



Vulnerabilidade à elevação do nível médio do mar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro

N° 20120702
Julho - 2012

Felipe Cerbella Mandarino, Luiz Roberto Arueira - IPP/Prefeitura da
Cidade do Rio de Janeiro



PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO
Secretaria da Casa Civil
Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos

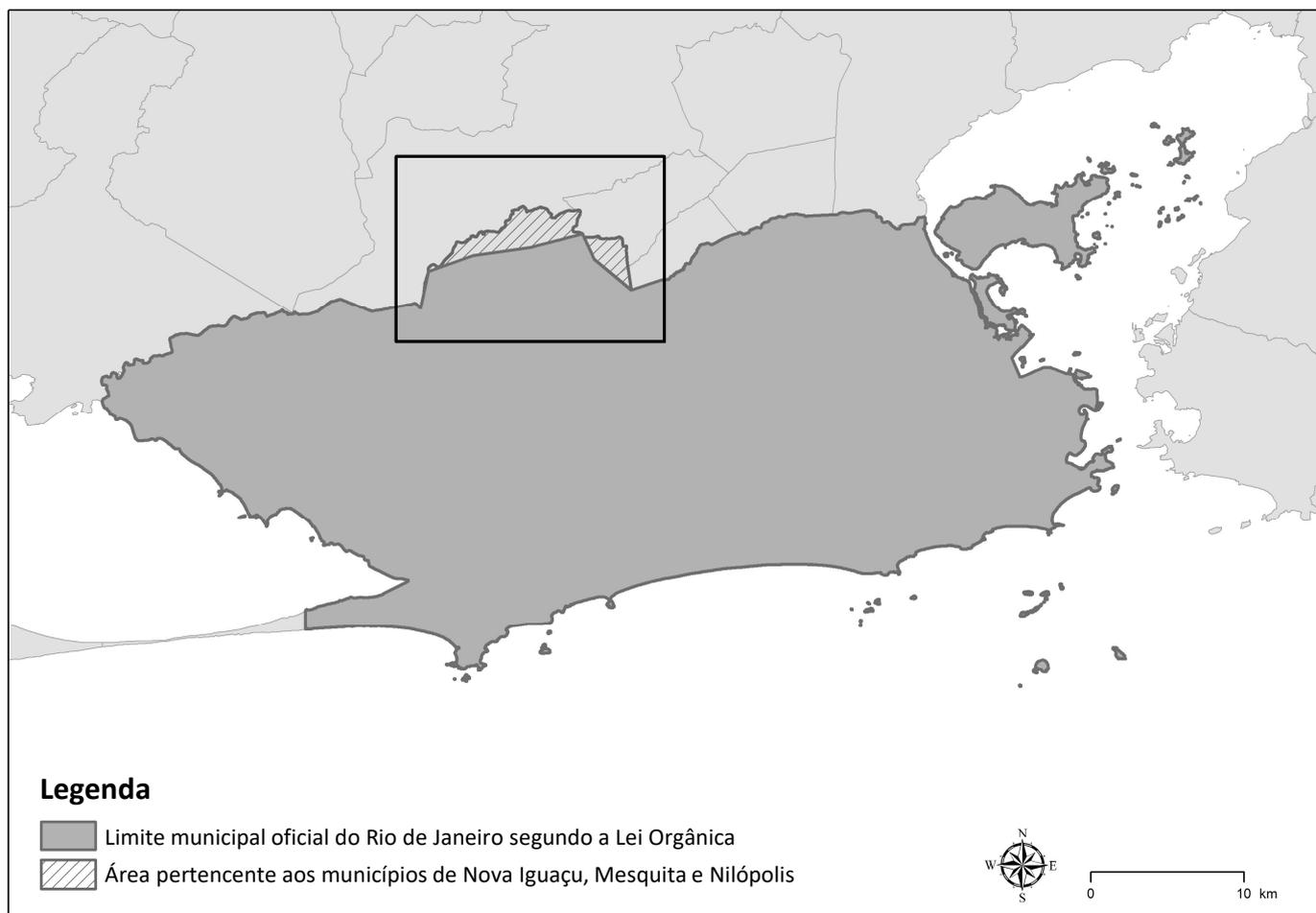
ERRATA

A partir de reuniões técnicas realizadas entre o Instituto Pereira Passos e a Câmara Metropolitana (Governo do Estado do Rio de Janeiro), no âmbito do projeto para a confecção de um Mapa da Região Metropolitana, foi discutida a divergência existente na representação dos limites municipais de Rio de Janeiro, Nova Iguaçu, Mesquita e Nilópolis.

