



RISCOS DE IMPACTOS HIDROMETEÓRICOS NA CIDADE DE TERESINA – PI

Aline de Araújo LIMA

Mestre em Geografia. Professora tutora do curso de graduação em Geografia no Centro de Educação Aberta e a Distância da Universidade Federal do Piauí.

alinelimapj@hotmail.com

<http://lattes.cnpq.br/1089736968858172>

Francisco de Assis VELOSO FILHO

Geógrafo, Doutor em Economia. Docente dos cursos de graduação e pós-graduação da Universidade Federal do Piauí. Departamento de Geografia e História.

aveloso@ufpi.edu.br

<http://lattes.cnpq.br/7661414820168309>

RESUMO: Os riscos ambientais podem ser identificados a partir de características naturais de cada espaço que justifica a dinâmica natural independente da ação antrópica. Em espaços urbanos isso é cada vez mais emergente para evitar danos especialmente para população mais vulnerável social e ambientalmente. Para contribuir com a discussão da problemática urbano-ambiental este trabalho tem como objetivo mapear as unidades geográficas mais propensas a acúmulo de água de acordo com o indicador forma das sub-bacias hidrográficas na cidade de Teresina (PI) a fim de que possa direcionar ações que reduzam os impactos negativos da ação das chuvas. A metodologia do trabalho foi identificar e classificar as unidades estudadas em quatro categorias: alongada/ retangular, triangular tipo A, triangular tipo B e circular, conforme a forma geométrica da sub-bacia, característica essa associada a capacidade de acúmulo de água. Dessa forma, conclui-se que existe uma estreita relação entre as chuvas e possibilidade de acúmulo de água a partir da forma de cada unidade estudada, apontando assim o risco ambiental ligada a tendência de inundação e alagamento para cada área.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Riscos ambientais. Inundação. Alagamento. Características geométricas.

IMPACTS OF RISK IN HYDRO-METEORICS IN CITY OF TERESINA - PIAUÍ

ABSTRACT: Environmental risks can be identified from natural characteristics of each space which explains the natural dynamics independent of human action. In urban areas it is increasingly emerging to avoid damage especially to the most vulnerable population socially and environmentally. To contribute to the discussion of urban-environmental problems this work aims to map the geographical units more prone to accumulation of water in accordance with the display form of the sub-basins in city of Teresina (PI) in order that it may direct actions to reduce the negative impacts of the action of rain. The methodology of the study was to identify and classify the units studied in four categories: long / rectangular, triangular type A, triangular type B and circular, as the shape of the sub-basin, this feature associated with the ability of water accumulation. Thus, it is concluded that there is a close relationship between rainfall and the possibility of accumulation of water from the shape of each unit studied, thus pointing out the environmental risk linked to tendency of flooding for each area.

Keywords: Hydrographic basin. Environmental risks. Inundation. Overflow. Geometric characteristics.

IMPACTOS RIESGO DE LLUVIA AGUA EN LA CIUDAD DE TERESINA – PIAUÍ

RESUMEN: Los riesgos ambientales pueden ser identificados a partir de las características naturales de cada espacio que explica la dinámica natural independiente de la acción humana. En las zonas urbanas se está convirtiendo cada vez más para evitar daños sobre todo a la población más vulnerable social y ambientalmente. Para contribuir a la discusión de los problemas del medio ambiente urbano y este trabajo pretende trazar un mapa de las unidades geográficas más propensas a la acumulación de agua de acuerdo con la forma de presentación de las sub-cuencas en la ciudad de Teresina (PI) con el fin de que pueda dirigir las acciones para reducir los impactos negativos de la acción de la lluvia. La metodología del estudio fue identificar y clasificar las unidades estudiadas en cuatro categorías: largo/ rectangulares, triangulares especie A, triangular especie B y circular, como la forma de la sub-cuenca, esta característica asociada con la capacidad de acumulación de agua. Por lo tanto, se concluye que existe una estrecha relación entre la precipitación y la posibilidad de acumulación de agua de la forma de cada unidad estudiada, lo que apunta a cabo el riesgo ambiental relacionado con la tendencia de las inundaciones para cada área.

Palabras clave: Cuenca hidrográfica. Riesgos ambientales. Inundación. Desbordamiento Características geométricas.

INTRODUÇÃO

Ao propor a teoria do Sistema Clima Urbano, Monteiro (1976) a sistematiza a partir da compreensão de que o espaço urbano seja a maior expressão da interferência do ser humano no clima, seja em escala regional ou local, este através das suas ações sobre o espaço altera as condições meso e/ou microclimáticas. Estas alterações, segundo o mesmo autor, provocam efeitos diversos nos mais diferentes graus e impactos. Os efeitos paralelos diretamente percebidos pelo ser humano consistem no conforto térmico, que é sensação de conforto ou não, diante de uma determinada condição climática; a qualidade do ar que afeta a saúde diretamente; e os impactos hidrometeorológicos provenientes da desorganização urbana e da profunda alteração do meio.

