja, os ajustes em canais com essa morfologia ocorrem esporadicamente, sendo intercalados por longos períodos de pouca mudança.

Contudo, quando entra no contexto a variável urbanização, esses pequenos ajustes do canal em escalas de tempo de evento instantâneo ou tempo sinótico geram respostas que porventura, podem não afetar as características naturais do canal, entretanto, atinge diretamente a população que habita as margens do rio, levando a transtornos e a vulnerabilidade. Como é o caso do riacho Umas, cujas inundações sazonais ocorridas no período chuvoso levam a pequenos ajustes no canal, mas significativos transtornos as pessoas que habitam suas margens.

Figura 26: Outro exemplo do padrão cascata-piscina que caracteriza o médio curso do riacho Umas. A seta vermelha indica a área de formação de piscina, enquanto a azul indica presença de uma planície de inundação (15/04).



Fonte: Próprio autor.

Esta relação dar-se com a interação dos sistemas morfológicos com os sistemas em cascata, o primeiro é composto das formas encontradas no canal que são as características do mesmo, o segundo consiste na interação dos sistemas de formas com o fluxo de água e sedimentos que passam pelo canal também denominado de sistemas de processo, todavia a inter-relação entre esses dois sistemas e os ajustes que ocorrem nos processos (cascata) e nas formas (morfológico) gerando respostas no canal, temos, portanto, um sistema processo-resposta (CHARLTON, 2008).

No entanto, adaptar esta ideia a análise de detalhe do riacho Umas torna-se complexa, sobretudo, porque a maioria dos trabalhos estudam estes temas utilizando como objeto de análise toda uma bacia hidrográfica e não apenas um canal. Portanto, o que se procurou fazer neste trabalho é entender a relação processo-resposta que ocorre sobre o canal levando em consideração os aspectos morfológicos diferenciados do médio e baixo curso do respectivo canal fluvial, além das consequências do processo de urbanização e a vulnerabilidade da população.

Entretanto torna-se necessário esclarecer que o conceito de cascata na presente pesquisa não está exatamente se referindo à estocagem de sedimentos, já que no riacho Umas não apresenta tanta produção de sedimentos e quando exhibe, em sua maioria é material tecnogênico, ou seja, de origem antrópica. Portanto a relação entre morfologia

do canal e seus principais processos que geram respostas e pequenos ajustes no canal tem seu principal gatilho o fluxo hídrico que chega ao canal, e, por conseguinte, pode ser intensificado em dias de chuvas mais intensas (cenários posteriores). Como grande parte das encostas são impermeabilizadas pelo processo de urbanização esse fluxo chega com mais intensidade sobre esse canal aumentando o risco de inundação.

Após a sequência de *knickpoint* observa-se a presença de acúmulo de sedimentos, no entanto, composto majoritariamente de material tecnogênico que ficou armazenado devido a um obstáculo criado por uma ponte, ou seja, uma descontinuidade extra fluvial criada a partir da intervenção antrópica sobre o riacho Umas (FIGURA 27). Neste ponto o canal fluvial estudado apresenta padrão anastomosado, dessa maneira, devido à divergência de fluxo ocorre o ataque erosivo as margens, como serão observadas em imagens nos cenários seguintes.

De acordo com Burchsted (*et al*, 2014) as descontinuidades fluviais alteram o fluxo longitudinal de água e sedimento, liberando ou alterando os caminhos de fluxo dos referidos materiais. É necessário destacar que no próprio sistema fluvial existem descontinuidades naturais devido às várias características de padrão do riacho Umas, todavia, a influência antrópica em áreas urbanas criando descontinuidades artificiais é uma variável relevante a ser considerada na análise.

O material tecnogênico é o um indício de como a população local lida com o riacho Umas corroborando com a ideia de Botelho (2011) onde poucos são os indivíduos que têm a noção de que habitam uma bacia hidrográfica, que fazem parte da mesma como elementos que interagem dentro de um sistema, cujo funcionamento também depende das suas ações. Este material carregado posteriormente no período de chuvas mais frequentes leva a respostas negativas a própria população, apontando sua vulnerabilidade às respostas dos sistemas em cascata e morfológico no período de forte precipitação. Neste sentido, a variabilidade não linear de frequência na acumulação de sedimentos em um canal fluvial criando descontinuidades, em área urbana, tem-se a influência antrópica direta devido ao descarte de material tecnogênico, todavia, fornecendo maior quantidade matéria para ser remobilizada dentro do sistema fluvial, ou seja, um cambiante a mais no ajuste do canal fluvial.

Figura 27: Ponte criando uma descontinuidade e acúmulo de material tecnogênico. Neste trecho o riacho Umas apresenta padrão anastomosado (15/04).



Fonte: Próprio autor.

Seguindo para o baixo curso o riacho Umas exibe o formato de vale em manjedoura (FIGURA 28) cujas características de sua forma, segundo Christofolletti (1980) dar-se em virtude da redução do entalhe que, como consequência, leva a ampliação do fundo de vale pela expansão da planície de inundação. O perfil transversal é variável conforme a inclinação das vertentes. O vale fluvial consiste de acordo com Christofolletti (1980) em formas de relevo entalhadas como corredor ou depressão longitudinal, alongadas e inclinadas, sendo constituída por talvegues e duas vertentes como sistemas de declives convergentes de tamanho e aspectos variados.

Constata-se na imagem que a planície de inundação é totalmente ocupada por habitações suscitando um cenário de grande vulnerabilidade dessa população a processos de inundação, justamente pelo fato da redução do entalhe do riacho Umas em período de forte entrada de energia sobre o canal, neste caso o gatilho é a precipitação de maior intensidade e frequência no período chuvoso, às águas irão se expandir buscando seu ajuste natural, causando uma situação de risco, isto é, as planícies de

inundação são morfologias susceptíveis a processos naturais de inundações que quando ocupada acarreta certa vulnerabilidade da população que a ocupa.

O padrão do canal neste ponto torna-se retilíneo que segundo Christofolletti (1980) pode ser controlado por linhas tectônicas, ou seja, acompanhando linhas de falhas, como também, exige a existência de embasamento rochoso homogêneo (rochas de igual resistência). Contudo, mesmo que o curso do canal seja considerado reto, o fluxo ao longo do talvegue não o é, podendo apresentar lineamento sinuoso, como observado nas características do baixo curso do riacho Umas.

Pode haver influência dos registros de reativação neotectônicos do Rio Capibaribe também neste ponto do canal em virtude de seu padrão retilíneo, além de duas inflexuras bruscas em seu trecho final indicando encaixe do curso do canal em possíveis falhas. Portanto, a parte analisada com mais detalhe do riacho Umas, ou seja, médio e baixo curso verifica-se provável influência tectônica ocorrida no rio principal (o rio Capibaribe) sobre o riacho Umas, isto é, nessa área torna-se aceitável de que os canais são direcionados a partir do controle litológico a partir das anomalias de segunda ordem evidenciadas no trabalho de Silva (2014), onde estas foram o suficiente para controlar os canais através de basculamentos.

Figura 28: Vale fluvial em formato de manjedoura. Planície de inundação ocupada por casas indicando a vulnerabilidade da população a eventos naturais de inundação (15/04).



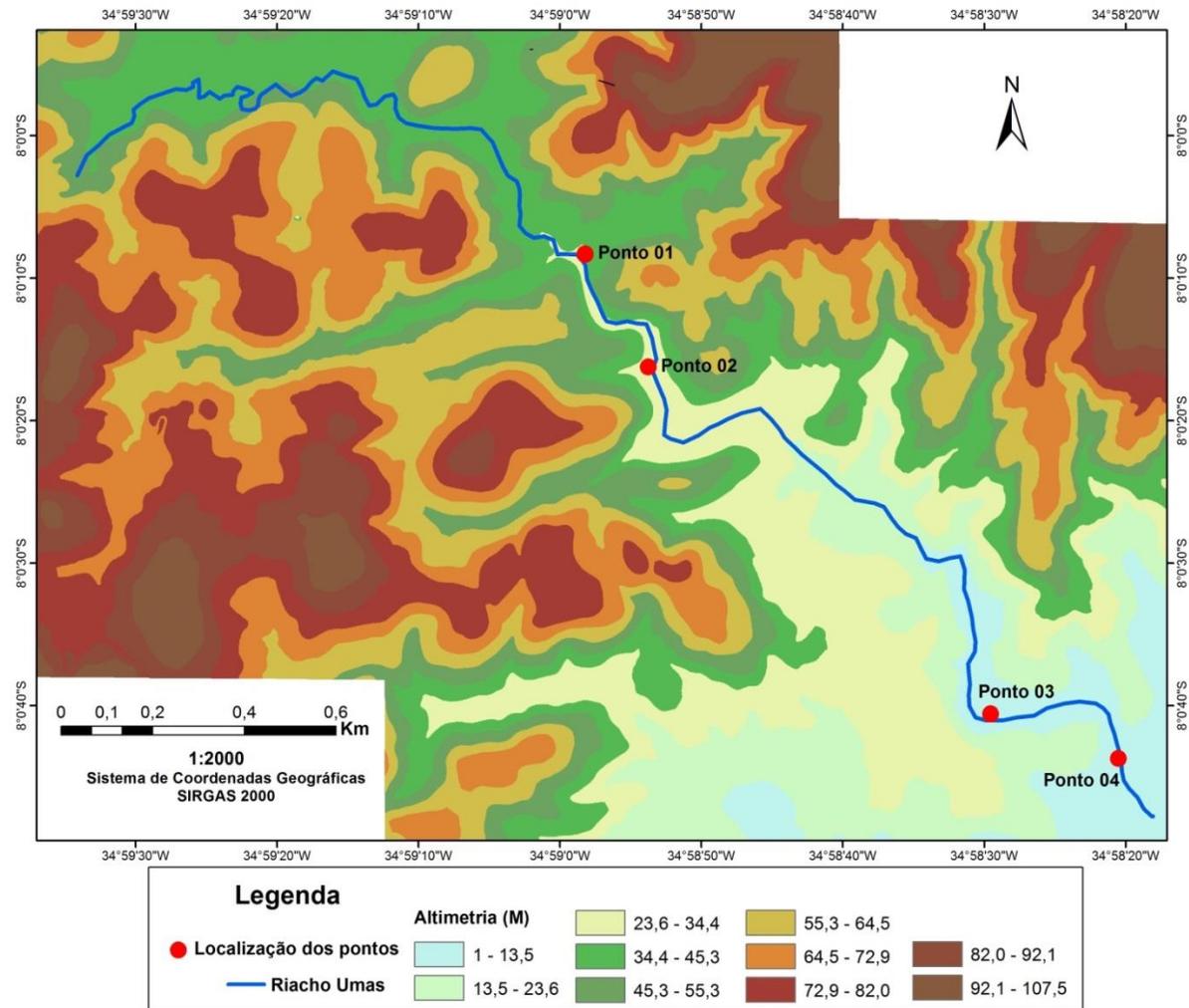
Fonte: próprio autor

Mesmo em uma escala de detalhe observou-se mudanças nos padrões morfológicos do riacho Umas, portanto as ações de respostas do fluxo hídrico, ajustes do canal e sua capacidade de absorver perturbações (concepção de sensibilidade), vão variar espacialmente. Todavia, em decorrência do padrão climático em período seco e outro mais úmido também haverá variabilidade temporal, no caso da pesquisa de evento instantâneo (0 a 1).

Entretanto as chuvas ocorridas no período mais seco não foram capazes de gerar fortes perturbações sobre o canal, principalmente por sua falta de frequência. Porém nos cenários posteriores serão observadas as respostas sensíveis que houve sobre o riacho Umas e quais os transtornos, principalmente relacionados a inundações que atingiram a população.

Em relação ao mapa hipsométrico confeccionado a partir do MDT (FIGURA 29) sobre a área de estudo percebe-se as unidades morfológicas ao redor do riacho Umas configura-se como colinas dissecadas compondo grande parte deste recorte de paisagem. Verificam-se também resquícios de formas tabulares que sofreram denudação (período de tempo longo) e encostas que posteriormente serão caracterizadas no que diz respeito à curvatura e declividades das mesmas. Sobre este mapa também está plotado os pontos onde foram feitos em campo os transectos com a Estação Total, a qual geraram os gráficos que são analisados posteriormente com os níveis da água no período de menor precipitação com o de maior precipitação, e, todavia observar o processo de inundação que ocorreu no riacho Umas e a sensibilidade do próprio canal fluvial.

Figura 29: Mapa hipsométrico com os pontos onde foram feitos os perfis transversais.



Fonte: Curvas de nível da Compesa, adaptado pelo autor.

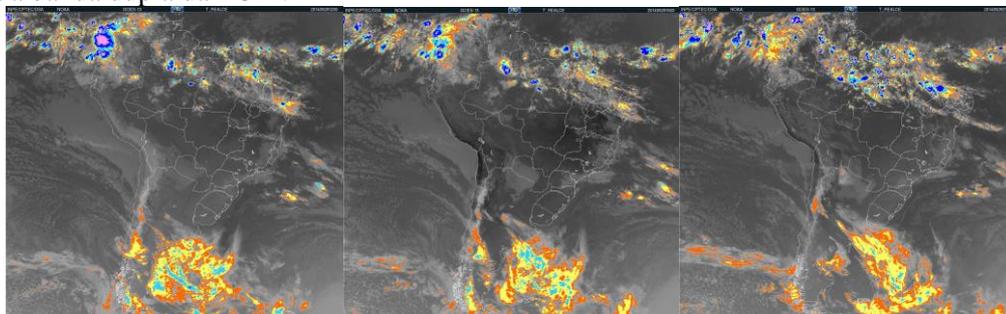
## 5.2 Cenário do período úmido (pós-perturbação)

A dinâmica climática deste período configura-se com maior probabilidade de precipitações mais intensas e frequentes. Contudo, ressalta-se que o ano de 2014 houve grande variabilidade no que concerne a pluviosidade. Houve alternância espacial no regime de chuvas, ora mais acentuada em determinadas regiões, enquanto em outras apresentaram quantitativos pluviométricos abaixo da climatologia considerada normal.