Tal divergência, localizada na área do maciço do Mendanha, se dava pelo fato do Município do Rio de Janeiro produzir há décadas mapas que possuíam o traçado do limite municipal nesta área seguindo o divisor de águas, pela cumeada dos morros da região, limite este que assim como o restante da fronteira municipal segue acidentes geográficos como rios, canais etc.

Por sua vez, tanto o limite adotado pelo IBGE quanto aquele utilizado pela Fundação CEPERJ (Estado do Rio de Janeiro) seguem por linhas retas a partir dos picos dos morros, não condizendo com o que vinha sendo traçado pelo Município do Rio de Janeiro, porém de acordo com a descrição existente na Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro.

Desta forma, o Instituto Pereira Passos, **segundo o determinado na Lei Orgânica Municipal**, efetuou a revisão da representação cartográfica da fronteira municipal em questão, adequando-se assim ao já utilizado pelos órgãos federais e estaduais e solucionando quaisquer problemas ou questões advindas desta divergência entre os municípios supracitados.



EXPEDIENTE

A **Coleção Estudos Cariocas** é uma publicação virtual de estudos e pesquisas sobre o Município do Rio de Janeiro, vinculada ao portal de informações do Instituto Pereira Passos (IPP) da Secretaria Municipal da Casa Civil da Prefeitura do Rio de Janeiro: www.armazemdedados.rio.rj.gov.br.

Seu objetivo é divulgar a produção de técnicos da Prefeitura sobre temas relacionados à cidade do Rio de Janeiro e à sua população. Está também aberta a colaboradores externos, desde que seus textos, bem como os dos colaboradores internos, sejam aprovados pelo Conselho Editorial.

Periodicidade: A periodicidade é anual, mas o número de artigos por edição é variável, pois depende da produção de textos por parte dos técnicos do IPP, de outros órgãos e de colaboradores.

Conselho Editorial: Sergio Guimarães Ferreira e Fernando Cavallieri

Apoio Operacional: Maria Cristina Siqueira dos Santos e Marcos Luiz dos Santos Fernandes

Desenvolvimento Web: Patricia Brito de Paula e Renato Fialho Jr.

Programação Visual: Ana Tereza Redig de Campos Barrocas

CARIOCA – Da, ou pertencente ou relativo à cidade do Rio de Janeiro; do tupi, “casa do branco”. (Novo Dicionário Eletrônico Aurélio, versão 5.0)

VULNERABILIDADE À ELEVAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

Felipe Cerbella Mandarino, Luiz Roberto Arueira - Instituto Pereira Passos

INTRODUÇÃO

As cidades localizadas no litoral estarão especialmente vulneráveis face às mudanças climáticas e, entre outras consequências, destaca-se a possível elevação do nível médio do mar. No caso do Rio de Janeiro, temos uma Região Metropolitana densamente povoada, quase toda localizada em terras baixas litorâneas, com exceção dos maciços costeiros (Tijuca, Pedra Branca, etc.) e da escarpa da Serra do Mar, ao norte. É nesse contexto que, com o cuidado que o tema requer, este trabalho tem como objetivo principal analisar os resultados do mapeamento realizado pelos autores, no âmbito do Instituto Pereira Passos (IPP), da Prefeitura do Rio de Janeiro, contendo uma projeção das áreas mais vulneráveis à elevação do nível médio do mar (NMM) no Município do Rio e em toda a orla da Baía de Guanabara, a partir de três diferentes cenários.

Além disso, também foi mapeado e será apresentado aqui o que na literatura internacional está definido como *Low Elevation Coastal Zones* - LECZ (McGranahan, Balk, Anderson, 2007), em tradução livre: “Zonas Costeiras da Baixa Elevação”, as quais são definidas como as áreas contíguas à linha de costa, que tenham altitude menor do que 10 metros acima do nível do mar. A importância dessa categoria é poder ser mapeada toda a Região Metropolitana, ao contrário dos cenários de elevação do nível do mar, como veremos adiante, oferecendo assim uma ideia da área sob risco potencial de alagamento, permitindo comparações, já que existem dados de área e população em LECZ para diversas regiões do globo.