Ao analisar o trabalho de Monteiro (1976), Lima *et al* (2012) destaca que ao congregarem um contingente cada vez maior de pessoas, a cidade é tipicamente a morada do homem, bem como é ainda o lugar de interação constante e intensa entre o homem e a natureza. Acrescenta ainda que para atender a suas necessidades o homem promove uma série de mudanças concentradas e que aos poucos se aglutinam em forma típica de edificação que identifica e é característico do espaço urbano alterando significativamente a organização primária da natureza, somam-se a isso elementos e formas da arquitetura citadina tais como sistema viário de circulação, seja interna ou regional, aterros, represas e reservas de água, alterações na vegetação mais marcadamente com retirada da cobertura vegetal local, e alterações do relevo com a retirada de acidentes topográficos indesejados. Aliados a esses fatores, tem-se a própria dinâmica da população e região, desempenhando suas diversas funções e atividades. Assim as cidades são lugares onde as resultantes ambientais são obra de uma natureza modificada e aperfeiçoada para atender aos propósitos do viver humano. (LIMA *et al*, 2012, p.629)

As diversas alterações realizadas pelo ser humano associadas a características físicas do espaço da cidade podem gerar impactos dos mais diversos incluindo alagamentos, inundações e enchentes que apesar de serem eventos naturais são potencializados pelo processo de urbanização que ocasiona o aumento da taxa de ocupação de terra com a compactação por superfícies impermeáveis e construção de edificações, aumentando a velocidade de escoamento superficial e alterando o ciclo hidrológico já que diminui a capacidade de infiltração e, portanto de alimentação dos mananciais.

Tanto as enchentes quanto as inundações ocorrem em áreas próximas aos canais principais, o primeiro evento ocorre quando há um aumento temporário da vazão chegando a atingir a cota máxima, no entanto sem transbordamento. Já o segundo ocorre quando há extravasamento das águas pluviais atingindo as áreas marginais denominadas planícies de inundação ou de várzea.

Os alagamentos ocorrem em áreas com dificuldade de drenagem geralmente associadas a intervenções humanas no terreno como compactação da terra, alteração da drenagem natural e/ou ausência de drenagem artificial.

A cidade de Teresina, capital do Piauí, objeto deste estudo passa por transformações significativas em diversos aspectos desde a década de 1940 com incremento significativo do número de pessoas residentes no espaço urbano do município e as intervenções estruturais marcantes associadas a presença dessas pessoas afetam a dinâmica natural. No caso específico da cidade de Teresina, destaca-se a morfologia fluvial ligada a dinâmica natural da cidade que se assenta na confluência de dois mananciais hídricos de grande relevância regional: os rios Poti e Parnaíba. O primeiro no seu baixo curso, desaguando na porção norte da cidade no segundo, este no seu médio curso. O encontro destes dois rios na cidade influencia diretamente a organização espacial e deve definir todo o planejamento e gestão territorial deste espaço. Adaptar-se a este condicionante ambiental é necessário para o alcance da plena qualidade de vida da população residente associada à prevenção de riscos ambientais.

A justificativa se deve ao fato de que as características físicas inerentes a cada espaço dão a estes uma dinâmica natural típica que é modificada pela ação antrópica, que não é determinante, mas sim mais um fator a ser considerado na dinamicidade do ambiente. Assim é preciso entender como cada característica influencia na dinâmica natural dos ambientes alterando processos e gerando impactos tanto ambientais e quanto sociais.

O presente trabalho tem como objetivo através de indicador natural que aponta a forma de uma bacia hidrográfica identificar áreas mais propensas ao acúmulo de águas provenientes das chuvas, portanto áreas de maior risco ambientais em eventos climáticos com elevação da precipitação. A partir da identificação destas áreas, contribuir para a planejamento e gerenciamento de riscos em eventos climáticos críticos.

REFERENCIAL TEÓRICO

Nos últimos 40 anos, o planejamento do espaço seja urbano, ambiental e regional, evidencia a necessidade de gerir os ambientes de forma eficiente e eficaz. A compreensão do mundo com a visão sistêmica possibilita aliar múltiplas variáveis para que os planejamentos sejam adequados a realidade dos diversos espaços. E para fins de planejamento é imprescindível aliar aspectos físicos e humanos para que de fato seja realizada uma intervenção baseada nas necessidades reais dos locais a serem planejados. Christofolletti (1979) e Monteiro (1996, 2000, 2008) e contribuem para associar as atividades de planejamento e a metodologia da abordagem sistêmica, fazendo adequações e propondo análises teóricas e metodológicas.

Conhecer as características naturais que conduz a compreensão da dinâmica natural dos ambientes é preceito apontado desde Tricart (1977) ao propor a Ecodinâmica ou dinâmica dos ecótopos (parte física da superfície terrestre que integra três sistemas a atmosfera, litosfera e biosfera), mas seguindo a senda da abordagem sistêmica Sotchava (1978) contribui para discussão dos sistemas em geografia ao eleger os elementos variantes e invariantes dos ambientes reportando também a dinâmica dos variados ambientes.

Ross (1994, 1995) ao dar sua contribuição quanto à compreensão da fragilidade e suscetibilidade em ambientes antropizados, com mais destaque para o espaço urbano, destaca a necessidade de entender a interferência do meio físico nas ações humanas e vice-versa, apontando a necessidade de uma análise integrada de aspectos naturais e humanos dos diversos ambientes para assim chegar a uma conclusão de como um está ambientalmente. Na mesma perspectiva sistêmica dos autores citados anteriormente.

Monteiro (1996) acrescenta ainda a esta discussão a necessidade de explorar todos os aspectos dos ambientes especialmente os urbanos, para dar respostas pautadas em um conhecimento científico aprofundando, identificando a inter-relação entre os vários elementos, variáveis e processos em um sistema, colocando o espaço nessa categoria conceitual.

Em relação aos estudos urbanos elaborados com vistas ao planejamento territorial, aspectos sociais, políticos, econômicos, ambientais e culturais devem ser considerados “[...] para que o diagnóstico sério possa conduzir a um prognóstico válido. Se não houver conexão dos fatos que revelam os modos como estão sendo usados os recursos serão mal geridos.” (MONTEIRO, 2008, p. 97). Os exemplos de interferência no meio ambiente para fins de planejamento apontam para “[...] absoluta necessidade de haver uma área de investigação científica que possa ter livre trânsito nos campos do natural e socioeconômico. E esta é atributo da geografia.” (MONTEIRO, 2008, p. 98).

