

IV-011 – O USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA A MODELAGEM DO POTENCIAL POLUIDOR DAS SUB-BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO AO ESTUÁRIO DO GUAJARÁ-PA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL

Érico Gaspar Lisboa⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Pará. Pós-graduado em Gestão Ambiental pelo Núcleo de Meio Ambiente da Universidade Federal do Pará (NUMA/UFPa).

Ana Rosa Baganha Barp

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Pará. Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Professora da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará. (FAESA/UFPa).

Lindemberg Lima Fernandes

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Geofísica pela Universidade Federal do Pará. Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido pela Universidade Federal do Pará (NAEA/UFPa). Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Federal do Pará.

Endereço⁽¹⁾: Travessa Humaitá, 1866 - Marco - Belém - Pará - CEP: 66093-110 - Brasil - Tel: +55 (91) 8811-8957 - e-mail: eglisboa@yahoo.com.br

RESUMO

A área, a qual compreende o estuário do Guajará e que delimita a orla da Região Metropolitana de Belém (RMB), é constituído de indústrias e importantes núcleo habitacionais. Nesta região a degradação ambiental é sucedente, e nas últimas décadas se tornou célere em meio a uma expansão urbana, as intensas atividades industriais, caracterizadas pelo transporte de derivado de petróleo, e portuárias. Portanto, se faz relevante o uso de geotecnologias a fim de identificar o potencial poluidor das sub-bacias que contribuem para formação do estuário do Guajará que variam espacialmente na área que delimita a RMB, em função de ações antrópicas decorrentes das atividades degradantes desempenhadas no entorno da região aqui abordada, e, sobretudo a influência dos canais de drenagem que penetram por zonas urbanas da região. Esta ferramenta permitirá o monitoramento da área, a qual se refletirá em níveis de informação e de gestão ambiental, objetivando a mitigação dos impactos provocados pela má qualidade da água.

PALAVRAS-CHAVE: Estuário do Guajará, degradação ambiental, geotecnologias, gestão ambiental.

INTRODUÇÃO

A cidade de Belém, capital do estado do Pará, é banhada ao sul pelo rio Guamá, que desemboca na baía do Guajará, ou estuário do Guajará, formado pelo rio Guamá, de maior vazão, e o rio Acará. O rio Guamá, na foz e proximidades, mede entre 1.360 e 2.000 m de largura, enquanto a baía do Guajará tem de largura 3 a 4 km. Esses corpos d'água recebem efluentes de 30 km de drenagens naturais, em parte transformadas em canais, que cortam a zona urbana da cidade e transportam poluentes e contaminantes (RAMOS, 2004).

Neste sentido, a representatividade do ecossistema da região, caracterizada pela sua peculiaridade fisiográfica, e, substancialmente, o fato de que a Região Metropolitana (RMB) localiza-se sobre uma vasta bacia hidrográfica, os riscos ambientais tornam-se eminentes a quaisquer níveis de concentração de poluentes. Logo, é necessário o estabelecimento de um processo de elaboração de planos que definam as formas espaciais da relação entre as pessoas e o seu meio físico e biológico, regulamentando os seus direitos e formas de uso e ocupação do espaço físico em questão.

Neste âmbito, segundo Prado e Novo (2005), para um planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos tomando-se como referência a bacia hidrográfica- unidade estratégica adotada pela Lei 9.433/ 97, que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), é preciso que as áreas com maior potenciais poluidor sejam identificadas a fim de que a intervenção possa ocorrer de forma mais direcionada. Neste sentido, para melhor obtenção das informações a respeito das características antrópicas e fisiográficas de uma determinada

bacia, torna-se necessária a utilização de geotecnologias como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), sensoriamento remoto, análise espacial e sistemas de suporte à decisão.

A necessidade de mapeamento, manejo e monitoramento dos recursos naturais renováveis e não renováveis tem resultado na evolução tecnológica dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's). Tais sistemas utilizados inicialmente apenas no auxílio à elaboração de mapas vêm sendo cada vez mais utilizados no auxílio de extração de informações e tomada de decisões. Corroborando com o uso de geotecnologias como instrumento gerencial dos recursos hídricos, Kuhnle et al. (1996, p. 3.189) complementa que: "o conhecimento dos efeitos da variação do uso da terra sobre o movimento de sedimentos e água através da bacia hidrográfica é muito importante para a tomada de decisões sobre o manejo adequado das terras".