O conceito de vulnerabilidade é aqui entendido como uma variável socioambiental, a qual se baseia tanto na perspectiva da probabilidade da ocorrência de impacto ambiental a um determinado espaço geográfico, como também às respostas da sociedade ali localizada a esses danos.

Metodologia

A maior dificuldade encontrada para a realização deste trabalho foi a de buscar bases cartográficas em escala compatível com os objetivos acima apresentados e que abrangessem toda a área de estudo. Infelizmente, as fontes de dados altimétricos que abrangem toda a Região Metropolitana, como o modelo digital de terreno SRTM (NASA) e as cartas topográficas do mapeamento sistemático do IBGE, não têm escala compatível com a necessidade de prever mudanças na linha de costa segundo os cenários adotados pela coordenação do projeto, quais sejam os de aumento do nível médio do mar em 0,5, 1,0 ou 1,5 metros, até o fim deste século.

Dessa forma, decidiu-se avaliar os efeitos da elevação do nível médio do mar apenas para áreas onde houvesse base cartográfica disponível e de qualidade satisfatória, com escala de, no mínimo, 1:10.000. Assim, tivemos duas fontes de dados distintas para esta etapa do trabalho, as quais são: 1) as bases cartográficas do Município do Rio disponibilizadas pelo próprio IPP, na escala de 1:2.000, para quase todo o município (exceção de alguns pedaços do extremo da Zona Oeste e do Maciço da Pedra Branca, cobertos na escala de 1:10.000); 2) as bases disponibilizadas pela atual Fundação CEPERJ, elaboradas no contexto do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara, na escala de 1:10.000.

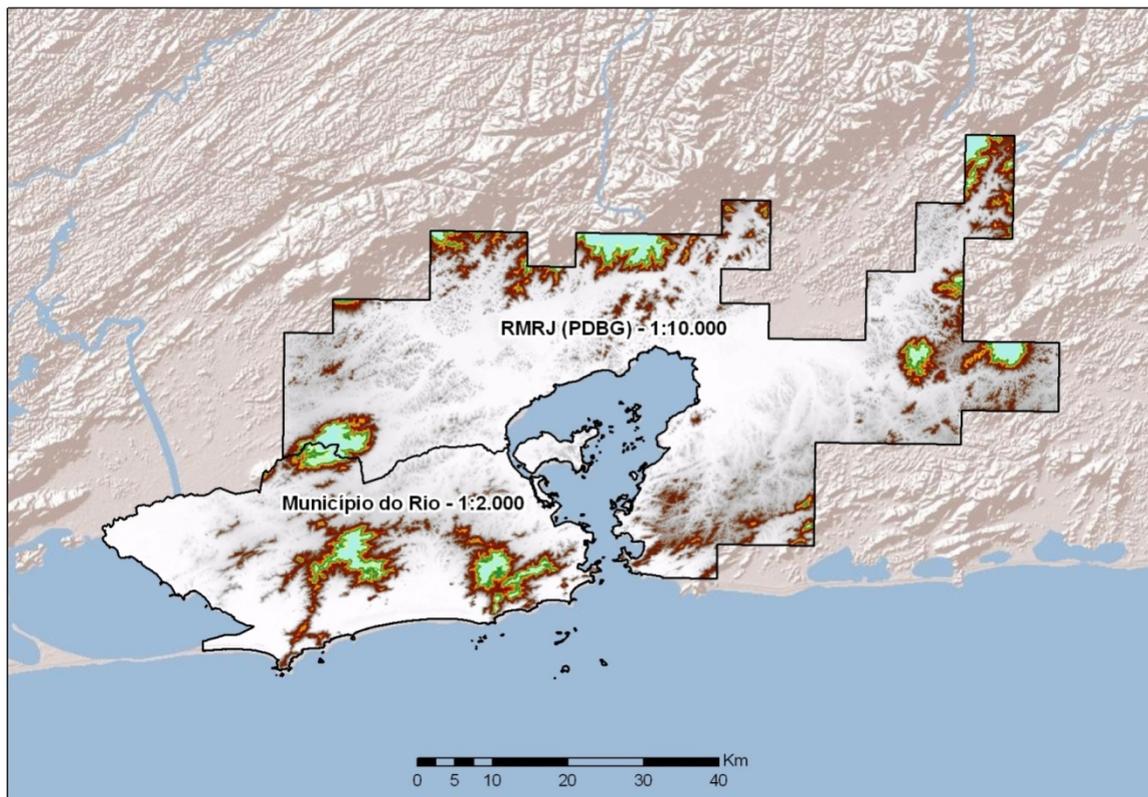


Figura 1. Área de estudo e escala das bases altimétricas utilizadas para gerar os modelos