Em estudos de áreas urbanas devem ser considerados todos os aspectos relativos e devem buscar integrar todos eles juntamente com a ocupação humana, uso do solo e demais aspectos socioeconômicos. O que conduz a adoção do geossistema como referencial teórico pela própria natureza das pesquisas para fins de planejamento (MONTEIRO, 2000, p. 62-67). Em linhas gerais todos os componentes devem ser analisados, a integração destes componentes consiste independente do tipo de objeto de estudo em um sistema.

Nesta perspectiva entende-se tanto a cidade quanto a bacia hidrográfica e a rede de drenagem que a banha como um sistema com processos a serem compreendidos faz-se necessária a identificação de áreas mais suscetíveis no que diz respeito aos processos naturais que ocorrem nestes espaços.

O comportamento de uma bacia hidrográfica e em menores dimensões da sub-bacia, escala que contemple o espaço de uma cidade, é função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, dentre outros componentes) e do tipo da cobertura vegetal existente ou da ausência desta. (LIMA, 1976).

As características físicas e bióticas e ainda as modificações feitas pela ação antrópica possuem papel significativo nos processos relativos ao comportamento dos corpos hídricos influenciando, dentre outros, a infiltração e quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e o escoamento superficial. (TONELLO, 2005).

No caso das bacias hidrográficas os dados quantitativos auxiliam na compreensão e distinção de formas de relevo, bem como dos fatores que influenciam sua formação. Conforme Tonello (2005),

Em estudos das interações entre os processos, sob o ponto de vista quantitativo, utiliza-se o método de análise morfométrica através dos seguintes parâmetros: densidade de drenagem, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, forma da bacia, dentre outros. Estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais (ALVES e CASTRO, 2003, citado por TONELLO, 2005, p. 10).

As características específicas chamadas de morfométricas conduzem para a identificação das sub-bacias e podem ser divididas em: características geométricas, características do relevo e características da rede de drenagem conforme menciona Tonello (2005) e apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Características morfométricas de bacias hidrográficas

Características Morfométricas	Tipo de Análises
Características geométricas	Área total Perímetro total Coeficiente de compacidade (Kc) Fator forma (F) Índice de circularidade (IC)
Características do relevo	Orientação Declividade mínima Declividade média Declividade máxima Altitude mínima Altitude média Altitude máxima Declividade média do curso d'água principal
Características da rede de drenagem	Comprimento do curso d'água principal Comprimento total dos cursos d'água Densidade de drenagem Ordem dos cursos d'água

Fonte: Tonello (2005).

As características geométricas dizem respeito a forma e dimensão aspectos estes que influenciam diretamente a espacialidade de cada bacia hidrográfica ou sub-bacia, ou seja, a identificação da geometria e extensão espacial de cada unidade analisada. Estas são: área total, perímetro total, coeficiente de compacidade (Kc), fator forma (F), índice de circularidade (IC) e padrão de drenagem.

O coeficiente de compacidade (Kc) relaciona a forma da bacia com um círculo, quanto mais próximo da unidade, maior a tendência a inundações (mantidas as demais condições constantes). Onde Kc é o coeficiente de compacidade, P é o perímetro da bacia e A sua área de drenagem. Dessa forma, é possível definir a extensão e perímetro da bacia. É estimado a partir da equação 1.

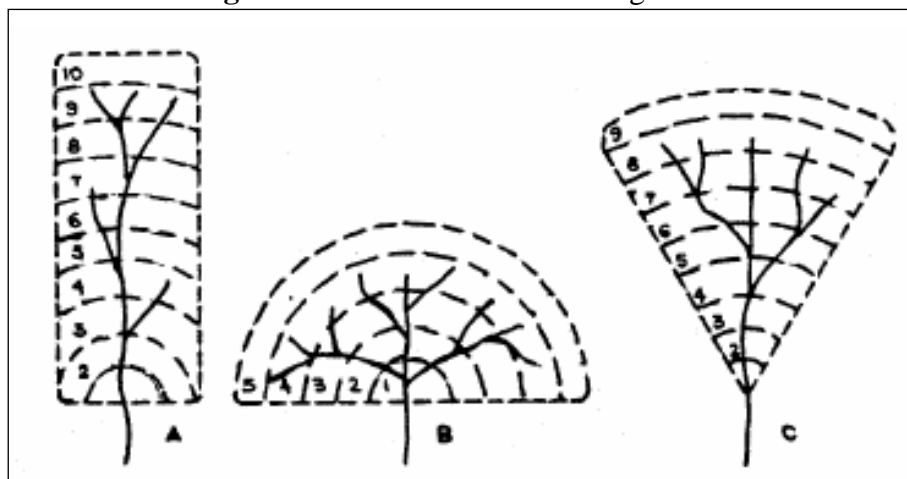
$$Kc = \frac{0,282.P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

O coeficiente de compacidade é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independente de seu tamanho. Quando o valor de Kc representar 1, corresponde que a bacia tem a forma

circular e está sujeita a enchente e acima deste valor, apresenta a forma irregular e tenderia a forma alongada. O mesmo acontece com o índice de circularidade que tende para a unidade de valor à medida que a bacia se aproxima da forma circular (TONELLO *et al.*, 2006).