Portanto, o principal propósito deste estudo é a identificação do potencial poluidor das sub-bacias de contribuição ao estuário do Guajará delimitada pela RMB, usando como metodologia a modelagem ambiental para SIG, a ferramenta de Linguagem Espaço-Geográfico baseado em Álgebra (LEGAL) do software Spring 3.6. Onde se veiculará mapas das sub-bacias, pedológico, geomorfológico, geológico e de drenagem, relacionados à qualidade da água, considerando suas características antrópicas e fisiográficas, no intuito de fornecer subsídios à gestão de recursos hídricos da área em questão. Logo, a partir desta abordagem, torna-se imprescindível a incorporação de um conjunto de princípios, diretivas e regras que visarão à garantia da organização do espaço local através de um processo dinâmico, contínuo, flexível e participativo na busca do equilíbrio entre o Homem, o meio físico e os recursos naturais, com vista à promoção do desenvolvimento sustentável.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Baía do Guajará é formada pelas confluências dos rios Guamá, Acará (PEREIRA, 2001). Ela faz parte do estuário Amazônico e prolonga-se até próximo à ilha de Mosqueiro, onde se limita com a Baía do Marajó. Numerosas Ilhas e canais compõem a Baía dando destaque na sua margem esquerda para as Ilhas das Onças, Jararaca, Mirim, Paquetá-açu e Jutuba. Na sua margem direita localiza-se a cidade de Belém e mais ao Norte, separadas pelos furos do Maguary e as Marinhas, as ilhas do Outeiro e Mosqueiro, respectivamente (PINHEIRO, 1987). O rio Guamá é um afluente do rio Pará (RIBEIRO, 2004) situando-se ao sul da cidade de Belém. Em conjunto com o rio Moju, tornam-se as principais fontes de água fluviais da baía (LIMA apud PEREIRA, 2001). Ressalta-se que, no escopo deste estudo, não fora considerado a ilha do Mosqueiro, por esta fazer parte da baía do Marajó. No entanto, esta área, é pertencente à RMB.

O território do município de Belém expandiu a partir de uma ponta de terra compreendida entre os rios Guamá e baía de Guajará, tendo grande porção insular (39 ilhas), corpos de água volumosos e aquíferos livres elevados, configurando aspectos característicos da ocupação urbana na Amazônia (LIMA & PEREIRA, 2003).

Em função desta problemática caracterizada pela ocupação desordenada e a inexistência de esgotamento doméstico, torna-se relevante a identificação do potencial poluidor das sub-bacias de contribuição ao estuário do Guajará, sobretudo, na área que delimita a Região Metropolitana de Belém (RMB). Logo, identificaram-se treze (13) sub-bacias de drenagem na RMB, as quais estão ordenadas e delimitadas na Figura 01, sendo estas: Ananin, Outeiro, Paracuri, Cajé, Mata Fome, Val-de-cães, Una, Reduto, Tamandaré, Estrada Nova, Tucunduba, Murucutu e Aurá.

A região Guajarina, onde se localiza a cidade de Belém, é caracterizado por um clima quente e úmido, em virtude da sua baixa altitude, relevo plano e vegetação densa, característico de regiões tropicais e com pequenas diferenças entre as estações climáticas, as quais por sinal não são bem definidas (PMB, 2001).

A classificação climática segundo KOPPER, obedece três subtipos climáticos denominados Af, Am e Aw, todos pertencentes ao clima tropical úmido de floresta, que se caracteriza por apresentar temperaturas médias mensais sempre superiores a 23°C. A região de Belém está enquadrada no subtipo Af, caracterizado por não apresentar estação seca e a precipitação no mês chuvoso sempre igual ou superior a 60 mm (PMB, 2001). As temperaturas mais quentes, em Belém, ocorrem de julho a novembro, quando a média se aproxima dos 30°C; nos outros meses ocorre a maior incidência de chuvas.

É importante ressaltar que a falta de saneamento é ainda mais acentuada em razão das características climatológicas e topográficas da RMB, pois o alto índice de precipitação pluviométrica em praticamente todo

o ano, o relevo muito plano e o aquífero livre elevado acaba dificultado o escoamento natural das águas pluviais, encarecendo o custo construtivo dos sistemas do saneamento, especialmente quando do assentamento das tubulações de água, esgoto sanitário e drenagem urbana (LIMA; PEREIRA, 2003).