Segundo o infoclima/progclima (CPTEC/INPE) neste período houve a intensificação do ENOS, além de ocorrências de anomalias positivas da TSM sobre o Atlântico Sul, ou seja, com atuação do fenômeno denominado Dipolo do Atlântico. Esta configuração gerou prognósticos representou condições favoráveis para o desenvolvimento de chuvas intensas episódicas sobre o leste da Região Nordeste. Contudo no mês de Maio só houve dois dias significativos de chuva, como verificado no gráfico, mas sem continuidade, mesmo cenário dos meses passados. O dia 14/05 foi provavelmente ação do sistema de brisas com a contribuição do aquecimento do Atlântico Sul.

As chuvas do dia 29/05 tiveram como causa o que os meteorologistas denominam de banda dupla da ZCIT, cuja influência da anomalia positiva do Atlântico Sul foi bastante significativa para a ocorrência dos eventos. As imagens de satélite Goes 13 realçada evidenciam espacialmente atuação do fenômeno. Todavia, não houve continuidade dos eventos, além de grande parte de sua energia procedeu com mais intensidade sobre o semiárido nordestino (FIGURA 30).

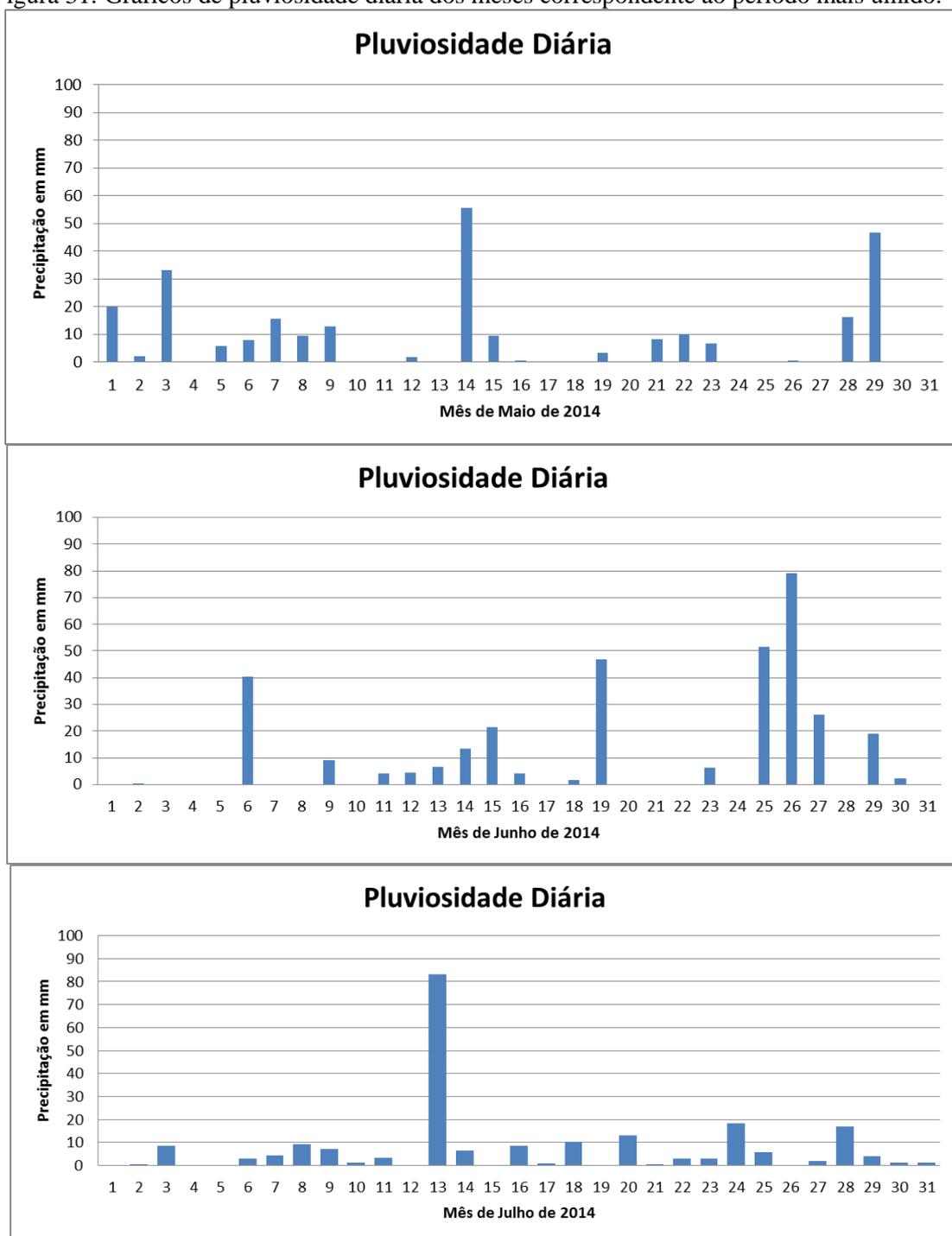
Figura 30: Composição de imagens do dia 29/05 às 12h, 15h e 21h respectivamente, onde se observa a banda dupla da ZCIT.



Fonte: CPTEC/INPE

Como não houve frequência dos episódios pluviométricos sobre o riacho Umas não ocorreram transtornos consideráveis a população ribeirinha, muito menos reajustes relevantes ao canal. Os meses seguintes são analisados da mesma forma observando as chuvas mais significativas constatadas nos gráficos de pluviosidade diária (FIGURA 31).

Figura 31: Gráficos de pluviosidade diária dos meses correspondente ao período mais úmido.



Fonte: APAC adaptado pelo autor.

Durante o mês de Junho segundo o infoclima/progclima (CPTEC/INPE) continua a atuação do ENOS e do aquecimento anômalo das águas em algumas áreas do Atlântico Sul, o que traz como consequência, entre outras, a maior probabilidade de precipitação sobre a costa leste do NE. Contudo, as precipitações manteve sua normal climatológica comparado aos anos anteriores, porém abaixo quando comparado ao ano de 2010 quando houve um evento extremo que atingiu a costa leste de Pernambuco e Alagoas que adentrou até a zona da mata destas respectivas unidades da federação causando grandes prejuízos materiais e perdas de vidas humanas.

Ao fazer uma análise mais detalhada do mês de julho dos anos anteriores percebe-se que no ano de 2014 foi o que teve a menor quantidade de dias que houve atividade pluviométrica, sendo 17 dias no total. Os totais pluviométricos dos outros anos são apresentados no quadro abaixo:

Quadro 4: Relação entre os dias de chuva por ano (2010 - 2013)

Quantidade de dias com chuva no mês de Junho de anos anteriores	
2010	24 dias
2011	19 dias
2012	18 dias
2013	21 dias

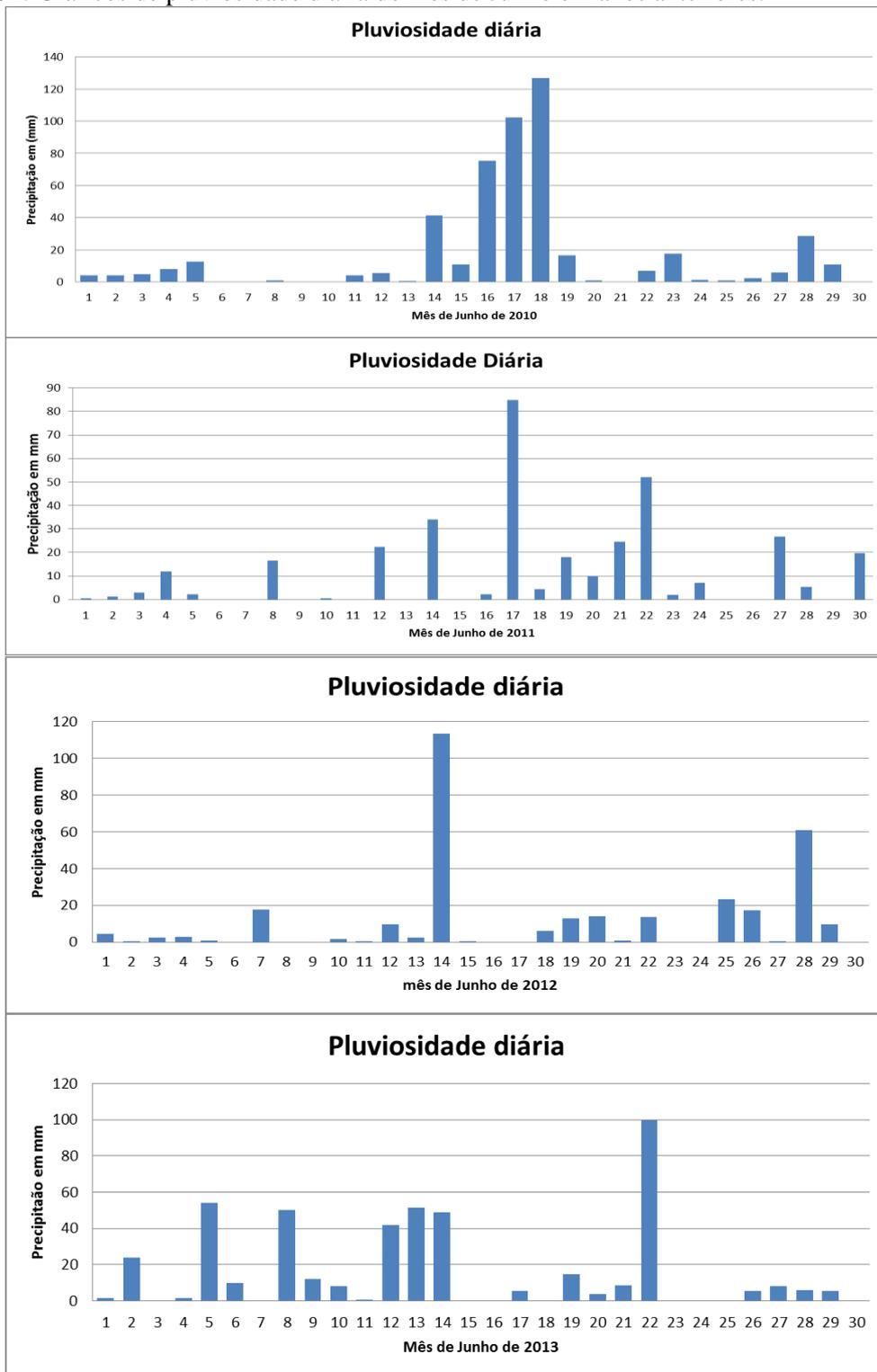
Fonte: CPTEC/INPE; APAC, adaptado pelo autor.

Como o mês de Junho é historicamente o mais relevante em termos de precipitação sobre a costa leste do Nordeste sua comparação com anos anteriores tornou-se interessante ser feita. Portanto, levaram-se em consideração os últimos quatro anos. Excetuando o ano de 2010, os outros anos posteriores (2011, 2012 e 2013) apresentaram dias com forte intensidade de pluviosidade, contudo não houve frequência, ou seja, após um intenso dia de chuva há uma diminuição no dia posterior como pode ser observado nos gráficos de pluviosidade diária do mês de Junho dos respectivos anos (FIGURA 32).

A frequência do evento em três dias consecutivos, principalmente o dia 26/06/2014, é o que conduz a respostas sobre o riacho Umas no que concerne a pequenos ajustes, entretanto, a transtornos relevantes para a população ribeirinha devido ao processo natural de inundação. A precipitação de 50 mm do dia 25/06/2014, seguida

posteriormente de pouco mais de 80 mm do dia seguinte levaram a respostas sensíveis no canal fluvial que serão elencadas posteriormente.