Após ter seu contorno definido, a bacia hidrográfica apresenta um formato. É evidente que este formato tem uma influência sobre o escoamento global. Através da figura 1 é possível visualizar três formatos diferentes que demonstram como pode ser a forma de uma bacia hidrográfica, estas possuem mesma área e estão sujeitas a uma precipitação de mesma intensidade apresentam comportamentos distintos. A forma determina o comportamento dos fluxos de água no processo de escoamento superficial, quanto mais próximo da forma circular mais lento é o escoamento e, portanto maior a possibilidade de acúmulo de águas pluviais, quanto mais próxima da forma retangular mais rápido é o escoamento, somados a fatores como impermeabilização do solo e cobertura vegetal determinam o potencial de alagamento e inundação em ambas as formas.

Figura 1 – Forma de bacias hidrográficas



Fonte: Wilson, 1969

O índice de circularidade é obtido a partir da definição do coeficiente de compacidade. Simultaneamente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para unidade à medida que a bacia aproxima-se a forma circular e diminui a medida que a forma torna alongada. Na equação 2, segundo Cardoso (2006), é possível calcular esse índice, onde A é a área de drenagem e P o perímetro:

$$IC = \frac{12,57 \cdot A}{P^2} \quad (2)$$

Segundo Cunha (2007), “o padrão de drenagem reflete a geometria do sistema que resulta do ajuste do canal à sua seção transversal e reflete o interrelacionamento entre as variáveis de descarga líquida, carga sedimentar, declive, largura e profundidade do canal, velocidade do fluxo e rugosidade do leito” (CUNHA, 2007, p. 214). O padrão da drenagem pode ser classificado como retilíneo, anastomasado e meândrico, esta tipologia depende do tipo de terreno no qual o curso passa. Desta maneira, demonstra o resultado da relação destas variáveis relativas ao sistema.

As características morfométricas de rede de drenagem e do relevo refletem algumas propriedades do terreno, como infiltração e deflúvio das águas das chuvas, e expressam a correlação com as características físicas como com a litologia, estrutura geológica e formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre. Portanto, estão entre as classes de informações morfológicas que determinam diferenças essenciais entre distintas paisagens, como relatam estudos clássicos desenvolvidos por Horton (1945), Strahler (1957), França (1968) e Christofolletti (1978). (TONELLO, 2005, p. 10).

Mais especificamente as características da rede de drenagem formada pelo rio principal e seus tributários indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia, sendo expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede sejam eles perenes, intermitentes ou temporários - e a área total da bacia (CARDOSO *et al.*, 2006).

Segundo Christofolletti (1969), a densidade da drenagem correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica. Para calcular o comprimento devem ser medidos tanto os rios perenes como os temporários, definida por Horton (1945), pode ser calculada pela equação 3, onde L é o comprimento dos rios ou canais e A é a área da drenagem:

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (3)$$

A ordem dos cursos d'água indica qual a contribuição de cada um deles no contexto do sistema. A definição dos cursos d'água em primeira, segunda e terceira ordem dá um indicativo dos níveis de compartimentação da rede de drenagem.

METODOLOGIA DA PESQUISA

A base cartográfica utilizada para análise dos dados foi extraída do Plano de Drenagem Urbana de Teresina – Piauí (PDDRu) publicado em 2010, no qual foi elaborado para fins de planejamento e gestão da drenagem e do saneamento básico a identificação de unidades hidrográficas de pequenas dimensões através do modelo hidrológico que compreende o espaço urbano da cidade compartimentando as sub-bacias hidrográficas considerando as características que as individualiza em relação às demais a geologia, geomorfologia, declividade do terreno e tipo de solo. A junção destes elementos acaba por influenciar de forma positiva ou não a drenagem fluvial e/ou pluvial do terreno facilitando ou não o escoamento assim como outros componentes como a permeabilidade do solo.

No espaço urbano estudado foram identificadas 68 sub-bacias hidrográficas distribuídas em três conjuntos considerando a direção de escoamento das águas pluviais. Um deles de contribuição direta ao rio Parnaíba e outros dois de contribuição direta ao rio Poti. São denominadas conforme PDDrU (2010) de Margem Direita do rio Parnaíba (P), Margem Esquerda do rio Poti (PE) e Margem Direita do rio Poti (PD),

divididas pelos divisores topográficos e pelo próprio rio Poti. A zona central urbana de Teresina é dividida na direção Sul-Norte pelo rio Poti, possuindo uma área que se estende à margem direita do Poti e outra, mesopotâmica (existente entre dois rios). Nessa área, o divisor de águas das bacias do Parnaíba e do Poti é percebido e bem delimitado, fazendo-se passar por longos trechos sob a área próxima ao alinhamento da Av. Miguel Rosa.

No conjunto que compreende a Margem Direita do rio Parnaíba (P) são encontradas 20 sub-bacias; da Margem Esquerda do rio Poti (PE) 32 sub-bacias; e da Margem Direita do rio Poti (PD) 16 sub-bacias. Acrescenta-se ainda como unidades geográficas significativas em função da dinâmica diferenciada das demais unidades, os dois conjuntos de lagoas localizados na zona norte da cidade, áreas mais baixas. Totalizando 70 unidades geográficas analisadas.