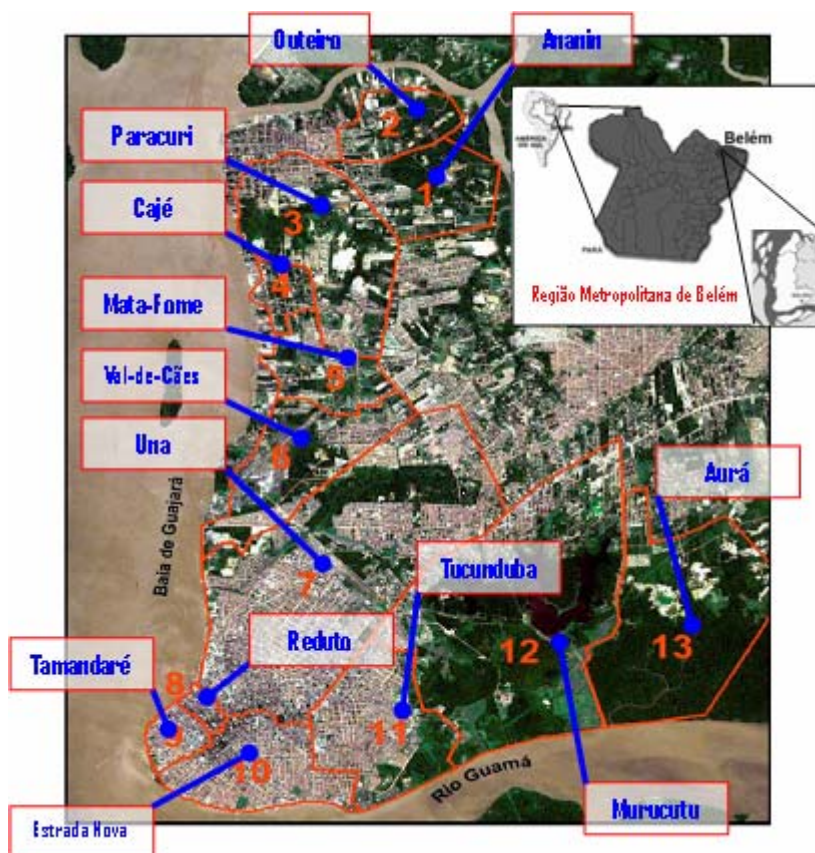


Figura 01: Municípios da RMB com as respectivas sub-bacias de drenagem identificadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Previamente foram adquiridos dados de natureza cartográfica (cartas planialtimétricas, cartas de pedologia, de geomorfologia e de geologia), orbitais (imagem multiespectral via satélite) e dados pluviométricos da Região Metropolitana de Belém (RMB). Desta forma, a organização e o tratamento das diversas informações foram realizados com o auxílio de Sistema de Informação Geográfica (Spring 3.6), onde a escala média de trabalho foi de 1:250.000.

PRIMEIRA ETAPA: DIGITALIZAÇÃO E MODELGAEM DOS DADOS OBITIDOS

A partir da digitalização dos dados cartográficos serão obtidos os seguintes mapas, correspondentes a área de estudo: mapa das sub-bacias, pedológico, geomorfológico, geológico e de drenagem. Na seqüência, serão obtidos os mapas de densidade de drenagem (somatório dos comprimentos dos rios / área de cada sub-bacia) e distância das sub-bacias ao estuário do Guajará (módulo Mapa de Distâncias) por meio da espacialização dos resultados para cada sub-bacia (módulo Médio Zonal).

Quanto aos dados pluviométricos, tendo em vista que a importância da precipitação como função de razões reflexivas das entradas difusas de poluição estão muito associada à intensidade da precipitação e ao seu ritmo ao longo do ano (GUERRA et al. 1999), foi considerado que o uso do coeficiente de variação de pluviosidade anual representaria um indicador adequado dessa variabilidade. Desta forma, calcularam-se as médias mensais de monitoramento ao longo de um ano ($IP_{med.annual}$) e o desvio padrão das precipitações mensais ($\sigma_{med. mensal}$). A partir desses dados foi possível calcular o coeficiente de variação de pluviosidade (COEFVFP) anual para cada posto de monitoramento, que neste caso é dado por:

COEFVP = Desvio padrão das precipitações mensais ($\sigma_{\text{med.mensal}}$)

Equação (1)

Média anual ($IP_{\text{med.anual}}$)

Os valores de COEFVP serão importados para o Spring onde foi aplicada a krigeagem linear (técnica de geostatística para a interpolação dos dados, cuja vantagem é a obtenção das informações sobre a qualidade do dado gerado). A partir do mapa numérico obtido pela krigeagem, do mapa temático das sub-bacias e da aplicação do módulo Média Zonal, se obterá o mapa do coeficiente de variação de pluviosidade do estuário do Guajará na área que delimita a RMB.

Com relação à imagem via satélite, o processamento constituiu-se nas seguintes fases: correção atmosférica (CHAVEZ, 1988), registro, equalização, mosaico de 3 cenas, segmentação (limiars de 10 e 20, respectivamente de similaridade e de área), classificação (supervisionada utilizando o classificador *Bhattacharya Distance* e o limiar de aceitação de 90%) e mapeamento. Esta etapa terá como produto o mapa de uso e cobertura da terra com 11 classes, referente ao ano de 2004 para o estuário do Guajará. Uma vez obtidos os mapas temáticos referentes às características fisiográficas e de uso e cobertura da terra, se passará para a modelagem dos dados. (PRADO; NOVO, 2005).