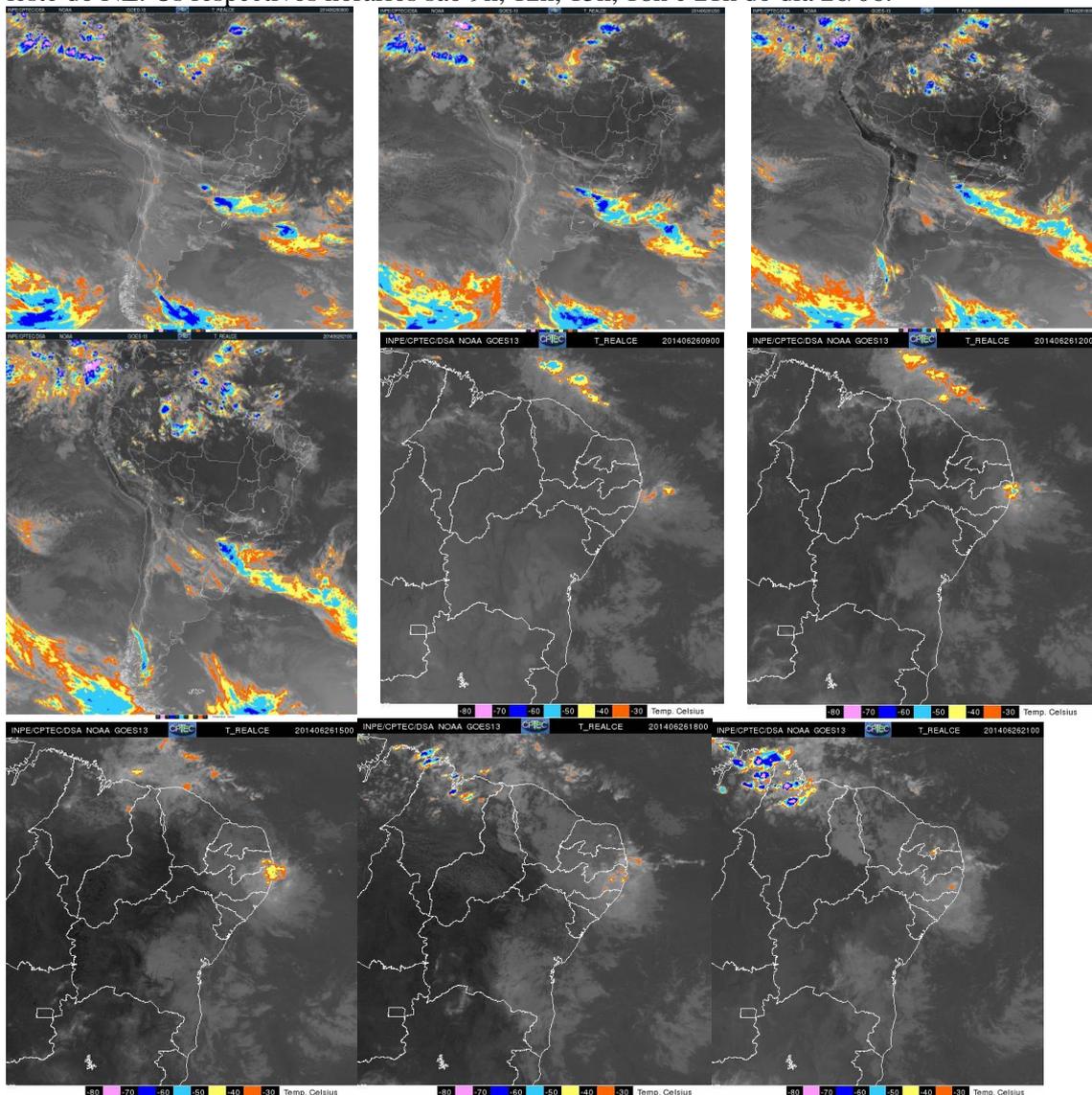
Figura 32: Gráficos de pluviosidade diária do mês de Junho em anos anteriores.



Fonte: CPTEC/INPE; APAC adaptado pelo autor.

As chuvas desses dias são características dos DOL, cuja atuação fica mais evidenciada nas imagens de satélite Goes 13 do dia 26/06 onde a dinâmica no tempo e no espaço é verificada nas imagens das 9h, 12h, 15h, 18h e 21h, tanto da América do Sul, quanto do NE (FIGURA 33).

Figura 33: Imagens do satélite Goes 13 realçada indicando o deslocamento DOL sobre a costa leste do NE. Os respectivos horários são 9h, 12h, 15h, 18h e 21h do dia 26/06.

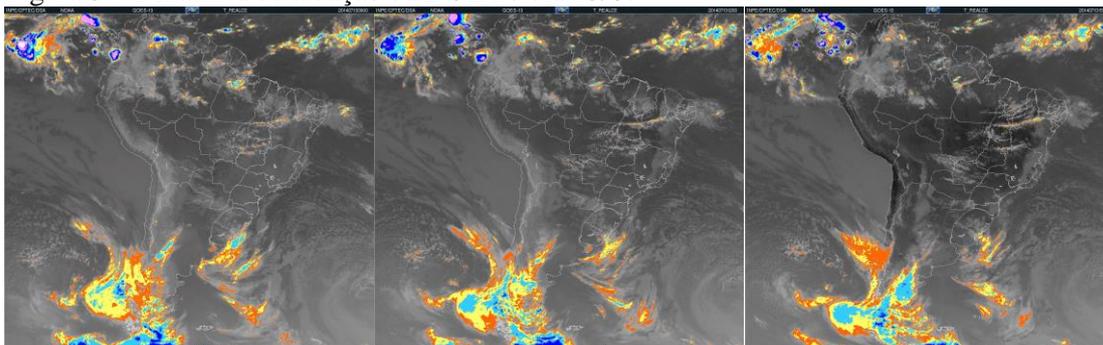


Fonte: CPTEC/INPE

O mês de Julho apresenta apenas um dia de chuva expressivo, porém sem frequência e demonstra a variabilidade de precipitação apontada no relatório infoclima/progclima, embora ainda sobre influência do ENOS, todavia com intensidade mais fraca, e das anomalias positivas do Atlântico Sul. Por conseguinte, as chuvas intensas para a região não ocorreram como previsto, reforçando a concepção de não

linearidade das dinâmicas atmosféricas. No gráfico de pluviosidade diária ver-se o dia 13/07 com 80 mm, mais não houve continuidade do evento, com a mesma intensidade, no dia posterior, também nenhum outro dia com precipitação significativa. O fenômeno atmosférico causador das chuvas neste dia são as DOL como observado nas imagens de satélite, cujos horários correspondem às 9h, 12h e 15h (FIGURA 34).

Figura 34: Dinâmica de atuação da DOL no dia 13/07



Fonte: CPTEC/INPE.

A análise do riacho Umas foi realizada no trabalho de campo do dia 27/06/2014, justamente depois de dois dias com precipitações relevantes (50 mm no dia 25/06/2014 e 80mm no dia 26/06/2014) que causaram reajustes no canal, ou seja, com o intuito de observar a sensibilidade desta paisagem. Estas perturbações sucedem de acordo com Phillips (2009) a instabilidade e o caos, as quais implicam em pequenas variações nas condições iniciais que podem conduzir a diferenças muito maiores posteriormente, portanto, os efeitos de pequenas perturbações são prováveis de crescer e persistir. Isto faz com que os sistemas fluviais sejam de difícil gerencia, devido a sua mudança constante em suas condições iniciais, as políticas de gestão territorial que contemplem estas unidades geomorfológicas tem a necessidade de compreender as modificações dos rios no tempo e no espaço.

É importante destacar novamente que para Brunsten e Thornes (1979 *apud* BRUNSDEN; THORNES, 2001) o conceito de sensibilidade consiste na probabilidade de uma dada modificação nos controles de um sistema ou as forças aplicadas a ele produzirem uma resposta sensível, reconhecível, sustentada e complexa, por conseguinte, a sensibilidade de um sistema é definida por suas especificações, as quais descrevem sua propensão para as mudanças e sua capacidade de absorver qualquer força de distúrbio.

As respostas observadas no riacho Umas foram pequenas perturbações, contudo a continuidade destas pode levar a distúrbios mais significativos posteriormente. Além do fato que depois de 2010 os anos posteriores não apresentaram dinâmicas atmosféricas com tanta intensidade como ocorreu neste referido ano. Portanto as respostas analisadas em 2014 tiveram magnitude menor. Todavia, como afirmado por Brierly e Fryirs (2005) os rios estão em constante distúrbio, portanto sempre reajustando sua forma, por conseguinte, os ajustes que ocorrem sobre o canal a partir da entrada de energia e matéria, provocam respostas cumulativas que ficam como registro dos recentes acontecimentos. As avaliações das respostas do sistema as diferentes formas de perturbação levam em consideração a capacidade de recuperação depois dos ajustes.

É considerável ressaltar também de acordo com Brierly e Fryirs (2005) que a prática de diferenciação de mudança de comportamento é variável conforme cada tipo de rio, portanto pode ser flexível diante dos atributos geomorfológico de cada sistema fluvial. Assim sendo, no caso do riacho Umas mesmo em sua escala de detalhe, a mudança no padrão do curso do canal em seu médio e baixo curso indicaram respostas diferentes em relação às perturbações. Devido à escala de tempo utilizada na pesquisa não se obteve registros de reajustes do canal fluvial no passado recente, tanto por falta de dados, inclusive nos órgãos competentes da prefeitura de Camaragibe, quanto por não ser o objetivo central da pesquisa, cujo foco é a fase contemporânea do riacho Umas na escala temporal de um ano.

No médio curso do canal que foi classificado como canal confinado rochoso, portanto neste ponto apenas grandes eventos são capazes de causar ajustes laterais, dessa forma não houve ajuste no canal neste ponto. Durante o evento de junho este trecho do canal expandiu suas águas além do canal, fato observado pela vegetação ripária retorcida (FIGURA 35). A turbulência no fluxo hídrico sobre o *knickpoint* ainda pode ser observada após a passagem do sistema atmosférico (FIGURA 36). O gráfico gerado com base na Estação total indicando o transecto do canal no respectivo ponto assinala os dois cenários do comportamento do fluxo hídrico, as quais as setas verdes apontam o canal em seu período seco, enquanto a seta azul onde a água atingiu durante a perturbação no período úmido (FIGURA 37).

Portanto neste ponto o processo de inundação brusca, ou seja, aquelas ligadas a episódios de chuva forte e concentradas não chegaram a levar transtornos à população ribeirinha, fato este, ocorrido por conta da morfologia do canal fluvial que neste trecho apresenta uma capacidade maior de se adaptar e absorver a entrada de energia

pluviométrica, todavia, fica evidente que só um evento com maior magnitude pode causar episódios de inundações que tanto acarretem ajustes laterais, quanto danos à população.

Figura 35: Ponto onde a água atingiu durante o evento DOL sobre o riacho Umas. Indicado pela vegetação ripária retorcida - seta vermelha (27/06).



Fonte: Próprio autor.

Na figura seguir (FIGURA 38) verifica-se sobre as rochas e vegetação dentro do canal, as quais configuram pequenas discontinuidades naturais, como também nas margens evidências da perturbação que houve sobre o riacho Umas, logo, expondo registros de sensibilidade desta paisagem. Contudo, em virtude de sua morfologia de fundo estas perturbações não o torna instável.

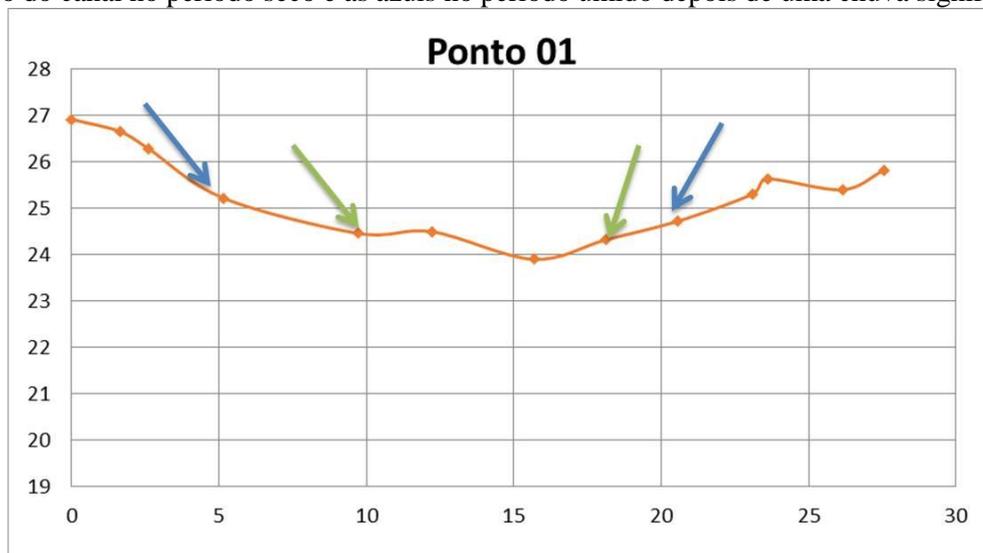
Os rios são unidades geomorfológicas mutáveis no tempo e no espaço, isto posto, de acordo com Brierly e Fryirs (2005) as variedades de condições de limite dos canais fluviais contemporâneas são resultados de circunstâncias que atuaram no passado. Dessa forma, o riacho Umas tem sua configuração relacionada a eventos naturais do passado (tectônico e climático), ou seja, atrelado a escala de tempo mais longa, e que na atualidade tem influência direta e indireta do fator humano, com escala de tempo mais curta. Portanto para a gestão sobre as formas de uso desse espaço é interessante que seja levado em consideração a sobreposição das várias escalas de tempo para que se entenda os seus limites.

Figura 36: Fluxo turbulento da água sobre depois do evento atmosférico e a expansão do fluxo hídrico pelo leito rochoso (27/06)



Fonte: Próprio autor.

Figura 37: O gráfico (em metros) representa o transecto do canal onde a setas indicam o fluxo hídrico do canal no período seco e as azuis no período úmido depois de uma chuva significativa.



Fonte: Próprio autor.

Figura 38: Evidencia de sensibilidade no trecho de leito rochoso do Riacho Umas (27/06).



Fonte: Próprio autor.

Na continuação do canal com padrão de leito em cascata e piscina ver-se o fluxo mais turbulento entre os *knickpoints* (FIGURA 39). Sobre o cano da empresa de abastecimento da Companhia de Pernambucana de Saneamento (Compesa) verifica-se pequenos galhos de árvores que foram arrastados pela correnteza, já que o respectivo conduto representa uma descontinuidade no fluxo de água, cujo elementos dos distúrbios podem ficar preso nele. Devido a largura do canal fluvial (riacho Umas) e seu leito rochoso a capacidade de ajuste neste trecho é mínima, diante do total pluviométrico ocorrido, portanto demonstrando capacidade maior de absorver energia.