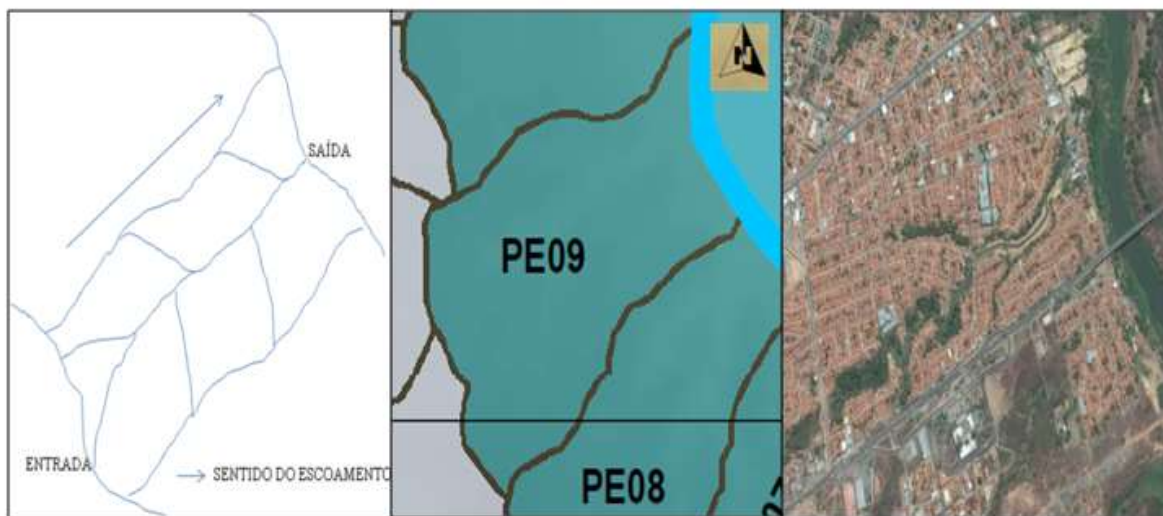
A forma da bacia está ligada a possibilidade de acúmulo de águas, sejam pluviais ou fluviais, a drenagem destes produtos, a dificuldade ou facilidade de esgotamento sanitário e deste a possibilidade de ambientes mais salubres ou não para a população. As interferências na drenagem natural como a compactação, aterramento, canalização de canais ou mudança do curso podem afetar diretamente esta dinâmica natural potencializando os riscos de acúmulo ou o aceleração do escoamento superficial.

Neste sentido, foi considerado para fins de análise o formato natural nesta etapa, a análise dos indicadores antrópicos deu conta da possível modificação que ocorreu em cada unidade geográfica estudada, tendo como base a metodologia de análise geográfica integrada para espaços urbanos, sistematizada por Lima (2016), ao estudar a cidade objeto deste trabalho levantou indicadores naturais e humanos para identificar a suscetibilidade a riscos ambientais das 70 unidades geográficas. Dentre os indicadores naturais utilizados está a forma das sub-bacias hidrográficas.

Quanto a forma das sub-bacias hidrográficas foram estabelecidos quatro parâmetros:

- Retangular/alongada: baixo. As sub-bacias com formato retangular e/ou alongada tem capacidade de escoamento elevado, que dificulta o acúmulo de água. Desta maneira, o nível de prioridade de intervenção em áreas com esta configuração é baixo. A figura 2 apresenta um modelo esquemático hipotético de uma unidade geográfica com este formato, assim como o sentido do escoamento, para fins de ilustração considerou-se a unidade PE09 que apresenta esse formato em representação cartográfica e imagem extraída do *software Google Earth Pro*, em 20.09.2015.

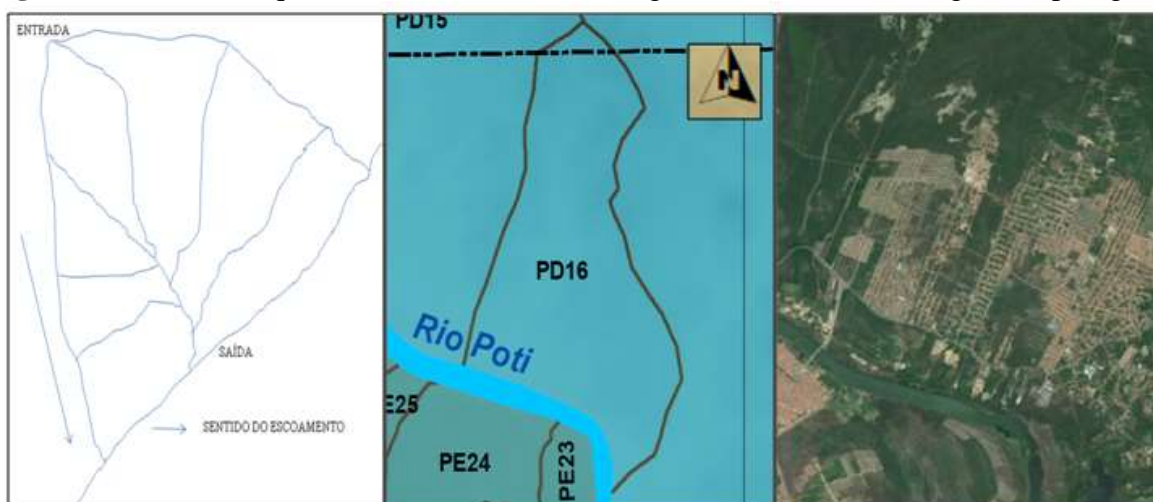
Figura 2 – Modelo esquemático de sub-bacia hidrográfica com forma retangular/ alongada



Fonte: LIMA, A.A. (2016)

- Triangular A: baixo. O ângulo de entrada é menor do que o ângulo de saída favorecendo o escoamento já que o canal de se alarga a medida que chega ao nível de base. A figura 3 apresenta um modelo esquemático hipotético de uma unidade geográfica com este formato, assim como o sentido do escoamento, para fins de ilustração considerou-se a unidade PD16 que apresenta esse formato em representação cartográfica e imagem extraída do *software Google Earth Pro*, em 20.09.2015.