Existem várias técnicas de análise multicritério automatizadas e implementadas nos Sistemas de Informação Geográfica. No entanto, optou-se neste trabalho, por utilizar o método mais simples que é o da Soma Ponderada, fazendo uso da ferramenta Linguagem Espaço-Geográfico baseada em Álgebra (LEGAL) do Spring 3.6. Nestes métodos, os temas e suas respectivas classes são ponderados de acordo com a importância relativa para a hipótese considerada, que no presente estudo é de que as diferentes classes e temas contribuem de forma diferenciada para o transporte de poluentes ao estuário do Guajará, provocando a degradação de sua água. Segundo Prado e Novo (2005), para se atribuir os pesos aos temas e classes deve-se contar com a experiência profissional de técnicos especialistas nos diferentes temas, bem como o conhecimento prévio da área de estudo.

Desta forma, as classes obtidas para cada mapa temático bem como os temas foram organizados em cinco níveis de contribuição quanto ao potencial poluidor que afeta o estuário do Guajará (1-MUITO BAIXO, 2-BAIXO, 3-MÉDIO, 4-ALTO E 5-MUITO ALTO). Para tal, alguns critérios foram adotados, baseando na relação das características de cada classe e tema com o escoamento superficial e, portanto, com o transporte de poluentes ao estuário do Guajará.

Os valores serão obtidos, na forma de mapas numéricos para cada classe, dentro do seu respectivo tema, irão ser especializados por sub-bacia que contribuem para a poluição do estuário do Guajará, a partir da Média Zonal. Para a aplicação da álgebra de mapas alguns cuidados devem ser tomados, um deles é que todos os mapas temáticos devem possuir uma unidade de mapeamento comum, que neste caso foi as sub-bacias. Do contrário, gera-se muita inconsistência (polígonos muito pequenos) que dificultam a apresentação dos resultados na forma de mapas, assim como interferem no cálculo de áreas.

SEGUNDA ETAPA: VISUALIZAÇÃO DE CENÁRIOS E ANÁLISE MULTICRITÉRIOS

A partir da modelagem do potencial poluidor das sub-bacias de contribuição para o estuário do Guajará, relacionado à qualidade da água, aplicando-se análise multicritério, foram obtidos 4 cenários. Os Cenários 1, 2, 3 e 4 foram gerados partindo da premissa que o uso e cobertura da terra exerçam maior influência no aporte de poluentes que atingem o estuário do Guajará. Pois, acredita-se que a interferência antrópica esteja sendo o fator que mais tem contribuído para o processo de degradação da qualidade da água nas últimas décadas, já as características fisiográficas não se modificam de forma drástica em uma pequena escala temporal. Para simular essa hipótese procurou-se manter os pesos dos diversos temas, com exceção do uso e cobertura da terra, ao qual foram atribuídos pesos cada vez maiores (3, 4, 5 e 7). A modelagem dos Cenários encontra-se expressa pelas equações C1, C2, C3 e C4, a seguir:

$$\text{Cenário 1} \rightarrow C_1 = [(MT_1 * P_1) + (MT_2 * P_3) + (MT_3 * P_2) + (MT_4 * P_2) + (MT_5 * P_2) + (MT_6 * P_2) + (MT_7 * P_3)] \quad \text{Equação (2)}$$

$$\text{Cenário 2} \rightarrow C_2 = [(MT_1 * P_1) + (MT_2 * P_3) + (MT_3 * P_2) + (MT_4 * P_2) + (MT_5 * P_2) + (MT_6 * P_2) + (MT_7 * P_4)] \quad \text{Equação (3)}$$

$$\text{Cenário 3} \rightarrow C_3 = [(MT_1 * P_1) + (MT_2 * P_3) + (MT_3 * P_2) + (MT_4 * P_2) + (MT_5 * P_2) + (MT_6 * P_2) + (MT_7 * P_5)] \quad \text{Equação (4)}$$

$$\text{Cenário 4} \rightarrow C_4 = [(MT_1 * P_1) + (MT_2 * P_3) + (MT_3 * P_2) + (MT_4 * P_2) + (MT_5 * P_2) + (MT_6 * P_2) + (MT_7 * P_7)] \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

• MAPAS TEMÁTICOS (MT)

MT₁: mapa temático 1 (Densidade de drenagem);

MT₂: mapa temático 2 (Distância das sub-bacias ao estuário);

MT₃: mapa temático 3 (Coeficiente de variação de pluviosidade);

MT₄: mapa temático 4 (Pedologia);

MT₅: mapa temático 5 (Geologia);

MT₆: mapa temático 6 (Geomorfologia);

MT₇: mapa temático 7 (Uso e cobertura da terra).