Após a primeira etapa de busca e seleção das bases a serem utilizadas, se passou à etapa de gerar os *Modelos Digitais de Terreno* (MDTs), sobre os quais seriam projetados os cenários de elevação do nível médio do mar citados anteriormente. Para tal foi utilizada a extensão *3D Analyst*, do programa ArcGis em sua versão 9.3.1. Para os dois modelos foram usadas as bases em formato vetorial das curvas de nível, pontos cotados e linha de costa também cotada.

Um ponto importante a lembrar é o ressaltado por Muehe e Neves (2008), ao afirmarem que o problema de ajuste das bases cartográficas para os valores locais do nível médio do mar deve ser prontamente enfrentado, já que esses diferem do valor geral utilizado pelo IBGE para a cota zero (*Datum Vertical* de Imbituba/SC). Porém, na falta desse ajuste, para o trabalho desenvolvido no contexto do projeto Megacidades, a recomendação metodológica foi adotar o *Datum* vertical do IBGE e a partir dele calcular as influências das variações de nível do mar, maré meteorológica, maré astronômica e de outros fatores, como o clima de ondas.

Em sequência, para o mapeamento das *LECZ* foi utilizado o modelo SRTM em formato matricial (*raster*), já que esse satisfazia as condições de escala compatível e pronta disponibilidade para toda a área de estudo.

Todos os dados brutos gerados, como os MDTs, e mais algumas camadas, como declividade, lagoas costeiras e outras, foram disponibilizados através de mapas interativos, que podiam ser acessados via internet durante o período em que os demais pesquisadores ainda estavam realizando seus trabalhos, de forma que os resultados gerados no contexto deste artigo servissem também de subsídio para os demais textos.

Cenário Atual

A linha de costa da área de estudo apresenta relativa estabilidade no tempo histórico, sofrendo apenas com episódios de ressacas, às vezes associadas às marés de sizígia, que causam erosão costeira, galgamento das estruturas construídas na orla e “afogamento” das galerias de águas pluviais, o que gera inundações em áreas baixas, como ocorrido em abril de 2010.

As praias oceânicas estão mais vulneráveis a esse perigo, pois, no caso da RMRJ, são expostas diretamente à ação das ondas, estando inclusive voltadas para a direção das ressacas que alcançam o litoral desta porção do estado. Todavia, em geral, essas praias não são mais capazes de se adaptar a uma nova condição de nível médio do mar, por retrogradação, já que são limitadas em seu pós-praia por muros, calçadões, avenidas e/ou outros tipos de construções.

As porções de orla semiexpostas ou abrigadas do interior da Baía de Guanabara e de Sepetiba apresentam menor vulnerabilidade à ação das ondas, porém em muitos pontos apresentam os

mesmos problemas que as praias oceânicas, quando se trata da possibilidade de adaptação frente à elevação do nível médio do mar.

As porções da orla ocupadas por vegetação de mangue, como no caso da Baía de Sepetiba, no sudoeste do Município do Rio, e da região da APA de Guapimirim, no nordeste da orla da Baía de Guanabara, terão respostas diferentes devido às especificidades desse ecossistema, que está sendo tema exclusivo de um capítulo deste livro.

As lagoas costeiras, como as da Baixada de Jacarepaguá e da Região Oceânica de Niterói, podem ter seu espelho d'água aumentado, sem esquecer os possíveis impactos sobre suas embocaduras.

Cenário com as Mudanças Climáticas

Aqui serão apresentados e brevemente analisados os resultados obtidos neste projeto para os cenários de elevação do nível médio do mar, em sua área de estudo e também para o resto da Região Metropolitana, através do conceito de LECZ, como visto anteriormente. É importante lembrar que os cenários adotados pela coordenação do estudo para projetar o valor da elevação do nível médio do mar, até o fim deste século, foram: 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m.