O gráfico (transecto) deste trecho do canal indicam a o fluxo hídrico chegou até as margens, contudo sem causar processos erosivos, por conseguinte, verifica-se certa estabilidade do riacho Umas neste ponto (FIGURA 40). Há de salientar que o fluxo hídrico nesta parte do canal fluvial tem comportamento caótico (tanto no primeiro gráfico como no segundo), cujo a direção é dada de acordo com o micro-relevo criado pela composição da rocha em seu leito.

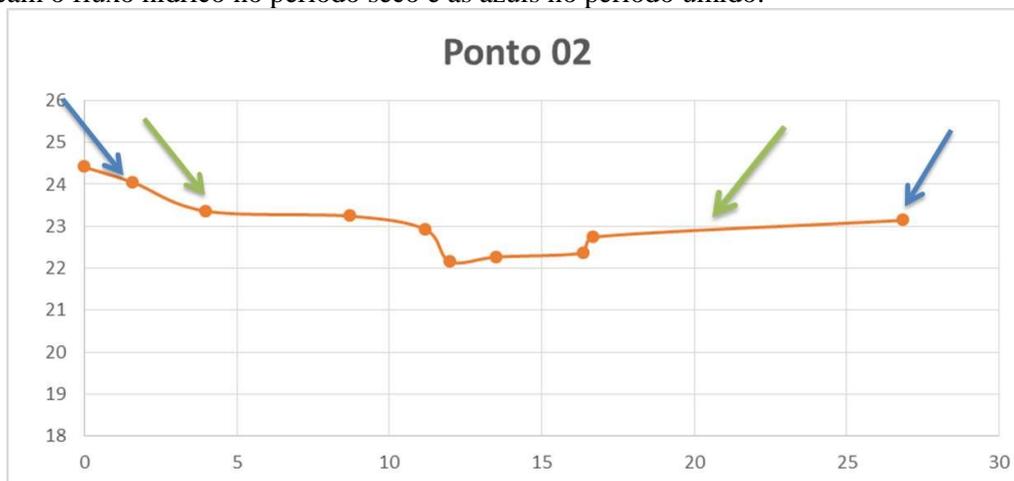
Na imagem a seguir (FIGURA 41) verifica-se a deposição de sedimentos sobre a planície de inundação e que depois do evento pluviométrico o canal retorna ao seu leito menor. Torna-se importante ressaltar que de acordo com os moradores locais que a vegetação das margens do canal foi retirada, como forma de limpeza do riacho Umas, feita pelos funcionários da prefeitura de Camaragibe. Este fato fez com que as respostas de erosão e deposição neste ponto fosse melhor observada. Percebe-se também neste segmento do canal que as casas estão foram construídas sobre as planícies de inundação o que conduz a grande vulnerabilidade dos moradores ribeirinhos aos processos de inundação brusca.

Figura 39: Trecho do riacho Umas após o distúrbio. As setas indicam os galhos de árvores como evidência desta perturbação (27/06).



Fonte: Próprio autor.

Figura 40: Gráfico do perfil transversal (em metros) do ponto dois, onde as setas em verde indicam o fluxo hídrico no período seco e as azuis no período úmido.



Fonte: Próprio autor.

Ao analisar o trecho meandrante do riacho Umas é averiguado um pequeno reajuste do canal com a erosão na margem côncava, por conseguinte, a continuidade pode conduzir a mudanças no curso do canal. A retirada da vegetação das margens, principalmente a margem direita com a presença do terraço fluvial, deixa essa feição geomorfológica mais susceptível a processos erosivos. Na figura 42 observa-se bem este fato com a imagem no período seco e posteriormente no úmido após a perturbação.

Figura 41: A Imagem (a) retratando a deposição de sedimentos na planície de inundação. A imagem (b) as casas construídas sobre a planície de inundação (27/06).



Fonte: Próprio autor.

Figura 42: Imagem (a)- 15/04 corresponde ao canal no período seco, enquanto a imagem (b)- 27/06 mostra o mesmo trecho no período úmido após a perturbação. Indicativo de sensibilidade do riacho Umas.



Fonte: Próprio autor.

Outras imagens verificam a respostas do riacho Umas aos distúrbios ocorridos pela entrada de energia, advinda das precipitações trazidas do DOL. Uma ponte improvisada que servia de passagem para os moradores de uma margem a outra foi levada pela correnteza, ou seja, o canal fluvial teve competência para romper uma pequena descontinuidade (FIGURA 43). Contudo, os ajustes naturais do riacho Umas causam transtornos a população ribeirinha, já que a travessia entre uma margem a outra ficou comprometida, principalmente para os habitantes da margem esquerda. A travessia por dentro do canal fluvial pode trazer aos moradores riscos de adquirir doenças de vinculação hídrica.

No trecho anastomosado do canal, já indicado acima no período seco, houve a remoção do material tecnogênico que estava acumulado na descontinuidade formada pela base da ponte (FIGURA 44). O nível aonde a água chegou pode ser observado diante da vegetação ripária retorcida. Outro aspecto nesta parte do riacho Umas foi o ajuste horizontal do canal ao causar erosão da margem direita, comum dos padrões de canais anastomosado que diante da multiplicidade de canais gerados diante dos obstáculos do canal, no momento de distúrbio provoca o processo erosivo nas margens.

Figura 43: Imagens compondo o cenário antes da perturbação mostrando a pequena ponte improvisada (15/04). Posteriormente a imagem indicando que o acesso foi removido depois das chuvas (27/06). A seta aponta a pequena descontinuidade.



Fonte: Próprio autor.

Esta reposta natural do canal afeta diretamente o população ribeirinha devido à ocupação está sobre os terraços e algumas até sobre a planície de inundação. Quanto mais os ajustes do riacho Umas provocarem erosão das margens, a estrutura das casas que ocupam os terraços será comprometida. Isto posta verifica-se a vulnerabilidade desta população a dinâmica natural do canal fluvial configurando o padrão constante de mudanças do canal fluvial. Na maioria dos casos o processo de ocupação das margens dos rios é feita sem levar em consideração a capacidade mutável desta unidade geomorfológica.

Figura 44: Trecho de padrão anastomosado do riacho Umas exibindo sensibilidade após o distúrbio que teve como seu gatilho dinâmicas atmosféricas ocorridas em datas anteriores a visita (27/06).



Fonte: Próprio autor.

Sobre o baixo curso do riacho Umas que segue até o seu encontro com o rio Camaragibe, cujo formato do vale em manjedoura e a falta de competência do canal em provocar incisão têm como consequência a expansão do fluxo para a planície de inundação, que porventura está totalmente ocupada de forma irregular. A classificação deste trecho com base em Brierly e Fryirs (2005) em rio de vale lateralmente não confinado controlado por base rochosa, que devido a esta base determina o ajuste vertical limitado. Portanto neste tipo de configuração de vale a regulação dar-se mais comumente de forma horizontal, isto é, a expansão do fluxo hídrico para as planícies de inundação durante o processo de inundação (FIGURA 45). Esta característica é mais bem retratada no terceiro cenário durante um evento chuvoso significativo no mês de setembro.

Fica evidente que conforme o padrão natural do formato do vale, do qual, a susceptibilidade a inundações bruscas em dias de fortes precipitações é perceptível, todavia, atrelado a isso um padrão de ocupação urbana inadequada, leva a grande vulnerabilidade dessa população a sofrer consequências negativas durante estes eventos naturais.

As casas da margem esquerda são as que apresentam maior vulnerabilidade aos eventos de inundação brusca, já que neste ponto as residências da margem direita encontram-se no patamar dos terraços abandonados, sendo que algumas com intervenção de obras como muro de contenção. A vegetação ripária retorcida indica o grau de perturbação que houve, além do nível atingido pela água, este último representado no gráfico da figura 46.

Figura 45: Devido ao formato do vale e a ocupação urbana de forma inadequada, este trecho do riacho Umas apresenta grande vulnerabilidade da população ribeirinha a episódios de inundação brusca (27/06).



Fonte: Próprio autor.

Figura 46: Gráfico do perfil transversal (em metros) do riacho Umas. As setas em verde apontam o fluxo hídrico no período seco e as azuis indicam o a água atingiu no período úmido.



Fonte: Próprio autor.

Em relação às assembleias de formas de relevo que configuram a paisagem ao redor do riacho Umas foram confeccionados alguns mapas para que pudesse entender a fisionomia das encostas que circundam o referido canal fluvial, a qual possibilite compreender a conectividade destas com o riacho Umas. Tomando como base a declividade das encostas que margeiam o canal é constatado predominância de angulação muito forte, como indicado no mapa da (FIGURA 9) na metodologia. Por conseguinte, devido à ação gravitacional o fluxo hídrico em conectividade com as vertentes, provavelmente adentra o canal com grande velocidade aumentando a susceptibilidade a inundações bruscas.

Diante das observações das respostas ocorridas sobre o riacho Umas fica evidente que os eventos que atingiram o canal fluvial neste período de análise não provocaram *feedbacks* positivos, isto posto, a interpretação a qual se tem é que esta unidade de relevo se encontra sobre estabilidade assintótica, conceito abordado por Phillips (1992), cujo contexto geomorfológico é a interpretação da estabilidade em resposta a perturbações que não são graves o suficiente para destruir os mecanismos de *feedback*. Portanto o riacho Umas indicou uma capacidade de resiliência diante dos eventos chuvosos de 2014, todavia, se houvessem dados anteriores do canal poderíamos comparar e observar que em processos pluviométricos mais fortes ocorram reajustes mais significativos do canal fluvial.

### 5.3 Cenário do período úmido (durante a perturbação)

Este terceiro cenário só foi possível devido a episódios de chuva no mês de setembro de 2014, ou seja, um padrão não linear das dinâmicas atmosféricas que atuam sobre a costa leste do Nordeste, já que os períodos de maior probabilidade de pluviosidade nesta parte do país são nos meses de inverno (JJA) do HS.

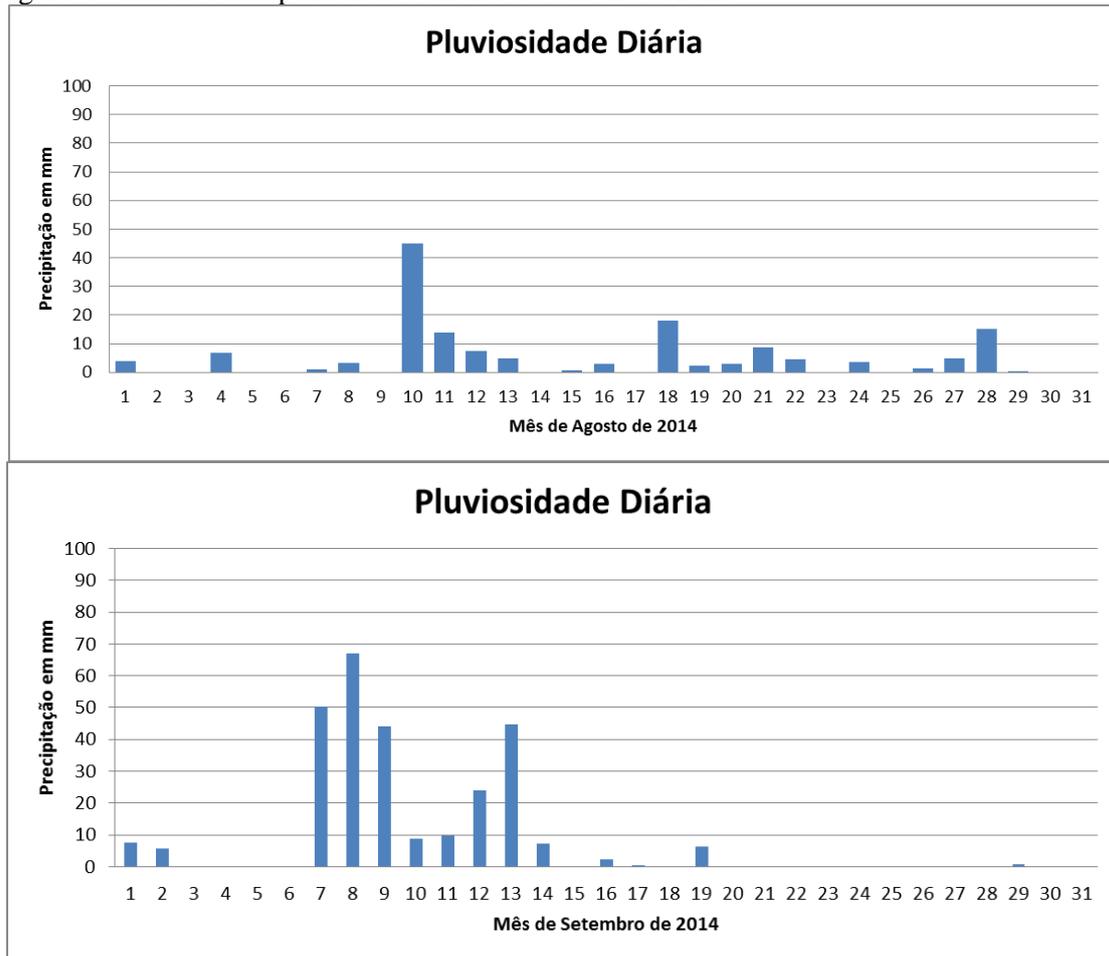
Segundo o boletim do infoclima/progclima (CPTEC/INPE) houve déficit pluviométrico sobre a borda oriental do NE, com exceção de Alagoas no mês de agosto, como apontado no gráfico de pluviosidade diária onde se observa que o dia com maior quantitativo pluviométrico em Camaragibe foi à data 10/08, onde se percebe apenas um pouco mais de 40 mm de chuva.