Figura 3 – Modelo esquemático de sub-bacia hidrográfica com forma triangular Tipologia A

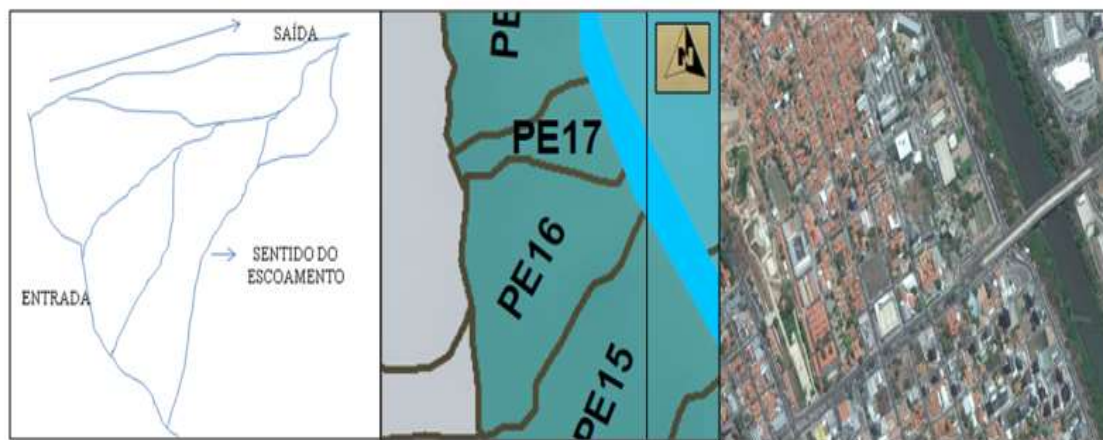


Fonte: LIMA, A.A. (2016)

- Triangular B: moderado. Com ângulo de saída menor que de entrada de material as sub-bacias hidrográficas apresentam capacidade de escoamento diminuída tendo em vista o canal estreitado de saída de água. Quanto ao nível de prioridade é moderado. A figura 4 apresenta um modelo esquemático hipotético de uma unidade geográfica com este formato, assim como o sentido do escoamento, para fins de

ilustração considerou-se a unidade PE16 que apresenta esse formato em representação cartográfica e imagem extraída do *software Google Earth Pro*, em 20.09.2015.

Figura 4 - Modelo esquemático de sub-bacia hidrográfica com forma triangular tipologia B



Fonte: LIMA, A.A. (2016)

- Circular: alto. O formato de circular das sub-bacias hidrográficas dificulta o escoamento em virtude da quantidade de material que escoar ser elevado em relação a outros formatos. O nível de prioridade é alto, dada a possibilidade de alagamentos/inundações em áreas que possuem esta forma específica. A figura 5 apresenta um modelo esquemático hipotético de uma unidade geográfica com este formato, assim como o sentido do escoamento, para fins de ilustração considerou-se a unidade PE03 que apresenta esse formato em representação cartográfica e imagem extraída do *software Google Earth Pro*, em 20.09.2015.

Figura 5 - Modelo esquemático de sub-bacia hidrográfica com forma circular.



Fonte: LIMA, A.A. (2016)

As formas das sub-bacias hidrográficas apresentadas possuem características e comportamentos distintos em função dos diversos eventos a qual são expostos. A intensidade dos processos associada a

determinadas características interfere diretamente nos riscos ambientais sejam de inundações ou alagamentos, dentre outros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 6 ilustra os resultados obtidos considerando a forma das sub-bacias hidrográficas. A Carta de Forma de Sub-bacias Hidrográficas de Teresina aponta que das 70 unidades analisadas 32 apresentam forma alongada, estas tem facilidade de drenar as águas, são elas: PE01, PE05, PE06, PE07, PE08, PE09, PE12, PE15, PE17, PE18, PE19, PE24, PE26, PE27, PE32, PD02, PD09, PD12, PD13, PD15, P07, P08, P09, P10, P11, P12, P14, P15, P17, P18, P19 e P20; 13 triangular A, são elas: PE10, PE20, PE25, PD01, PD04, PD05, PD06, PD08, PD10, PD14, PD16, P04 e P02; 12 apresentam forma enquadrada na tipologia triangular B com relativa dificuldade de escoamento devido a saída estreitada de material, são elas: PE16, PE21, PE29, PE31, PD03, PD07, PD11, P01, P03, P05, P06 e P13; e 11 apresentam forma da bacia circular, portanto com maior possibilidade de acúmulo de águas pluviais, são elas PE02, PE03, PE04, PE11, PE13, PE14, PE22, PE23, PE28, PE30 e P16. As Lagoas do Norte e Lagoa do Mocambinho, por terem ambiente lagunar e tendência natural a acúmulo de água, foram consideradas unidades com elevada tendência na mesma categoria das sub-bacias com forma circular.