A figura 2 mostra o principal resultado deste trabalho: o mapa que aponta as possíveis consequências, para a linha de costa da RMRJ, da elevação do nível médio do mar, como resultado das mudanças climáticas. Em primeira análise, é possível notar que três áreas se destacam como mais vulneráveis a alterações na linha de costa e outras de suas características ambientais. Essas são: o litoral do Município do Rio voltado para a Baía de Sepetiba; a Baixada e o Sistema Lagunar de Jacarepaguá, também no Município do Rio; e, numa área que abrange os Municípios de Guapimirim, Magé, Itaboraí e São Gonçalo, a porção nordeste da linha de costa da Baía de Guanabara, onde se localiza a APA de Guapimirim, conhecida pela extensa vegetação de mangue.

É possível também notar que as praias, expostas ou abrigadas, se confirmam como o tipo de ambiente mais marcado no mapeamento como vulnerável à redefinição da linha de costa. Os motivos são conhecidos, já que tais ambientes estão diretamente conectados ao mar ou às baías de Guanabara ou Sepetiba, sofrendo diretamente os efeitos da elevação do NMM.

Tabela 1. Área atingida acumulada e relativa para os três cenários de elevação do NMM

Municípios	Área atingida acumulada (km ²)			Área atingida relativa (%) até 1,5m
	Até 0,5m	Até 1,0m	Até 1,5m	
Belford Roxo	0,0005	0,37	0,72	0,9%
Duque de Caxias	2,01	3,68	10,50	2,2%
Guapimirim	2,48	14,73	21,37	5,9%
Itaboraí	3,63	10,52	15,33	3,6%
Magé	0,84	3,09	8,63	2,2%
Niterói	0,29	0,80	1,98	1,5%
Rio de Janeiro	29,66	83,02	124,67	10,3%
São Gonçalo	3,17	12,77	20,27	8,1%
São João de Meriti	0,00	0,0029	0,03	0,1%

Na tabela acima é mostrada a área atingida, acumulada por município, para cada cenário de elevação do NMM, além de quanto isso representa no total da sua área. Somente aparecem os municípios que têm linha de costa ou alguma outra parte de sua área nas cotas projetadas de aumento do NMM, e podem sofrer mudanças na sua linha de costa ou alagamentos.