No mês de setembro ocorreram significativas precipitações durante sua primeira quinzena, com destaque para os dias 07/09, 08/09 e 09/09, cujo volume de pluviosidade diária chegou no dia 08/09 em quase 70 mm (FIGURA 47). A frequência do evento em três dias seguidos foi culminante para acarretar respostas sobre o riacho Umas, no que se refere principalmente a inundações.

De acordo com o infoclima/progclima (CPTEC/INPE) as dinâmicas causadoras de precipitação sobre a costa leste do NE foram basicamente o efeito de brisa atrelado aos Distúrbios de Ondas de Leste, as quais provocaram pluviosidade desde o Rio Grande do Norte até a Bahia. A ação deste mecanismo atmosférico no tempo e no espaço é vista nas imagens de satélite Goes 13 realçada, nos horários de 9h, 12h, 15h, 18h, 21h e 23h30 minutos dos dias 07/09 e 08/09 e a dispersão do fenômeno no dia 09/09 com as imagens das 9h, 12h e 15h (FIGURA 48). Este evento meteorológico levou a episódios de inundação no riacho Umas, contudo como percebido nas análises dos outros cenários, apresentando diferenças de acordo com a morfologia de cada trecho do canal.

As imagens os do efeito de brisas e também dos Distúrbios Ondulatórios de Leste não estão tão evidentes como nos episódios ocorridos em Junho, todavia, observa-se grande nebulosidade no setor leste da região nordeste. Portanto, estas foram responsáveis pelo volume pluviométrico que caiu sobre o município de Camaragibe, por conseguinte ocasionando episódios de inundação brusca no Riacho Umas. As chuvas ocorridas em setembro segundo o infoclima/progclima (CPTEC/INPE) representam a variabilidade intrassazonal que se mostraram atuantes no Brasil entre setembro e outubro.

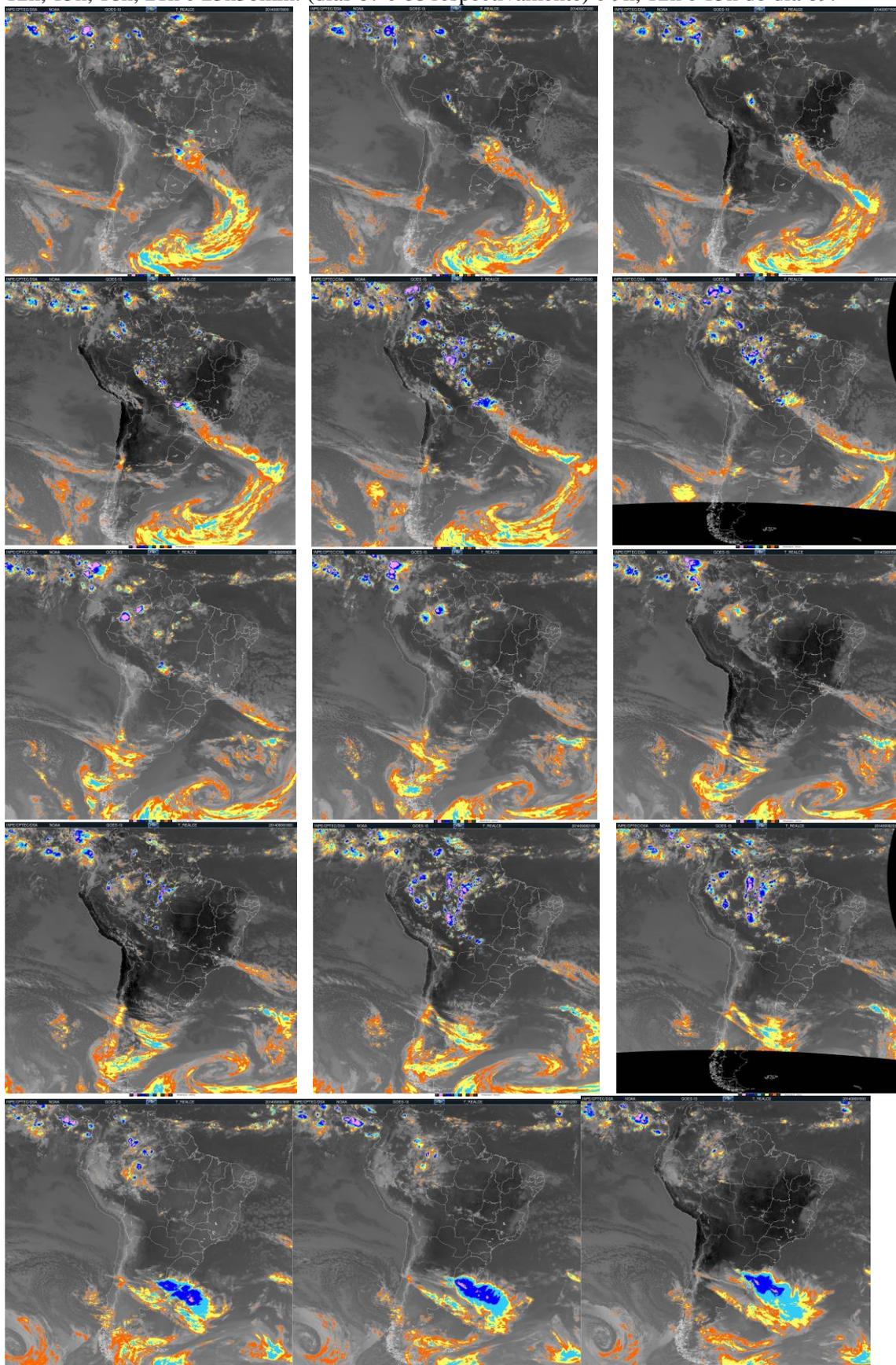
Figura 47: Meses correspondentes à análise do terceiro cenário



Fonte: APAC, adaptado pelo autor.

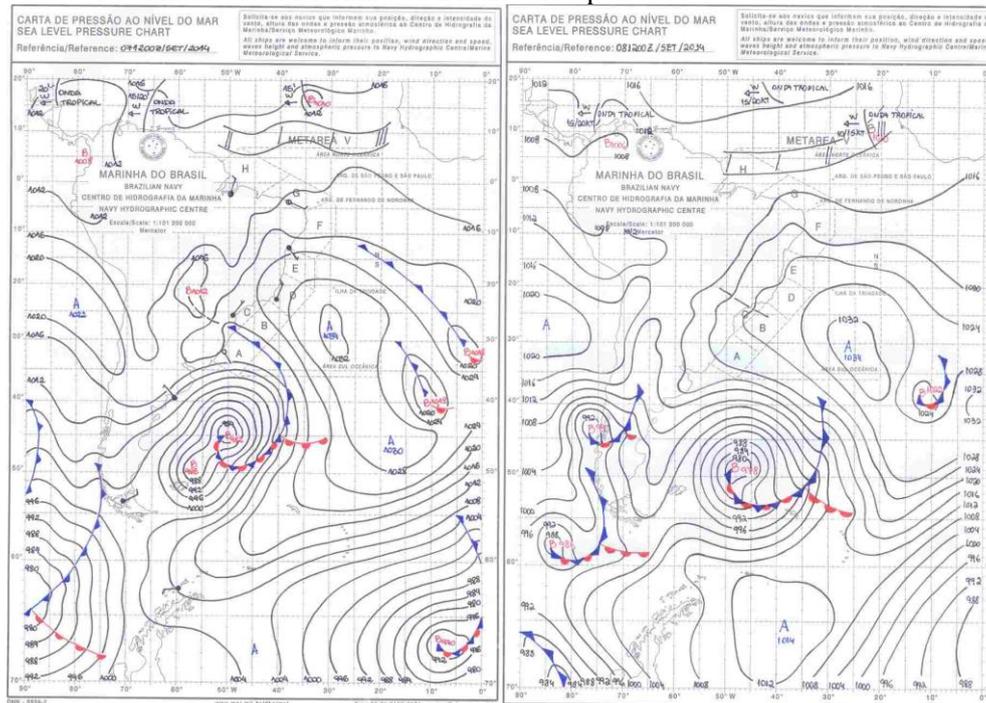
É possível que células de alta pressão que aparecem mapeadas pelas cartas sinóticas da Marinha do Brasil tenham influenciado, principalmente levando umidade para as áreas de atuação das ondas leste. Ver-se na carta do dia 07/08 um sistema frontal sobre o oceano Atlântico relativamente perto da costa do nordeste. Este pode ter trazido umidade que foi usada pelos sistemas de brisas e DOL (FIGURA 49).

Figura 48: Dinâmica atmosférica ocorrida nos dias 07, 08 e 09 de setembro. Os horários são 9h, 12h, 15h, 18h, 21h e 23h30min. (dias 07 e 08 respectivamente) e 9h, 12h e 15h do dia 09.



Fonte: CPTEC/INPE

Figura 49: Cartas sinóticas da Marinha do Brasil correspondente aos dias 07/09 e 08/09.

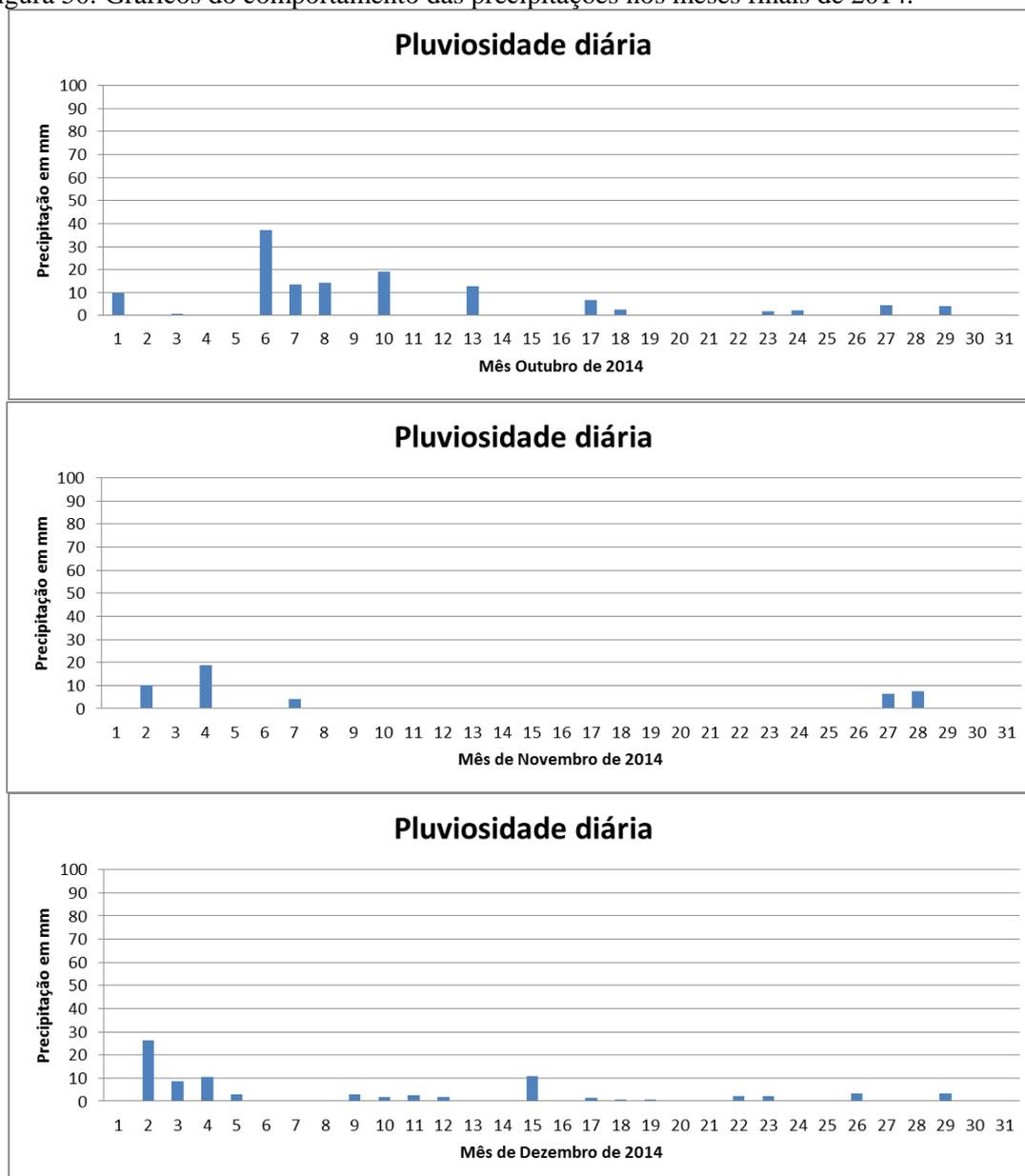


Fonte: Marinha do Brasil

Os meses posteriores apresentaram baixa precipitação como pode ser observado nos gráficos de pluviosidade diária (FIGURA 50). Segundo o infoclima/progclima (CPTEC/INPE) houve chuvas concentradas na costa leste do NE, todavia, com destaque para Alagoas e os reflexos sobre a RMR não foram significativos. Os relatórios do infoclima/progclima (CPTEC/INPE) apontam o aquecimento das águas do Atlântico Norte e o resfriamento do Atlântico Sul onde esta configuração de dipolo de anomalias da TSM tem forte correlação de déficit pluviométrico no norte e nordeste do Brasil. Há de ser salientado que neste período as chuvas na região NE ocorrem no interior, principalmente no semiárido.

Voltando a dinâmica climática sobre Camaragibe no mês de outubro o dia com maior quantitativo pluviométrico teve pouco mais de 35 mm sem continuidade do volume nos dias seguintes. Já nos meses de novembro e dezembro as precipitações ocorridas no município de Camaragibe este quantitativo foram ainda menores, cujo dias com maiores volumes de chuva foram 19 mm e 25 mm respectivamente. Ou seja, retorna o período seco e conseqüentemente não há energia o suficiente para causar resposta sobre o riacho Umas.