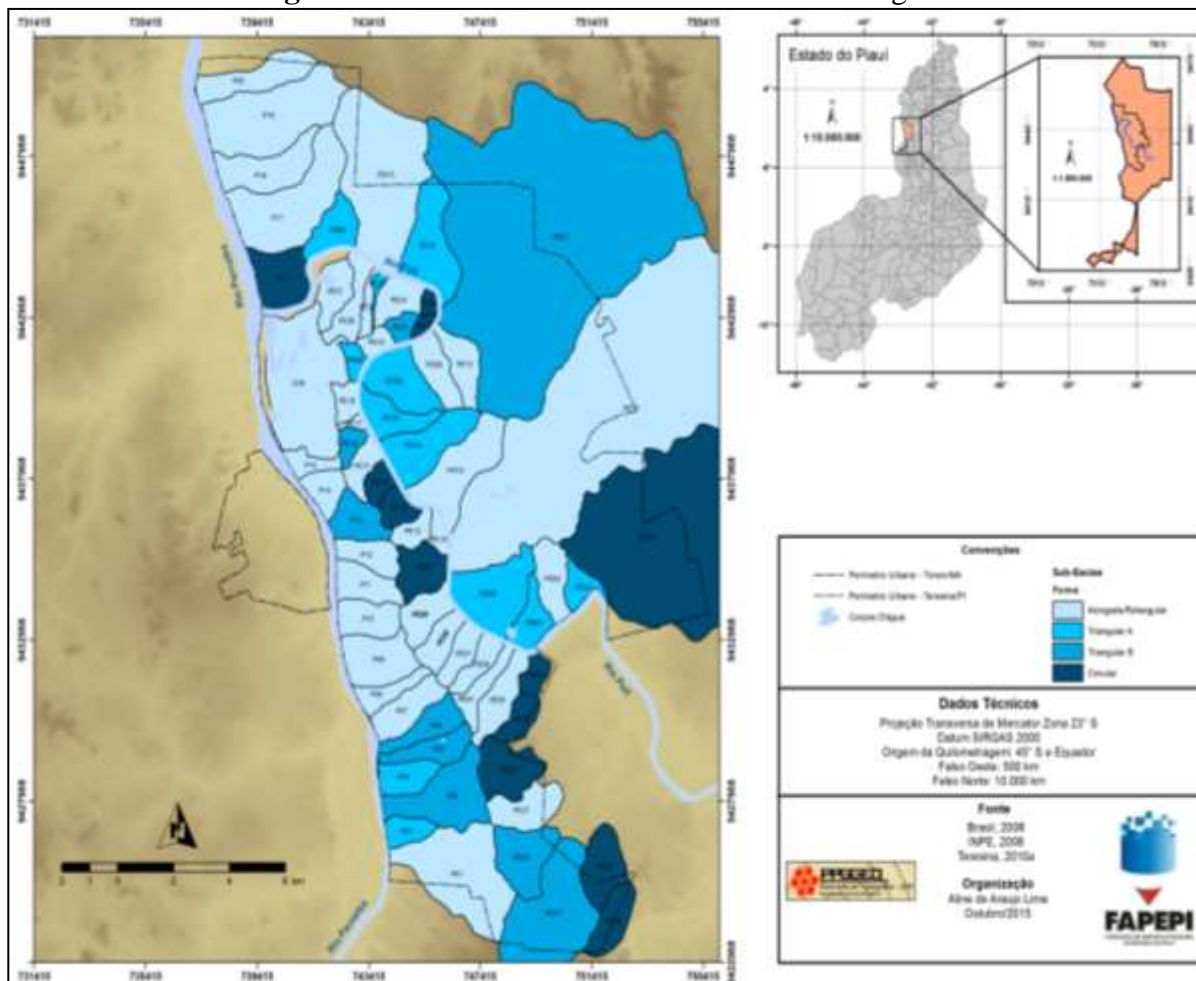
Os resultados obtidos com este indicador evidenciam que a cidade tem de fato uma morfologia que favorece o escoamento das águas com 62% das unidades com formas favoráveis ao escoamento, com formato alongado/retangular ou triangular A. Os outros 38% apresentam formato circular, triangular B ou forma lagunar com tendência a acúmulo de água.

Das 32 unidades que apresentam forma alongada, com maior facilidade de drenar as águas, estão distribuídas conforme região e localização aproximada por bairro da cidade da seguinte forma: 9 na região norte, PE15 (Porenquanto), PE17 (Morro da Esperança), PE18 (Primavera), PE19 (Água Mineral), PE24 (Embrapa), PE26 e PE32, (parte do bairro Mocambinho), PD15 (Aroeiras) e P18 (Santa Maria); 18 na região sul, PE01 e PE05 (São Lourenço), PE06, PE07 e PE08 (Bela Vista), PE09 (Catarina), PE27 (Esplanada), P07 e P08 (Distrito Industrial), P09 (Saci), P10 (Santa Luzia e Parque São João), P11 (Tabuleta), P12 (São Pedro), P14 (parte do Centro), P15 (Pirajá), P17 (Parque Brasil), P19 e P20 (Chapadinha); 1 na região sudeste, PD02 (Parque Poti e Renascença); 3 na região leste, PD09 (parte do Zobotânico), PD12 (Noivos) e PD13 (parte do Zobotânico); e 2 na região centro, PE10 (Ilhotas) e PE12 (Frei Serafim). A região sul é aquela que concentra maior parte de unidades com boa drenagem.

As 13 unidades com forma triangular A, estão distribuídas da seguinte forma: 4 na região norte, PE20 (Água Mineral), PE25 (parte do Mocambinho), PD04 (Alegre) e PD16 (Pedra Mole e Cidade Jardim); 2 na região sul, P04 e P02 (Angelem); 3 na região leste, PD08 (Ininga), PD10 (Fátima), PD14 (Jóquei); 3 na

região sudeste, PD01 (São Sebastião), PD05 (Redonda e Extrema), PD06 (Tancredo Neves e Comprida); e 1 na região centro, PE10 (parte do Cristo Rei).

Figura 6 – Carta de Formas das Sub-bacias hidrográficas de Teresina - Piauí



Fonte: LIMA, A. A. (2016)

As 12 unidades enquadradas na tipologia triangular B com relativa dificuldade de escoamento devido a saída estreitada de material estão distribuídas da seguinte forma: 2 na região norte, PE16 (Primavera) e PE21 (Embrapa); 6 na região sul, PE29 (Brasilar), PE31 (parte do bairro Pedra Miúda), P01 e P03 (Angelim), P05 (Areias), P06 (parte do Distrito Industrial); 1 na região leste, PD07 (Zoobotânico e parte do Cidade Jardim); 1 na região centro, P13 (Centro); e 2 na região sudeste, PD03 (São Sebastião) e PD11 (São Raimundo e São João).