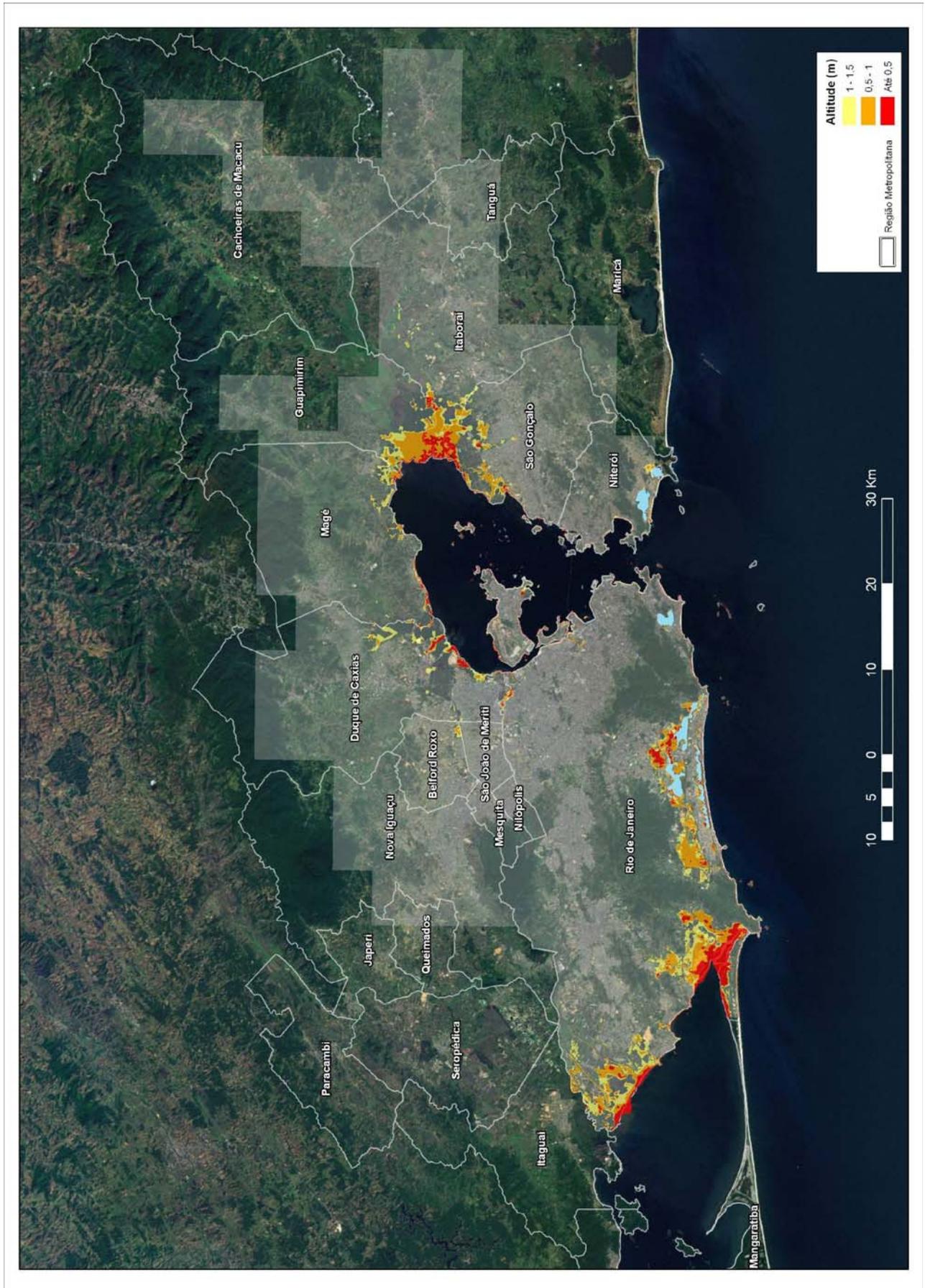


Figura 2. Áreas vulneráveis a redefinição da linha de costa pela elevação do nível médio do mar

Para o cálculo das áreas atingidas, aquelas ocupadas pelos espelhos d'água das lagoas litorâneas de Rio de Janeiro e de Niterói foram excluídas. Além disso, como podemos ver nas figuras 1 e 2, parte da linha de costa do Município de Niterói, na Região Oceânica, não é coberta pelo modelo e, portanto, não é considerada na tabela.

Os dados mostram que Rio de Janeiro, São Gonçalo e Guapimirim seriam os municípios com maior dimensão de áreas atingidas, considerando os três cenários. No cenário mais pessimista, o Município do Rio chegaria a ter mais de 10% de sua área total atingida, enquanto São Gonçalo a 8% e Guapimirim a 6%, aproximadamente. Porém, é importante analisar quais áreas podem ser alagadas na reconfiguração da linha de costa da RMRJ. No caso do Município do Rio, as áreas adjacentes à Baía de Sepetiba são, ao sul, compostas por vegetação preservada de mangue e de restinga, protegidas inclusive por Unidades de Conservação Ambiental (Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba e APA da Orla da Baía de Sepetiba).

Já ao norte temos o Distrito Industrial de Santa Cruz, que está em um momento de franca expansão de suas atividades, com a abertura da Companhia Siderúrgica do Atlântico e outros investimentos. Essa região provavelmente já tem uma configuração altimétrica diferente do que retratam as bases que serviram de fonte para o trabalho, datadas do ano de 2000, por ter passado por uma série de obras que devem ter elevado suas cotas.

Ainda para o Município do Rio, o caso que pode ser considerado mais crítico é o da Baixada de Jacarepaguá, onde o Sistema Lagunar de mesmo nome pode ver seu espelho d'água se expandir e atingir muitas áreas ocupadas em sua faixa marginal, como o bairro do Itanhangá, a comunidade de Rio das Pedras e as áreas já inundáveis da região das Vargens.

Fora do município-sede metropolitano, a região que mais se destaca no mapeamento é a dos manguezais de Guapimirim e seu entorno, abrangendo os municípios de Guapimirim, São Gonçalo, Itaboraí e Magé. Parte dessa área tem algumas características semelhantes às de Guaratiba, como a presença de manguezais e o fato de ser protegida por uma Unidade de Conservação Ambiental (APA de Guapimirim). Entretanto, algumas áreas situadas em Magé e São Gonçalo apresentam ocupação, gerando potenciais impactos na população local.

Um ponto preocupante identificado no mapeamento é o entorno do Aterro do Jardim Gramacho, localizado no Município de Duque de Caxias, e que ainda recebe o a maior parte dos resíduos sólidos do Município do Rio de Janeiro. O alagamento do seu entorno pela expansão do espelho d'água da Baía de Guanabara, em qualquer dos três cenários, inclusive no menos pessimista (0,5m), pode gerar sérios problemas no controle dos resíduos sólidos e do chorume encontrados no aterro sanitário.