• PESO (P)

P: pesos

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

A partir da metodologia implementada, para a área de estudo em questão, identifica-se o potencial poluidor em função dos temas propostos, sendo apresentados de forma diferenciada como demonstra a Figura 02. Desta forma, será possível mapear, ordenar e planejar as áreas de maior degradação ambiental, servindo como instrumento de gestão ambiental e posterior tomada de decisão.

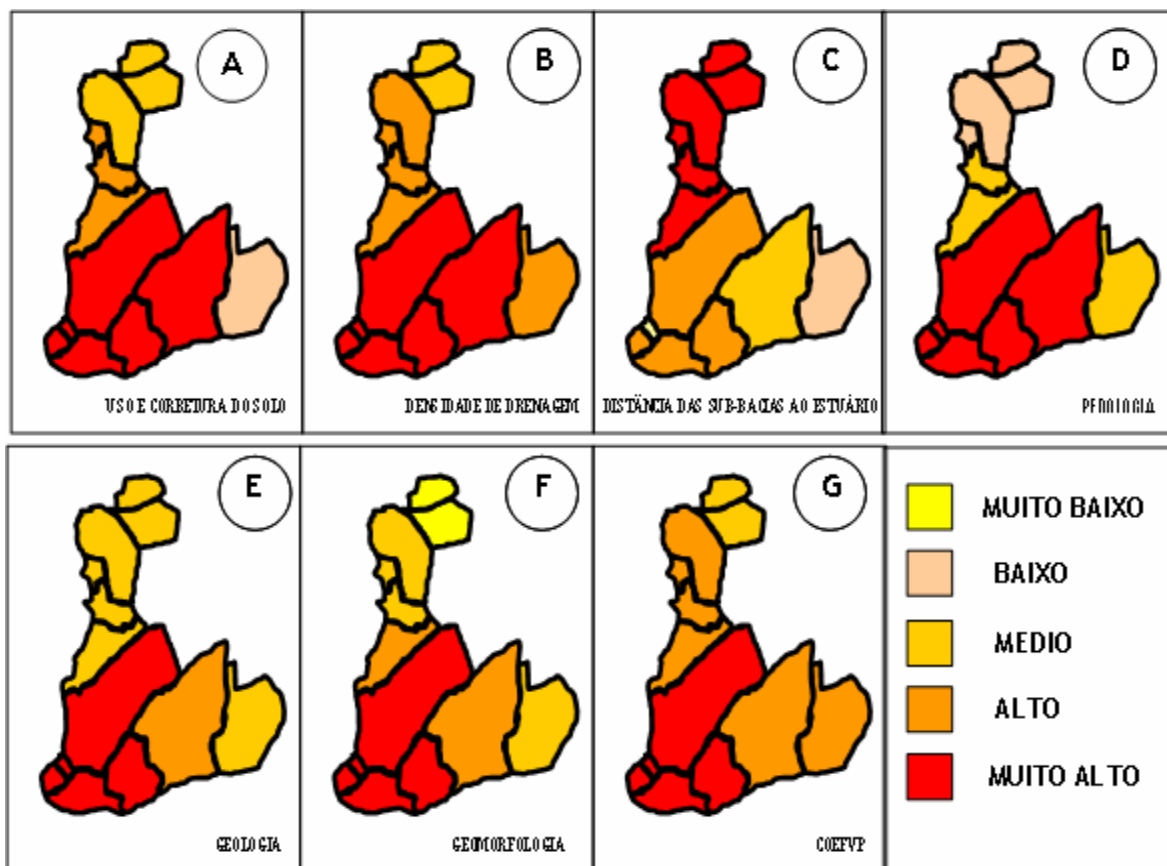


Figura 02: Mapeamento do estuário do Guajará, a partir da ponderação das classes temáticas.

Notadamente, nas áreas em que o processo de degradação ambiental já está, de certa forma, estabelecido, em função do desmatamento e ocupação do solo, as zonas que se destacam como de alto grau de potencial poluidor, destacando-se as sub-bacias do Una, Reduto, Tamandaré, Estrada Nova e Tucunduba. A falta de esgotamento doméstico maximiza esta problemática, uma vez que os canais de drenagem cortam as zonas altamente urbanizadas, mesmo aonde há zonas moderadamente habitáveis ainda assim o potencial poluidor atinge um grau médio.