As 11 unidades com forma da bacia circular estão distribuídas assim: 4 na região norte, PE14 (Cabral), PE22 e PE23 (Embrapa), P16 (Santa Rosa); 5 na região sul, PE02 (Parque Sul), PE03 (Parque Juliana), PE04 (Parque Sul), PE28 e PE30 (parte do bairro Pedra Miúda), estas últimas com uma porção fora da área urbana; 2 região centro, PE11 (parte do bairro Cristo Rei) e PE13 (Frei Serafim). As regiões leste e sudeste não apresentam unidades com esta forma.

As unidades denominadas de Lagoas do Norte, que abrange 13 bairros Acarape, Aeroporto, Matadouro, Parque Alvorada, São Joaquim, Poti Velho, Itaperu, Mafrense, Olarias, Alto Alegre, Nova Brasília, Vila São Francisco e Memorare; e Lagoa do Mocambinho, que compreende ao bairro Mocambinho, ambas localizadas na região norte da cidade, apresentam condição natural típica de um lago de várzea que se interliga com rio formando um único sistema em período de elevado índices pluviométricos já em períodos mais secos a intercomunicação ocorre via canais. É um tipo de lagoa perene. A forma lagunar é circular o que favorece a permanência de água. Sendo, portanto áreas de risco elevado.

O indicador forma da bacia reflete, como citado anteriormente, características físicas que podem facilitar ou não determinado processo, neste caso específico o escoamento das águas, mas para uma compreensão mais ampliada da situação ambiental é preciso avaliar os tipos de uso dados a cada unidade.

Lima (2016) identificou os usos dados e os resultados obtidos foram: 1 unidade predominantemente enquadrada em uso área livre; 7 unidades são de uso agrícola atualmente ou já foram; 7 unidades analisadas com uso predominantemente comercial; 2 enquadrada em uso industrial; 12 enquadrada em uso institucional (serviços públicos); 41 são enquadradas em uso predominantemente residencial, assim 58% das sub-bacias hidrográficas tem uso predominantemente residencial associado aos outros tipos de uso. Isso reforça a necessidade de intervenções significativas considerando que a maioria das áreas tem uso destinado ao assentamento da população bem como a outros usos associados a estes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que apesar da dinâmica natural ser eficiente do ponto de vista da forma, com 62% das unidades estudadas favoráveis a drenagem para que o sistema escoe de forma satisfatória a ação humana interfere neste processo além de afetar ciclo hidrológico diminuindo a infiltração e acelerando o escoamento superficial, através de ações como a compactação da terra com edificações, calçamento e asfaltamento ou ainda com a retirada da cobertura vegetal para diversos fins, acelerando o processo de transporte de material, acarretando erosão e desgaste do terreno. Além disso, o indicador aponta para possibilidade de análise em espaço urbano que apesar das interferências humanas conservam características naturais capazes de evidenciar a dinâmica natural do ambiente independente da interferência antrópica, quando possível a identificação de elementos naturais ou adoção de modelos como foi o caso deste trabalho.

Os impactos hidrometeorológicos alagamento e inundação refletem o impacto do evento climático chuvas sobre a superfície terrestre especialmente em áreas com características que tendem ao acúmulo de águas pluviais. Desta forma, ao analisar as características físicas inerentes de determinado espaço é possível identificar tendências a riscos ambientais que podem afetar a população mais vulnerável socialmente. A partir desta identificação a realização de medidas de prevenção tendem a proporcionar uma melhor qualidade de vida a população residente na cidade de Teresina, através da identificação de áreas de risco e

tendências de desastres, com isso possibilitar melhor convivência do ser humano com o ambiente em que vive optou-se pelo uso da característica geométrica forma da bacia para apontar a tendência a alagamento/inundação.

A escolha da sub-bacia hidrográfica como unidade funcional, e neste caso específico denominada de unidade geográfica, justifica-se por esta refletir de forma marcante qualquer ação que ocorra de forma significativa, seja natural ou não, e podendo alterar a organização espacial e o equilíbrio do ambiente, afetando os seres humanos que se encontram assentados no seu entorno.

BIBLIOGRAFIA

CARDOSO, C.A. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo-RJ. **Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Revista de Geomorfologia**, Campinas, v.18, n.9, p.35-64, 1969.

_____. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: EDUSP, 1979.

CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. In. GUERRA, A. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007, p.

LIMA, A. A. **Análise Geossistêmica e Gestão Ambiental na cidade de Teresina – Piauí**. 2016. 138f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2016.

LIMA, W. P. **Princípios de manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ. USP, 1976.

LIMA, N. R.; PINHEIRO, G. M.; MENDONÇA, F. Clima Urbano no Brasil: Análise e Contribuição da Metodologia de CAFM. **Revista Geonorte**, v.02, p. 626-638, 2012.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEO/USP, 1976.

_____. Os Geossistemas como Elemento de Integração na Síntese Geográfica e Fator de Promoção Interdisciplinar na Compreensão do ambiente. **Revista de Ciências Humanas**. Florianópolis, v.14, n.19, p.67-101, 1996.

_____. **Geossistemas**: a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000.

_____. **Geografia sempre**: o homem e seus mundos. Campinas: Edições Territorial, 2008.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 8, p. 63-74, 1994.

_____. Análise e síntese na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 9, p. 65-75, 1995.

TERESINA. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Teresina – 2010**. Teresina: Concremat Engenharia, 2010.

TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões, MG**, 2005, 69f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN/ IBGE, 1977.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Piauí.

Ao Grupo de Estudos Regionais e Urbanos - GERUR