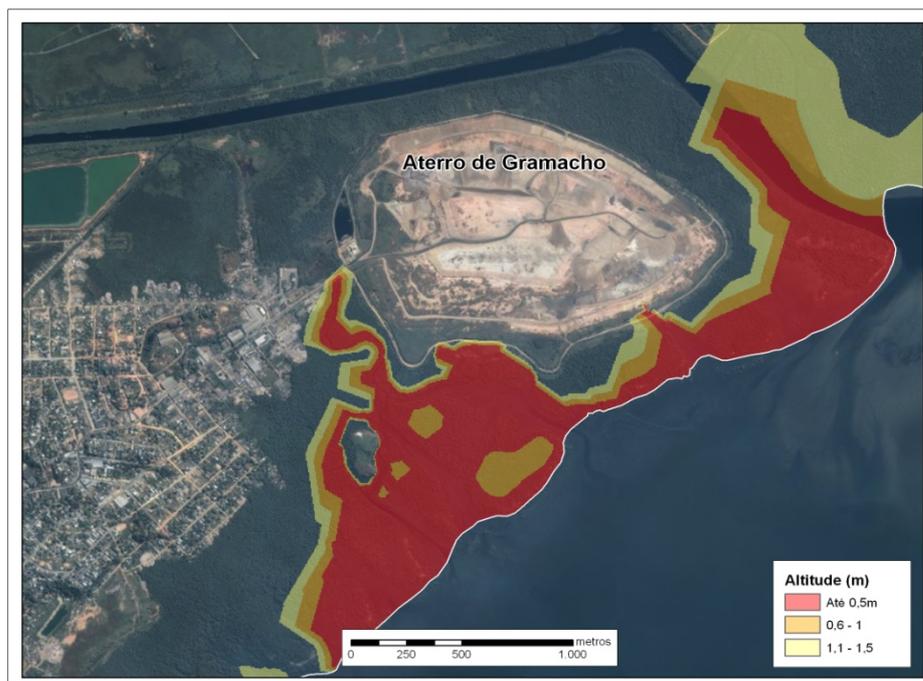


Figura 3. Entorno do Aterro de Gramacho e cotas projetadas de elevação do NMM

Zonas Costeiras de Baixa Elevação (LE CZ)

Segundo McGranahan *et al* (2007), quase dois terços dos assentamentos urbanos com mais de cinco milhões de pessoas estão total ou parcialmente inseridos em Zonas Costeiras de Baixa Elevação. Segundo estimativas dos mesmos autores para o ano 2000 essas zonas ocupariam 2% da superfície terrestre e conteriam 10% da população mundial. O Brasil tem 122.000 km² de área classificada como LECZ, sendo o 7º do ranking mundial nesse quesito, enquanto é o 5º em área total. Porém, apenas 1% da área total do país é rotulada como LECZ.

Já no caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, segundo cálculos feitos no âmbito deste projeto, chegamos ao resultado de que 1202 km² da sua área se enquadram como Zona Costeira de Baixa Elevação, representando pouco mais de 18% da área total (figura 4). Dessa forma, fica claro que o cenário de vulnerabilidade, associado aos assentamentos urbanos localizados em LECZ, é muito relevante para a RMRJ, na qual é notório o processo de ocupação concentrado no litoral.

Além dos locais já mencionados, no que tange aos cenários de elevação do nível do mar, que obviamente se destacam também no mapeamento das LECZ, alguns outros, não cobertos pelas bases cartográficas utilizadas, também merecem atenção. Entre eles está o Município de Maricá, principalmente em sua parte sudoeste, a Região Oceânica de Niterói e a porção sul dos municípios de Seropédica e Itaguaí, além de algumas baixadas confinadas pela Serra do Mar, no Município de Mangaratiba.

Entre os locais que foram cobertos pelo mapeamento dos cenários de elevação do NMM, o mapeamento das LECZ trouxe novos destaques, como a linha de costa dos bairros da Área de Planejamento 3 do Município do Rio de Janeiro (Zona Norte), incluindo a região do Caju, Maré, Ilha do Fundão e Ilha do Governador. Além disso, nos municípios da área de influência da metrópole carioca temos grandes áreas também se destacando ao noroeste e nordeste da Baía de Guanabara. No noroeste da Baía de Guanabara, as obras das futuras instalações do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ) têm parte de sua área inserida nas Zonas Costeiras de Baixa Elevação, como podemos ver na figura 5, onde são projetadas as LECZ sobre uma imagem Landsat de setembro de 2010.