Figura 50: Gráficos do comportamento das precipitações nos meses finais de 2014.



Fonte: APAC, adaptado pelo autor.

As respostas aos distúrbios de setembro foram analisadas em visita a campo no dia 08/09/2014, isto é, aquele que obteve maior volume pluviométrico entre os três dias de precipitações mais relevantes do mês. Foi registrado o comportamento do riacho Umas no que se refere ao processo de inundação no seu médio e baixo curso diante de seus aspectos morfológicos.

No trecho do *knickpoint* onde existia a antiga barragem ver-se a turbulência do fluxo hídrico e o comportamento extremamente caótico do mesmo por conta do leito rochoso. Contudo como já analisado anteriormente este tipo canal tem como

característica pouca capacidade de reajuste lateral. O nível da água chegou praticamente no mesmo ponto a qual foi verificado no segundo cenário, portanto o gráfico do primeiro ponto (FIGURA 35) também serve como indicador de onde a água chegou nestes episódios de chuva em setembro. A imagem a seguir (FIGURA 51) representa o mesmo ponto no período seco e durante o evento chuvoso.

Figura 51: Trecho da antiga barragem no período seco 15/04 (a) e durante as precipitações do dia 08/09 (b).



Fonte: Próprio autor.

Na parte do canal fluvial onde foi realizado o segundo perfil transversal e o riacho Umas também apresenta leito rochoso com formação de cascata e piscina observa-se fluxo turbulento entre os *Knickpoint*. Durante o evento chuvoso as piscinas dão lugar à formação de pequenas corredeiras, entretanto também neste ponto por fisionomia do leito do canal não ocorre reajuste lateral (FIGURA 52). Portanto tem-se a ideia que são necessários eventos muito maiores aos ocorridos em 2014 para causar respostas morfológicas neste ponto do canal, como também no primeiro. O nível aonde as águas chegaram podem ser representado pelo mesmo gráfico do cenário anterior.

Com relação aos riscos da população ribeirinha nestes pontos dar-se o mesmo raciocínio acima, ou seja, apenas eventos com volumes pluviométricos superiores aos do referido ano são capazes de causar transtornos diretos aos moradores deste trecho. Por conseguinte a classificação dos estilos fluviais pode ser uma ferramenta interessante de análise de rios em áreas urbanas para indicar a susceptibilidade as inundações e a possível vulnerabilidade dos habitantes que ocupam as proximidades dos canais fluviais. Nas imagens abaixo apontam o segmento do riacho Umas em seu período seco e como o fluxo hídrico se comporta durante um evento pluviométrico significativo.

Figura 52: Comportamento do fluxo hídrico durante cenários climáticos diferentes. Período seco (a)- 15/04 e úmido durante o distúrbio (b)- 08/09.



Fonte: Próprio autor.

As próximas imagens, tanto da margem direita, quanto da esquerda (FIGURA 53), talvez deixem mais claro o que foi discutido acima em relação à morfologia de leito neste trecho do riacho Umas e o risco de inundação atingir diretamente as residências que margeiam o canal. Neste caso só um evento de maior magnitude pode causar danos materiais ou até perdas de vidas humanas no que se refere a este ponto, assim como também no primeiro.

Figura 53: Margem direita (a) e margem esquerda (b) do riacho Umas antes da ponte. Trecho correspondente a proximidades do ponto dois (08/09).



Fonte: Próprio autor.

Observa-se a dinâmica do riacho Umas durante o episódio chuvoso (70 mm) ocupando suas planícies de inundação e depositando seus sedimentos, os quais podem ser visualizados na figura 39 do segundo cenário. Na margem esquerda a distância das casas em relação ao leito menor e respeitando o limite do espaço onde as águas

expandem durante o período de inundação diminuem o risco da população de serem atingidas de forma direta pelo evento natural (FIGURA 54).

Figura 54: Ocupação do fluxo hídrico sobre as planícies de inundação. Imagem (a) corresponde à margem esquerda e a imagem (b) a margem direita (08/09).



Fonte: Próprio autor.

Na parte meandrante do riacho Umas constata-se a ação das águas no processo erosivo sobre o ponto côncavo e sua deposição na planície de inundação formada por acreção lateral (FIGURA 55). O material erodido corresponde ao antigo terraço fluvial abandonado. Neste ponto segundo relatos da população local a prefeitura de Camaragibe planeja retificar o canal e construir uma praça sobre o terraço. Essa possível intervenção pode modificar os processos neste local, porque com a retificação artificial deste trecho do canal os processos erosivos e deposicionais nos meandros cessariam, contudo, o fluxo hídrico se tornará mais acelerado, a qual terá uma resposta possivelmente de inundação mais significativa em trechos posteriores à retificação.

Figura 55: Ação do fluxo hídrico sobre a parte côncava do meandro (08/09).



Fonte: Próprio autor.

Nas imagens abaixo se constata a planície de acreção lateral no período de pós-perturbação e posteriormente no período durante o evento pluviométrico (FIGURA 56).

Figura 56: Planície de acreção lateral retratada no segundo cenário (a)- 27/06 e posteriormente no terceiro cenário (b)- 08/09.



Fonte: Próprio autor.

Em seu trecho anastomosado pode ser visto a expansão do fluxo hídrico sobre as margens provocando pequenos ajustes laterais, principalmente na margem direita do riacho Umas. A continuidade deste processo pode comprometer as residências desta borda do canal, enquanto na margem esquerda a ocupação das casas em cima da planície de inundação oferece grande risco aos seus ocupantes (FIGURA 57).

Figura 57: Margem esquerda do riacho Umas (a) e margem direita (b) no trecho anastomosado (08/09).



Fonte: Próprio autor.

No baixo curso durante o processo de perturbação ocasionado pelas precipitações ocorridas nos dias 08/09 observa-se nas imagens o comportamento do fluxo hídrico diante do vale lateralmente não confinado, cujos ajustes horizontais são

percebidos pela expansão da água sobre a planície de inundação do canal fluvial com material para deposição predominantemente em carga suspensa, com pouco aporte de sedimentos. Esta é uma relação natural de um ambiente fluvial, contudo quando entra nesta dinâmica relacional à variável antrópica, um processo de inundação brusca como este se torna um risco para a população que ocupa de forma indevida a planície de inundação, levando a estas uma situação de vulnerabilidade diante das dinâmicas fluviais.

As razões as quais conduziram a ocupação urbana nesta área não são discutidas com mais profundidade pelo fato de não ser objetivo da pesquisa, entretanto, as questões socioeconômicas podem estar como uma das razões principais, tomando por base o índice Gini (0,58) do município de Camaragibe, ou seja, quanto mais perto de 1(um) maior é a relação de desigualdade. Além de falta de políticas habitacionais e a não aplicação da lei de uso e ocupação do solo (lei 032/97) que classifica esses ambientes como Área de Urbanização Restrita (AUR), ou seja, espaços urbanos que pela sua geomorfologia desfavorável à urbanização comportam um baixo potencial construtivo.

A imagem abaixo (FIGURA 58) corresponde ao mesmo trecho do riacho Umas no período seco e posteriormente no úmido durante a perturbação, portanto a resposta no baixo curso dar-se a partir da expansão do fluxo hídrico para as planícies de inundação causando significativos transtornos a população.

Figura 58: Mesmo trecho do baixo curso do riacho Umas no período seco (a)- 15/04 e úmido durante a perturbação (b)- 08/09.



Fonte: Próprio autor.

A expansão do fluxo hídrico ocorreu para além das casas que margeiam o riacho. Umás indicando que a inundação não se limitou até as linhas de ocupação habitacional como é verificado na imagem a seguir (FIGURA 59), com a água ocupando a rua que fica atrás das residências que abrangem a borda do canal, isto é, toda a planície de inundação. Este fato pode também ser observado no gráfico do perfil transversal do ponto 03.

Figura 59: Inundação se expande para além das linhas de casas que estão sobre as margens do canal (margem esquerda) 08/09.



Fonte: Próprio autor.

As casas da margem esquerda são mais atingidas pelo processo de inundação em relação as da margem direita (FIGURA 60). Isto ocorre pelo fato das residências do lado direito foram construídas sobre o terraço abandonado e, por conseguinte, configurando como leito excepcional que só é atingido por um evento de grande magnitude. Já os domicílios da margem esquerda estão dispostos por sobre a planície de inundação propriamente dita.

É evidente que essas inundações não levaram a relevantes perdas materiais e muito menos foi registrado perdas de vidas humanas, entretanto, ocorrem transtornos significativos como o contato desses habitantes com a água, principalmente aqueles que precisaram sair de suas casas. Algumas pontes ficam sem acesso durante o processo de inundação dificultando a locomoção dos moradores de um lado a outro do canal fluvial (FIGURA 61).

Figura 60: A residências da margem esquerda do riacho Umas são atingidas de forma direta pela inundação. A seta indica a direção do fluxo (08/09).



Fonte: Próprio autor.

Figura 61: O acesso a ponto fica comprometido durante o processo de inundação do riacho Umas. A seta indica direção do fluxo (08/09).



Fonte: Próprio autor.

Em seu trecho final correspondente ao gráfico do ponto 04 (FIGURA 62) a expansão das águas sobre as planícies de inundação é menor como constatado na imagem (FIGURA 63) e corroborado pelo próprio gráfico. A foto foi retirada de cima da ponte que leva para a Estrada de Aldeia (PE 05) e posteriormente a passagem pela ponte o riacho Umas se encontra com o rio Camaragibe.

Figura 62: Gráfico do perfil transversal (em metros) do ponto 04 correspondente ao trecho final do riacho Umas.



Fonte: Próprio autor.

Figura 4

Figura 5: Trecho final do riacho Umas durante o processo de inundação. A seta indica direção do fluxo (08/09).



Fonte: Próprio autor.

Para compreender melhor a forma de ocupação sobre a área de estudo confeccionou-se o mapa de uso e ocupação do solo do município de Camaragibe onde se constata que o riacho Umas tem ao seu redor três formas de uso diferentes, as quais são áreas em construção, cultura arbórea e arbustiva e área construída, sendo a segunda uma reserva florestal protegida por lei. Entretanto, o foco da pesquisa foi o médio e baixo curso correspondente à área construída.

Por configura-se como ocupação urbana construída a relação de conectividade vertente-canal é modificada no que se refere à entrada do fluxo hídrico, ou seja, com

parte das vertentes impermeabilizadas por conta de construção de escadarias e pavimentação transformando patamares em ruas faz com que não haja percolação de parte do quantitativo pluviométrico direcionando-o, devido à gravidade, com mais velocidade para o canal fluvial provocando inundações bruscas. Todavia, com analogia com os mapas de curvatura das encostas e direção de fluxo do ponto de vista do escoamento superficial.

Os exemplos abaixo apontam escadarias construídas pela prefeitura para melhor locomoção dos moradores, contudo acabam se tornando superfícies de escoamento rápido das águas pluviais que adentram o riacho Umas corroborando com o processo de inundação brusca, principalmente em dias de precipitações consecutivas (FIGURA 64).

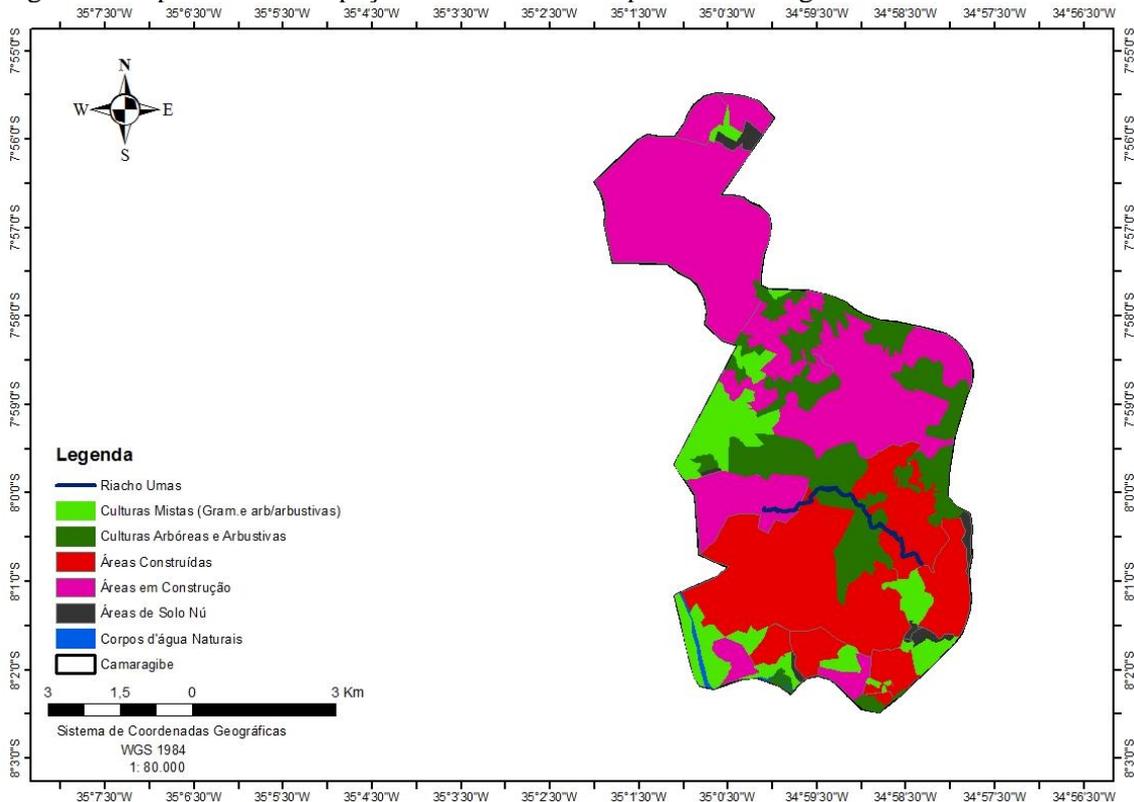
Figura 6: Escadarias construídas sobre as encostas que contribuem para o escoamento mais rápido das águas pluviais para o riacho Umas.