Ao visualizarmos a figura 2A, percebe-se que as sub-bacias do Una, Reduto, Tamandaré, Estrada Nova e Tucunduba apresentam um potencial poluidor classificado como muito alto. Esta constatação pode ser interpretado mediante a intensa urbanização que região vêm sofrendo em meio a um processo denominado de verticalização. Ademais, as sub-bacias do Tucunduba e da Estrada Nova localizam-se em uma região caracterizada por outro fenômeno urbano, comum em grandes cidades, a favelização. Sendo que, este cenário, é seguido, concomitantemente, com intensificação da expansão urbana desordenada aditada pela falta de infraestrutura sanitária. Tais circunstâncias podem denotar, em função da hidrodinâmica do estuário Guajarino, em parte explicada, que a sub-bacia do Murucutu apresenta um alto grau de potencial poluidor.

O estuário do Guajará é influenciado por praticamente todas as sub-bacias que integram a RMB. Neste sentido, quando se visualiza a Figura 2B, as sub-bacias do Una, Reduto, Tamandaré, Estrada Nova, Tucunduba e Murucutu apresentam-se como fonte de alto potencial poluidor, por estarem localizadas nos bairros mais populosos do município de Belém, e estas serem penetradas pelos canais de drenagem mais extensos que cortam a RMB. Ressalta-se uma peculiaridade que se constata na RMB, onde os canais de drenagem natural foram, em sua maioria, canalizados. Estas regiões, as quais se encontram delineadas as sub-bacias, ora analisadas pela densidade de drenagem, por serem intensamente urbanizadas, em décadas passadas, foram aterradas impedindo o escoamento natural do estuário e, conseqüentemente, a minimização da densidade de drenagem. Por conseguinte, os regimes de intensa pluviosidade proporcionavam alagamentos nestas regiões. Ressalta-se que algumas obras estruturais, como a Macro drenagem, minimizaram esta problemática.

Ainda pode ser percebido, no que diz respeito à Figura 2B, que as sub-bacias de Val-de-Cães, Mata-fome, Cajé e Paracuri, apresentam um alto grau de potencial poluidor, que podem ser compreendidos por dois aspectos: em um primeiro momento pela própria hidrodinâmica do estuário, que o caracteriza como fonte poluidora difusa remediando graus de contaminação para estas regiões; e em um segundo momento, é que estas zonas estão sofrendo fenômenos análogos aos das zonas supracitadas que compreendem as sub-bacias com o grau muito alto de potencial poluidor. E, na Figura 2C, quando as sub-bacias aproximam-se mais do estuário do Guajará, maior é potencial poluidor, como se percebe nas sub-bacias do Ananin, Outeiro, Paracuri, Cajé, Mata Fome, Val-de-cães. Em parte explicadas pela anuência do fenômeno de maré do estuário Guajarino.

Ao se incorporar como incremento de potencial poluidor a ponderação referente a pedologia, Figura 2D, identifica-se, novamente, que as sub-bacias do Una, Reduto, Tamandaré, Estrada Nova e Tucunduba são classificadas como potencial poluidor muito alto. Isto pode ser compreendido, por estas sub-bacias estarem localizada em regiões de intensa urbanização e altamente impermeabilizada. Nota-se que a sub-bacia de Val-de-Cães, denota como grau médio, juntamente com sub-bacia do Aurá. No entanto, ressalta-se que a infiltração de contaminantes, como o “xorume”, por exemplo, principalmente na sub-bacia do Aurá, por está localizado próximo a um aterro sanitário, pode alterar os resultados aqui analisados. No entanto, a pesquisa abordou, tão somente, o parâmetro pedologia.

A figura 2E e 2F, apresentou um comportamento tendencioso para as sub-bacias Una, Reduto, Tamandaré, Estrada Nova, Tucunduba e Aurá. Ao passo que as demais demonstraram resultados diferentes, tendo como destaque as sub-bacias de Ananin, Outeiro e Val-de-Cães. Como a RMB é caracterizada como uma região de alto índice pluviométrico, logo ao relacionar a ponderação do COEFVP, a maioria das sub-bacias tem comportamento de um alto grau de potencial poluidor. Observa-se que os pontos de coletas da pluviosidade da RMB, limitaram-se por dois aspectos: (I) apenas 03 (três) pontos e (II) médias mensais.

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

A proposta correspondente aos resultados da modelagem, aplicando-se álgebra de mapas (Soma Ponderada), os Cenários 1, 2, 3 e 4, na forma de mapas, pode ser visualizada na Figura 3 – A, B, C e D.

Ao comparar os Cenários 1, 2, 3 e 4 (Soma Ponderada) notou-se uma tendência de redução da área da classe muito baixa e um aumento da área da classe muito alto, haja vista que conforme se atribuiu maior peso ao tema uso e cobertura da terra, maior passou a ser o potencial das sub-bacias quanto ao transporte de poluentes ao estuário do Guajará. Esta tendência agrava-se, pelo fato de que os principais canais de drenagem atravessam a zona urbana de Belém.

O processo se dá de forma gradativa, ao ponto que todas as sub-bacias passem a ter um potencial máximo (classe Muito Alto). No caso das classes intermediárias o comportamento foi variável. Entretanto, visualizou-se que a classe baixo tendeu a aumentar, quando o peso atribuído é muito alto, como foi o caso do C4 e que a classe médio se manteve relativamente estável ao longo da simulação.

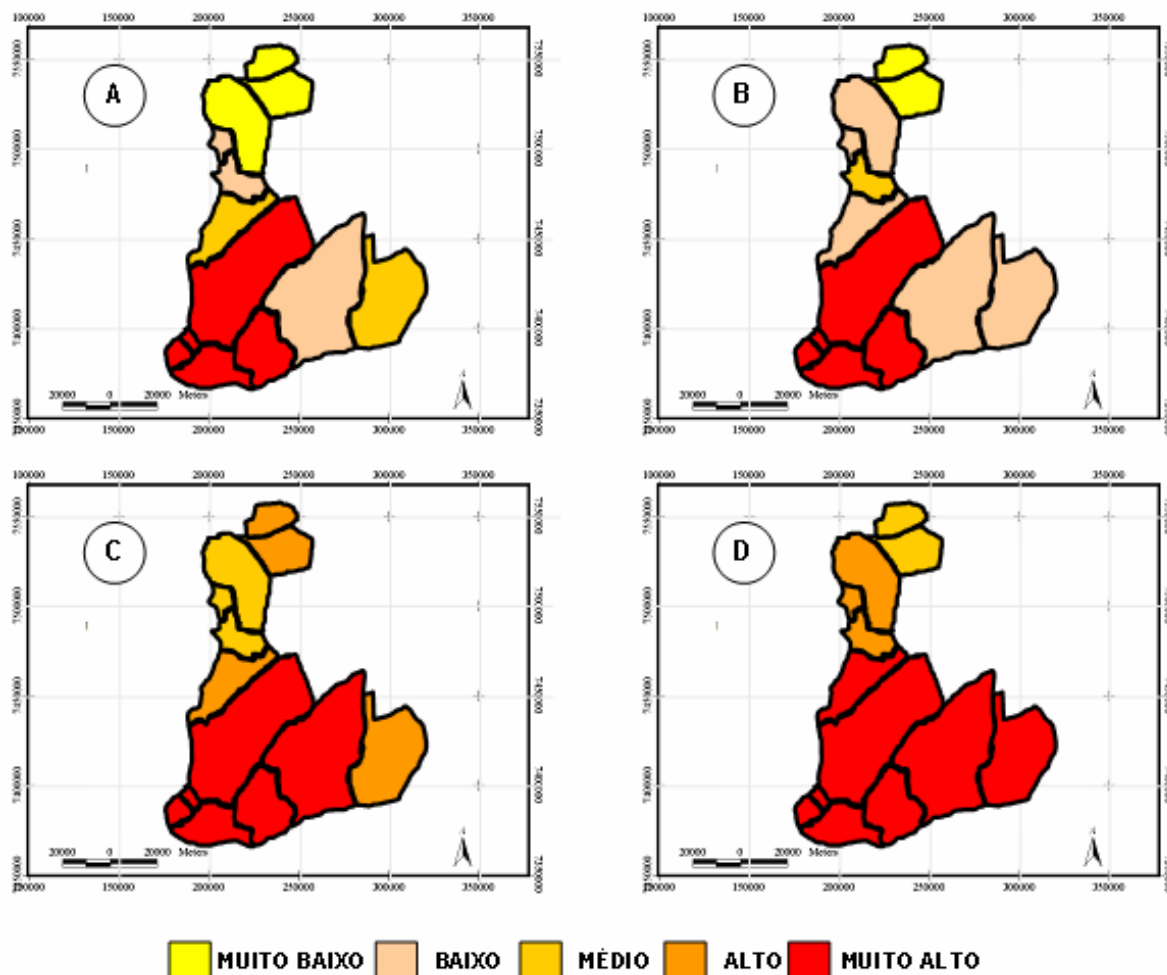


Figura 03: Mapas representando os Cenários obtidos a partir da modelagem sendo A-Cenário 1 (Peso 3), B-Cenário 2 (Peso 4), C-Cenário 3 (Peso 5), D-Cenário 4 (Peso 7).