Fonte: Próprio autor.

As formas de uso do solo em Camaragibe são visualizadas espacialmente no mapa a seguir com o respectivo mapa (FIGURA 65). Para além da área de estudo observa-se que o município está em processo de crescimento urbano para norte, mapeado como áreas em construção. Ao compararmos com o mapa das unidades geomorfológicas ver-se que esta expansão direciona-se para a unidade dos tabuleiros pouco dissecados, mas que sem um planejamento adequado pode iniciar processos erosivos.

Figura 7: Mapa de uso e ocupação do solo do município de Camaragibe



Fonte: Imagem Google Earth Pro/Metodologia FAO, adaptado pelo autor.

O mapa de direção de fluxo, representado na metodologia, indica a direção a qual o fluxo hídrico irá tomar em relação a cada encosta durante um processo de precipitação. Por conseguinte a direção de fluxo das vertentes que margeiam o riacho Umas são as mais importantes para análise, todavia, constata-se que sobre a margem direita do canal ocorre a predominância das direções norte e nordeste, com alguns pontos em sudeste, onde a orientação dos dois primeiros pode levar a confluência das águas o que pode conduzir a um maior volume para o canal fluvial contribuindo para os episódios de inundações bruscas, atrelado ao mapa de declividade é possível ter uma ideia da velocidade também, já que temos a ação da força de gravidade com a força cinética. Na margem esquerda prevalece às direções oeste e sul havendo a confluência antes da água chegar ao canal.

O mapa de curvatura das encostas que se encontra nos procedimentos metodológicos (FIGURA 11), além de várias outras variáveis que podem ser analisadas, indica como as vertentes que margeiam o riacho Umas se comportam diante do escoamento superficial do fluxo hídrico, e, conseqüentemente como este se conecta com o canal em uma relação processo-resposta. Salientando que esta modelagem comparada ao mapa de uso e ocupação do solo configura em afirmar que a forma predominante de vertente e seus respectivos processos de escoamento superficial podem ainda ser potencializados pela urbanização, no que se refere à impermeabilização destas unidades de relevo.

A forma dominante das vertentes diante da modelagem feita a partir das curvas de nível foi à convexa-planar, ou seja, esse tipo de forma é dispersor de água que caracteriza a maneira sobre a qual estas unidades morfológicas drenam o escoamento superficial para o riacho Umas. Portanto, o entendimento e a classificação das vertentes em relação ao escoamento superficial pode fornecer uma ideia da conectividade entre os sistemas morfológicos com os sistemas em cascata na produção de respostas sensíveis do riacho Umas no que se refere a processo de inundação brusca e capacidade de ajustes do canal fluvial.

De certo que a maioria dos estudos que aplicaram esta metodologia das curvaturas das encostas teve com objetivo maior a análise da susceptibilidade das mesmas a movimentos de massa (Dikau, 1990; Valeriano, 2003; Torres, 2014). Contudo no presente trabalho tentou-se adaptar a ideia para compreender o escoamento superficial das vertentes e diante da relação de conectividade com o canal verificar suas respostas sobre o mesmo. Atrelando também aos mapas de declividade das encostas, direção do fluxo e uso e ocupação do solo.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudar as relações dinâmicas complexas e não lineares entre ações atmosféricas e suas respostas no que se refere à sensibilidade sobre bacias hidrográficas e conseqüentemente rios pode ser uma perspectiva de análise no mínimo interessante para a gestão desses espaços, mormente quando se trata de áreas urbanizadas cujas mudanças no uso e ocupação do solo interferem direta e indiretamente nas relações naturais destes sistemas.

Os canais fluviais são unidades morfológicas extremamente dinâmicas e variáveis em suas formas as quais se adaptam as condições do ambiente nos quais estão inseridos refletindo na paisagem suas influências tectônicas e climáticas. O riacho Umas não foge a este comportamento, todavia, ainda com a variável urbana que influenciam de forma direta e indireta nas repostas sensíveis do respectivo canal.

Os resultados na escala de tempo utilizados na pesquisa em relação ao nível de onde a água chegou durante os eventos chuvosos foram praticamente o mesmo, com pouca variação nos quantitativos pluviométricos e no nível do fluxo hídrico ao longo da inundação no decorrer dos cenários chuvosos. Embora a característica não linear dos sistemas atmosféricos ficou evidente diante das precipitações de setembro.

Na escala espacial, mesmo que de detalhe, observou-se variabilidade das respostas principalmente diante das diferenças da morfologia do canal, isto é, diante desta configuração ficou evidente que na parte do canal de leito rochoso confinado, devido suas características, não houve reajuste no canal fluvial (riacho Umas). No meandro que se forma entre dois pontos de *knickpoint* percebe-se ajustes gerando respostas sensíveis sobre sua margem côncava. Em seu baixo curso classificado como de vale lateralmente não confinado o *feedback* deu-se através da expansão das águas sobre as planícies de inundação ao longo do evento pluviométrico levou a transtornos para a população ribeirinha, e as que as respostas geomorfológicas é pouco perceptível, já que a predominância da carga de sedimentos é em suspensão.

A sensibilidade do riacho Umas foi observada durante a escala de tempo utilizada no trabalho (0 a 1 ano), neste caso 2014, variando de acordo com a morfologia do canal fluvial e como estas respondem de forma diferente as perturbações, do ponto de vista dos ajustes naturais de um rio, todavia, como também a população ribeirinha é atingida pelos eventos de inundação de forma distinta. Porventura, aqueles que ocupam

o baixo curso do canal fluvial apresentam-se mais vulneráveis aos processos de inundações bruscas.

Por conseguinte, relacionaram-se os episódios de inundações com as assembleias de formas de relevo que estão dispostas aos arredores do riacho Umas constatando, sobretudo no que condizem as vertentes que margeiam o canal fluvial com o intuito de entender se a conectividade existente entre vertente-canal contribui com os episódios de inundações bruscas, logo, devido às características da direção de fluxo, declividade das encostas, curvatura das vertentes verificou-se o auxílio dessas formas no escoamento superficial para o canal fluvial.

Há de salientar que diante da escala de tempo utilizada e da dinâmica atmosférica de baixa pluviosidade as respostas encontradas sobre o riacho Umas não provocaram *feedback* positivo, configurando, portanto, um quadro de estabilidade assintótica, ou seja, as perturbações ocorridas sobre o riacho Umas durante o ano de 2014 levaram a pequenos reajustes.

## 7 REFERÊNCIAS

ALHEIROS, M.; LIMA FILHO, M. F.; A Formação Barreiras, In: LIMA FILHO *et al*, **Estudos Geológicos: revisão geológica da faixa costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte**. Recife, 1991. DGEO, SÉRIE B: ESTUDOS E PESQUISAS.

AMARAL, R.; RIBEIRO, R.R. Inundações e Enchentes. In: TOMINAGA, L.K.; Desastres Naturais: Por que ocorrem. in: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.). **Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir**. São Paulo, Instituto Geológico (Secretaria de Meio Ambiente), 1ª ed. 2009, 196p.

BANDEIRA, A.P.N., **Mapa de risco de erosão e escorregamento das encostas com ocupações desordenadas no município de Camaragibe - PE**. 209f. Dissertação de mestrado (Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2003.

BARBOSA J. A. **Evolução da Bacia Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno Formações Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil**. Universidade Federal de Pernambuco. Dissertação. Recife, 2004.

BARBOSA, J. A.; LIMA FILHO, M. F. **Aspectos estruturais e estratigráficos da faixa costeira recife-natal observados através de dados de poços**. Boletim de Geociências da Petrobrás, (14) 2: 287-305. 2006.

BARROS, A. C. M.; **Avaliação da desconexão encosta-canal na bacia do Riacho Grande/PB**. Recife, 2014. 138 folhas Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Geografia.

BARROS, Juliana.;ZAVATTINI, João. "BASES CONCEITUAIS EM CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA (the conceptual bases in geographicalclimatology)" *Revista Mercator* [Online], Volume 8 Número 16 (9 outubro 2009).

BAR-YAM, Y. **Complexity Rising: From Human Beings to Human Civilization, a Complexity Profile**. *Encyclopedia of Life Support Systems*, (United Nations, Oxford,UK, 2002); also NECSI Report 1997-12-01 .December, 1997.

BDE - Banco de Dados do Estado de Pernambuco - <http://www.bde.pe.gov.br/estruturacaogeral/PerfilMunicipios.aspx> Acessado em: 15/02/2014 as 16:00h30min.

BORSATO, V. A.; SOUZA-FILHO, E. E. **O ritmo climático e episódios pluviométricos no ano de 1980 na vertente ocidental da Bacia do Alto Rio Paraná Brasil**. Geografia (Londrina), v. 17, p. 83 – 109, 2008a.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a Geografia Física Brasileira**. 2ª.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 153-192.

BRACKEN, L. J.; WAINWRIGHT, J. **Equilibrium in the balance? Implications for landscape evolution from dryland environments**. *Geological Society, London, Special Publications* 2008, v.296; p29-46.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. **Geomorphology and river management: applications of the river styles framework**. Victoria: Blackwell Publishing (commerce place, 350 main street, Malden, ma02148, USA), 2005. 398p.

BRUNSDEN, D. **A critical assessment of the sensitivity concept in geomorphology**. *King's College, London, Strand, London, UK, Catena* v. 42, p. 99-123, 2001.

BRUNSDEN, D. Geomorphological events and landform change. **Zeitschrift für Geomorphologie**, v. 40, p. 273-288, 1996.

BURCHSED, D.; DANIELS, M.; WOHL, E.E. **Introduction to the special issue on discontinuity of fluvial systems**. *Geomorphology*. p. 1-4, 2014.

CARVALHO, Luiz Eugênio Pereira. **Os descaminhos das águas na Metrópole: a socionatureza dos rios urbanos**. Recife, 2011. 184 folhas Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Geografia.

CARVALHO, Luiz Eugênio Pereira. **Os descaminhos das águas no Recife: os canais, os moradores e a gestão**. Recife, 2004. 140 folhas Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Geografia.

CASTRO, J.W.A. e ALHEIROS M.M. **Diagnóstico de risco de erosão costeira na praia de boa viagem**, recife, PE. 38º congresso brasileiro de geologia, Bauneário Camburiú- SC, 1999.

CAVALCANTI, I. F. A, FERREIRA, NELSON J. , DIAS, M. ASSUNÇÃO F. da SILVA, SILVA, M. GERTRUDES A. JUSTI da. **Clima e Tempo no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CAVALCANTI, I.F.A.; KOUSKY, V.E. Frentes Frias sobre o Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A, FERREIRA, NELSON J. , DIAS, M. ASSUNÇÃO F. da SILVA, SILVA, M. GERTRUDES A. JUSTI da. **Clima e Tempo no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CECÍLIO, R.A.; REIS, E.F. **Apostila didática: manejo de bacias hidrográficas**. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, 2006. 10p.

CHARLTON, R. **Fundamentals of Fluvial Geomorphology**. New York/London: Routledge, 2008. 275p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: 1º Reimpressão, Ed. Edgar Bluncher Ltda, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. L. H. Sistemas dinâmicos: as abordagens da teoria do caos e da geometria fractal em geografia. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: 5ª edição, Bertrand Brasil, 2011. p. 89-110.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgar Blucher, 1999 7ª reimpressão.

COELHO NETTO, Ana L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T e CUNHA, S.B. (eds). **Geomorfologia – Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 5ª edição, 2007. p. 149-209.

COHEN, J.; CAVALCANTI, I F.A; BRAGA, R.H.M.; NETO, L.S. Linhas de Instabilidade da costa N-NE da América do Sul. In: CAVALCANTI, I. F. A, FERREIRA, NELSON J. , DIAS, M. ASSUNÇÃO F. da SILVA, SILVA, M. GERTRUDES A. JUSTI da. **Clima e Tempo no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CONTI, J. B.; **Resgatando a fisiologia da paisagem**. Revista do Departamento de Geografia USP São Paulo, v.14 p. 59 – 68. 2001.

CORRÊA, A.C.B. **Contribuição a análise do Recife como um Geossistema Urbano**. Revista do Departamento de Geografia DCG/Napa-UFPE Recife, v.23. nº 3 jul/dez. 2006.

CPRM, **O Sistema de Informações Geoambientais da região metropolitana do recife**. Recife 2003.

CPTEC – INPE - Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais <<http://www.inpe.br/>> Acessado em 28/11/2014 às 14h25min.

CPTEC/INPE – Infoclima: Boletim de informações climáticas. Ano 21, número 1, Mês de Janeiro de 2014.

CPTEC/INPE – Infoclima: Boletim de informações climáticas. Ano 21, número 2, Mês de Fevereiro de 2014.

\_\_\_\_\_ - Infoclima: Boletim de informações climáticas. Ano 21, número 3, Mês de Março de 2014.

\_\_\_\_\_ - Infoclima: Boletim de informações climáticas. Ano 21, número 4, Mês de Abril de 2014.

\_\_\_\_\_ - Infoclima: Boletim de informações climáticas. Ano 21, número 5, Mês de Maio de 2014.