Os resultados obtidos após a modelagem foram bastante coerentes considerando que as sub-bacias associadas às classe muito alta ou alta são, predominantemente, as que estão mais diretamente relacionadas ao estuário do Guajará, e sobretudo, as que concentram um grande número de habitações. A distância das sub-bacias em relação ao estuário contribuiu, em parte, para estes resultados, mas também o tipo de uso da terra que é intenso na orla da RMB, o qual fora o fator mais preponderante, isto se dá pela intensa atividade que poluem o estuário; a cobertura vegetal que se apresenta reduzida ou quase nula na área de estudo; e a presença de solos argilosos de baixa compressibilidade (argila mole) que são bastante susceptíveis à erosão, agravados pela inexistência de mata ciliar; sem contar o coeficiente de variação de pluviosidade que se dá em quase toda a região de forma intensa. Ressalta-se que a sub-bacia do Aurá é acrescida por aterro sanitário, o qual é circundado por índice de infiltração do “xorume”, e que sem dúvida, ao ser avaliado, certamente poderá influenciar os resultados destes estudos.

CONCLUSÕES

Apesar da subjetividade envolvida nos processos de ponderação, o modelo de análise multicritério aplicado se mostrou aceitável ao planejamento de sub-bacias visando a proteção, planejamento e ordenamento dos recursos hídricos, principalmente quando se trata de áreas extensas. Neste sentido, o ordenamento das áreas deve ser premeditado, a partir do potencial poluidor a fim de que se possa intervir de forma mais direcionada.

A metodologia aplicada neste trabalho pode ser utilizada para identificar áreas prioritárias à intervenção no sentido de otimizar o uso e ocupação das terras, recuperarem áreas degradadas, reflorestar áreas de nascentes e margens dos rios, minimizarem os processos erosivos, dentre outras práticas que venham diminuir as fontes difusas de poluição e, assegurar melhor qualidade da água. Para que tais remediações surtam efeitos, torna-se necessário a aplicação de políticas públicas eficientes e direcionadas a problemática do gerenciamento de bacias localizadas em áreas urbanas.

Neste sentido, ao relacionarmos os resultados desta pesquisa com o Plano de Gestão de Bacias em Áreas Metropolitana, constatamos que estas regiões, as quais são extremamente urbanizadas, como se identifica na RMB, a Gestão dos Recursos Hídricos deve ser posicionadas em duas vertentes importantes. Em que nestas circunstâncias dar-se-ão em: uma integração ao Plano Diretor Urbano da RMB e a uma Gestão das Sub-bacias, de forma integrada e participativa. Sendo perene se rever a questão do orçamento destinado a gerenciamento de bacias em áreas metropolitanas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BELÉM, PREFEITURA MUNICIPAL DE. 2001. Plano Estratégico Municipal para Assentamentos Subnormais. Parte II: Diagnóstico Institucional Município de Belém – Pará. SEGEP. Belém/PA.
2. CHAVEZ JR., P. S. An Improved Dark-Object Subtraction Thechnique for Atmospheric Scattering Correction of Multispectral Data. *Remote Sensing of Environment*, v. 24, p. 459-479, 1988.
3. GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S. DA; BOTELHO, R. G.M. (org.). *Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Técnicas e Aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1999.
4. KUHNLE, R.A.; BINGER, R.L.; FOSTER, G.R.; GRISSINGER, E.H. Effect of land use changes on sediment transport. *Water Res. Res.*, v.32, p.3.189-3.196, 1996;
5. LIMA, J. J. F & J. A. R. PEREIRA. 2003. Expansão urbana e degradação ambiental na região metropolitana de Belém. In: *Saneamento Ambiental em Áreas Urbanas: Esgotamento Sanitário na Região Metropolitana de Belém* Ed. Jose Almir Rodrigues Pereira, 203pp.
6. PEREIRA, K.R.B. Caracterização geoquímica de sedimentos de fundo da orla de Belém – Pará. Belém. Universidade Federal do Pará. Centro de geociências. 91 p. (Tese de Mestrado). 2001.
7. PINHEIRO, R.V.L. Estudo Hidrodinâmico Sedimentológico do Estuário Guajará – Belém (PA). Belém. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 176 p. (Tese de Mestrado). 1987.
8. PRADO, R.B; NOVO, E.M.L.M de. Aplicação de Geotecnologias na modelagem do potencial poluidor das sub-bacias de contribuição para o reservatório de Barra Bonito-SP relacionado a qualidade da água. In: *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 3253-3260;
9. RAMOS, J. 2004. *Poluição e Contaminação da Orla de Belém-PA*. Capítulo 6, pg. 121;
10. RIBEIRO, K.T.S. *Água e qualidade humana em Belém*. Belém: Cejup, 2004. 280 p. (Coleção Megam). 2004.