\_\_\_\_\_ - Infoclima: Boletim de informações climáticas. Ano 21, número 6, Mês de Junho de 2014.

\_\_\_\_\_ - Infoclima: Boletim de informações climáticas. Ano 21, número 7, Mês de Julho de 2014.

\_\_\_\_\_ - Infoclima: Boletim de informações climáticas. Ano 21, número 8, Mês de Agosto de 2014.

\_\_\_\_\_ - Infoclima: Boletim de informações climáticas. Ano 21, número 9, Mês de Setembro de 2014.

\_\_\_\_\_ - Infoclima: Boletim de informações climáticas. Ano 21, número 10, Mês de Outubro de 2014.

\_\_\_\_\_ - Infoclima: Boletim de informações climáticas. Ano 21, número 11, Mês de Novembro de 2014.

\_\_\_\_\_ - Infoclima: Boletim de informações climáticas. Ano 21, número 12, Mês de Dezembro de 2014.

CPTEC/INPE – Progcilma: Boletim prognóstico climático. Ano 11, número 1, Mês de Janeiro de 2014.

CPTEC/INPE – Progcilma: Boletim prognóstico climático. Ano 11, número 2, Mês de Fevereiro de 2014.

\_\_\_\_\_ - Progcilma: Boletim prognóstico climático. Ano 11, número 3, Mês de Março de 2014.

\_\_\_\_\_ - Progcilma: Boletim prognóstico climático. Ano 11, número 4, Mês de Abril de 2014.

\_\_\_\_\_ - Progcilma: Boletim prognóstico climático. Ano 11, número 5, Mês de Maio de 2014.

\_\_\_\_\_ - Progcilma: Boletim prognóstico climático. Ano 11, número 6, Mês de Junho de 2014.

\_\_\_\_\_ - Progcilma: Boletim prognóstico climático. Ano 11, número 7, Mês de Julho de 2014.

\_\_\_\_\_ - Progcilma: Boletim prognóstico climático. Ano 11, número 8, Mês de Agosto de 2014.

\_\_\_\_\_ - Progcilma: Boletim prognóstico climático. Ano 11, número 9, Mês de Setembro de 2014.

\_\_\_\_\_ - Progcilma: Boletim prognóstico climático. Ano 11, número 10, Mês de Outubro de 2014.

\_\_\_\_\_ - Progcilma: Boletim prognóstico climático. Ano 11, número 11, Mês de Novembro de 2014.

\_\_\_\_\_ - Progcilma: Boletim prognóstico climático. Ano 11, número 12, Mês de Dezembro de 2014.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia - uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: 7ª edição, Bertrand Brasil, 2007.

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

DIKAU, R.H. **Derivatives from detailed geoscientific map using computer methods**. Z. Geomorph. N. F. Suppl. Bd. 80. Berlim-Stuttgart, p. 45-55, 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 2ª ed., 2009, 306p. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/sibcs/download/ata10.pdf>> Acessado em 05 março 2014.

FERREIRA, N. J.; RAMIREZ, M.V.; GAN, M.A. Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis que atuam na vizinhança do Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A., FERREIRA, NELSON J. , DIAS, M. ASSUNÇÃO F. da SILVA, SILVA, M. GERTRUDES A. JUSTI da. **Clima e Tempo no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

GIRÃO, O; CORRÊA, A. C. B.; NÓBREGA, R. S. e DUARTE, C. C. O Papel do Clima nos Estudos de Prevenção e Diagnóstico de Riscos Geomorfológicos em Bacias Hidrográficas na Zona da Mata Sul de Pernambuco. In: GUERRA, A. J. T. & OLIVEIRA JORGE, M. C. (org), **Erosão e Movimentos de Massa: Recuperação de Áreas Degradadas e Prevenção de Acidentes**, 2013.

GIRÃO, Osvaldo. **Análise de processos erosivos em encostas na zona sudoeste da cidade do Recife – Pernambuco**. 305 folhas. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza. Rio de Janeiro: UFRJ / CCMN, 2007.

GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. B.; GUERRA, A. J. T. Influência da climatologia rítmica sobre áreas de risco: o caso da Região Metropolitana do Recife para os anos de 2000 e 2001. In: **Revista de Geografia, UFPE/DCG-NAPA: Recife, Jan/Abr v.23, nº1**, 2006.

GOUDIE, A. S. **Human influence in geomorphology**. Geomorphology, v.7, p. 37-59. Amsterdam, 1993.

GOUDIE, A. S. **Global warming and fluvial geomorphology**. Geomorphology, v.7, p. 384-394, 2006.

GREGORY, K. J. **The human role in changing river channels**. *Geomorphology*, v.79, p. 172-191, 2006.

HÉTU, B. **Uma Geomorfologia socialmente útil: os riscos naturais em evidência**. *Revista Mercator*. Fortaleza, ano 2, n. 3, 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística <<http://www.ibge.gov.br/home/>> Acessado em: 15/02/2014 as 20:00h35min.

IBGE, **Manual Técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro – RJ: IBGE, 2º edição, 175 pp. 2009.

IBGE, **Sinopse do senso demográfico 2010**. Rio de Janeiro – RJ: IBGE, 1º edição, 261 pp. 2011.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Assessoria técnica para a estabilização de encostas, recuperação da infra-estrutura urbana e reurbanização das áreas de risco atingidas por escorregamentos na área urbana do município de Campos do Jordão, SP. **Relatório Técnico 64.399**, São Paulo, 2002.

JORGE, M.C.O. Geomorfologia urbana: Conceitos, metodologias e teorias. In: Antônio Jose Teixeira Guerra. (Org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2011, v. 1, p. 117-145.

KAYANO, M.T.; ANDREOLI, R.V.; Clima da Região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A, FERREIRA, NELSON J. , DIAS, M. ASSUNÇÃO F. da SILVA, SILVA, M. GERTRUDES A. JUSTI da. **Clima e Tempo no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO; I.P.V.O; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLER, G.S.F.; RUDORFF; F.M. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba-PR: Organic Trading, 1º Edição, 2006.

KRISHNAMURTI, T.N.; STEFANOVA, L.; VASUBANDHU, M. **Tropical Metereology: an introduction**. New York (USA): Springer, 2013.

LAMEP/ITEP – Laboratório de Meteorologia do ITEP/ Instituto de Tecnologia de Pernambuco. <<http://www.itep.br/home/>> acessado em 20/06/14.

LEPSCH, I.F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo. Oficina de textos, 2002. 178 p.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. **Indicadores hidrológicos em áreas florestais**. *IPEF* v. 12, n. 31, p. 53-64. 1998.

LIMBERGER, L. **Abordagem sistêmica e complexidade na geografia**. *Revista de Geografia da UNESP: São Paulo*, v.15, jul/dez. 2006.

MABESOONE. J.M.; e ALHEIROS M., Base estrutural, in: LIMA FILHO *et al*, **Estudos Geológicos: revisão geológica da faixa costeira de Pernambuco, Paraíba e**

**parte do Rio Grande do Norte.** Recife, 1991. DGEO, SÉRIE B: ESTUDOS E PESQUISAS.

MACHADO, L.A.T.; FERREIRA, N.J.; LAURENT, H.; DIEDHIOU, A. Distúrbios Ondulatórios de Leste. In:CAVALCANTI, I. F. A, FERREIRA, NELSON J. , DIAS, M. ASSUNÇÃO F. da SILVA, SILVA, M. GERTRUDES A. JUSTI da.**Clima e Tempo no Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MARANDOLA JR, E.; HOGAN, D.J. Natural Hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo (Annablume/ANNPAS/UNICAMP-NEPAM/CNPq), v. VII, n. 2, jul./dez. 2004, p. 95-109.

MATTEDI, M.A.; BUTZKE, I C. **A relação entre o social e o natural nas abordagens de hazards e de desastres.** Ambiente & Sociedade - Ano IV – Nº 9 – 2º Semestre de 2001.

MELO, A.B.C; CAVALCANTI, I.F.A.; SOUZA, P.P. Zona Intertropical do Brasil. In:CAVALCANTI, I. F. A, FERREIRA, NELSON J. , DIAS, M. ASSUNÇÃO F. da SILVA, SILVA, M. GERTRUDES A. JUSTI da.**Clima e Tempo no Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MORAES NOVO, E. M. L. Ambientes fluviais. In: FLORENZANO, T.; **Geomorfologia - conceitos e tecnologias atuais.** Oficina do Texto: São Paulo, 2008.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática. **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, vol.31, n. 57, p. 29-44, 1962.

MOLION, L.C.B.; BERNADO, S.O., **Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro.** Revista Brasileira de Meteorologia, São José dos Campos, SP, v.17, n.1, p. 2-10, 2002.

MOURA, R.; SILVA, L.A.A.;**Desastres naturais ou negligência humana?.** Revista Geografar (UFPR), v. 3, p. 58-72, 2008.

NETO, J. L. **Da climatologia geográfica à geografia do clima:** gênese,paradigmas e aplicações clima como fenômeno geográfico. **Revista da ANPEGE**, v. 4, p. 1-18, 2008.

NOGUEIRA, F. R. CARVALHO, C. S. GALVÃO, T. **Diagnóstico expedido da Gestão de risco em encostas nos Municípios Brasileiros.***11º Congresso Brasileiro de Geomorfologia de Engenharia e Ambiental ABGE.* Florianópolis: 2005

PALMIERI, F. e OLMOS, J.I.L. Pedologia e Geomorfologia. IN : GUERRA, A.J.T e CUNHA, S.B. (eds). **Geomorfologia e Meio Ambiente.** Brasil: Rio de Janeiro, 6ª edição, 2006. p. 59-122.

PELOGGIA, A. U. G. **A Ação do Homem Enquanto Ponto Fundamental da Geologia do Tecnógeno:** Proposição Teórica Básica e Discursão Acerca do Caso do Município de São Paulo. Revista Brasileira de Geociências. São Paulo, 1997.

PHILLIPS, J. D. **Nonlinear dynamical systems in geomorphology: revolution or evolution?** Department of Geography and Planning, East Carolina University, Greenville USA, 1992.

PHILLIPS, J. D. **Changes, perturbations, and responses in geomorphic systems.** Progress in Physical Geography, v. 33(1), p. 17-30, 2009.

RELATÓRIO DA 6ª CAMINHADA ECOLÓGICA. Conselho Municipal de saúde de Camaragibe, 2013.

ROBITA, S. M.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P. da; AMBRIZZI, T. **Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.25, n.2, 185 - 204, 2010.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, n.6, p;17-29, 1992.

RODRIGUES, C.; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I.C. Importância do fator antrópico na redefinição de processos geomorfológicos e riscos associados em áreas urbanizadas do meio tropical úmido. Exemplos na Grande São Paulo. In: GUERRA, A. J. T. & OLIVEIRA JORGE, M. C. (org), **Erosão e Movimentos de Massa: Recuperação de Áreas Degradadas e Prevenção de Acidentes**, 2013.

SCHEIDEGGER, A. E. **Limitations of the system approach in geomorphology.** Geomorphology, v.5, p. 213-217, 1992.

SCHOBENHAUS, C.; NEVES, Benjamim B.B. A geologia no contexto da Plataforma Sul-Americana. In: L. A. BIZZI, C. SCHOBENHAUS, R. M. VIDOTTI e J. H. GONÇALVES. (org) ,**Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**, 2003.

SCHUMM, S. A. **The fluvial system.** Caldwell: The Blackburn Press, 1977.

SILVA, A.C. **Caracterização das Influências Neotectônicas no Baixo Curso do Rio Capibaribe na Folha São Lourenço da Mata-PE (1:25.000)**, monografia, UFPE, 2013.79p, 2014.

SILVA, Felipe. P. C. **Elaboração de dados para a identificação e Caracterização das áreas de recorrência de desastres no município de Camaragibe: Um olhar sobre a estrutura urbana.** 50 f. Monografia de Graduação – Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Federal de Pernambuco, 2010.

SLAYMAKER, O.; SPENCER, T.; EMBLETON-HAMANN, C.; **Geomorphology and Global Environmental Change.** Cambridge University Press. Cambridge (UK), 2009. p. 434.

SOUZA, J.O.P. **Dos sistemas ambientais ao sistema fluvial – uma revisão de conceitos.** Caminhos da Geografia – revista online, v.14,n.46, p. 224 – 233. Uberlândia, 2013.

SUMMERFIELD, M.A. **Global geomorphology – an introduction to the study of landsforms**. Longman Scientific & Technical, 1991 - 537 páginas.

TEODORO, V. L. I. ; FULLER, B. B. ; TEIXEIRA, D ; COSTA, D. J. L. **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. In: Revista UNIARA, v. 20, p. 137-156, 2007.2006.

TORRES, F.S.M. **Carta de Suscetibilidade a Movimentos de Massa e Erosão do Município de Ipojuca-PE**. 80 folhas. Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Tecnologia e Geociências. Recife: UFPE/CTG, 2014.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. IBGE/SUPREN. Rio de Janeiro, 91p. 1977.

TOMINAGA, L.K.; Desastres Naturais: Por que ocorrem. in: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.). **Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir**. São Paulo, Instituto Geológico (Secretaria de Meio Ambiente), 1ª ed. 2009, 196p.

TUCCI, C.E.M. **Águas Urbanas**. Estudos Avançados 22 (63), 2008.

VALERIANO, M. M. Curvatura vertical de vertentes em micro bacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.539-546, 2003.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Versão digital 2. Recife 2006.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. **Abordagem sistêmica em geografia**. Revista de Geografia, Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 323-344, set./dez. 2003.

ZAVATTINI, J. A.; BOIN, M. N. **Climatologia geográfica: teoria e prática de pesquisa**. Campinas – SP: Ed. Alínea, 2013.