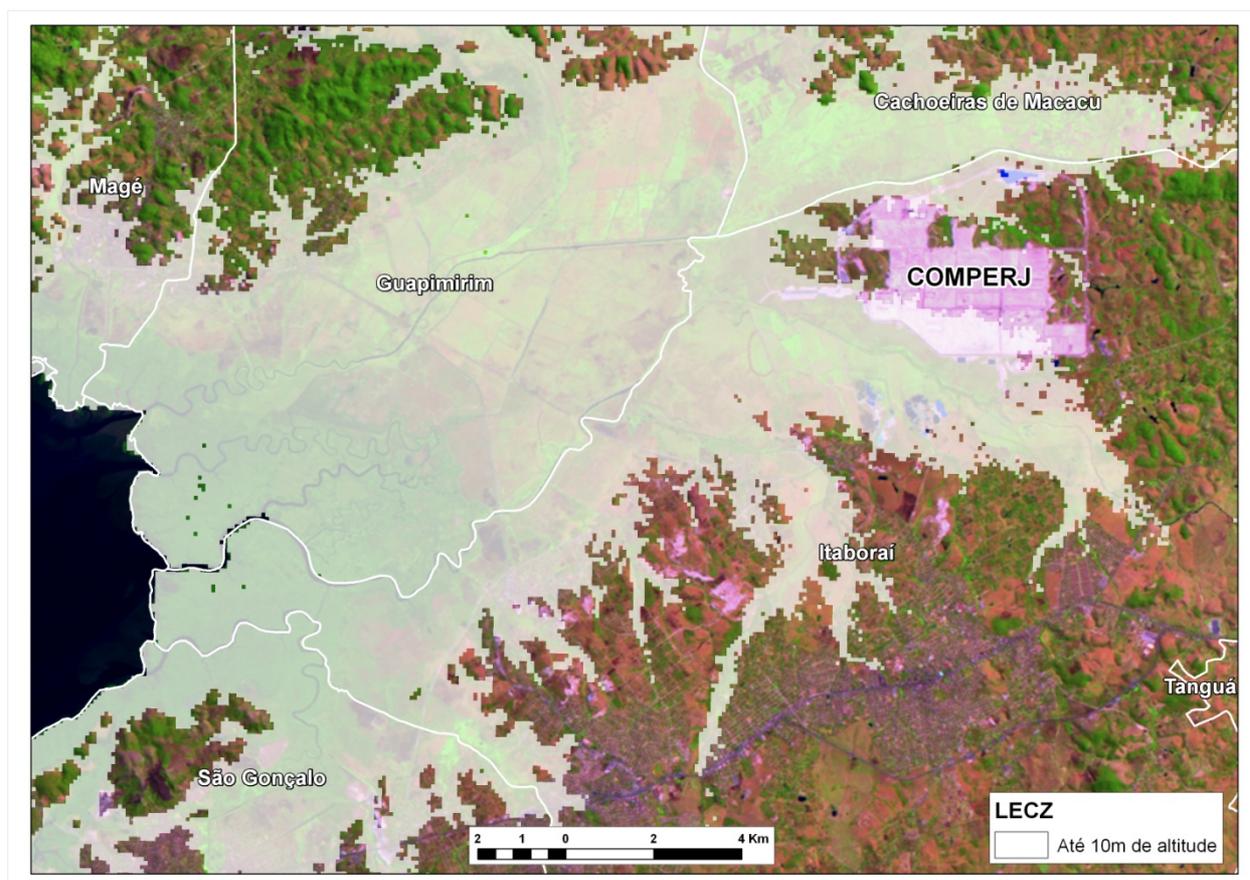


Figura 5. Zonas Costeiras de Baixa Elevação na região do COMPERJ, Itaboraí/RJ.

Os dados do Censo-2010 do IBGE foram utilizados neste trabalho na escala de Região Administrativa para a escala intraurbana do Município do Rio de Janeiro e na escala de município para a escala da Região Metropolitana. O objetivo é ter uma noção geral das áreas com maior crescimento populacional, no período 1991-2010, e compará-las com as áreas mais vulneráveis à elevação do nível médio do mar.

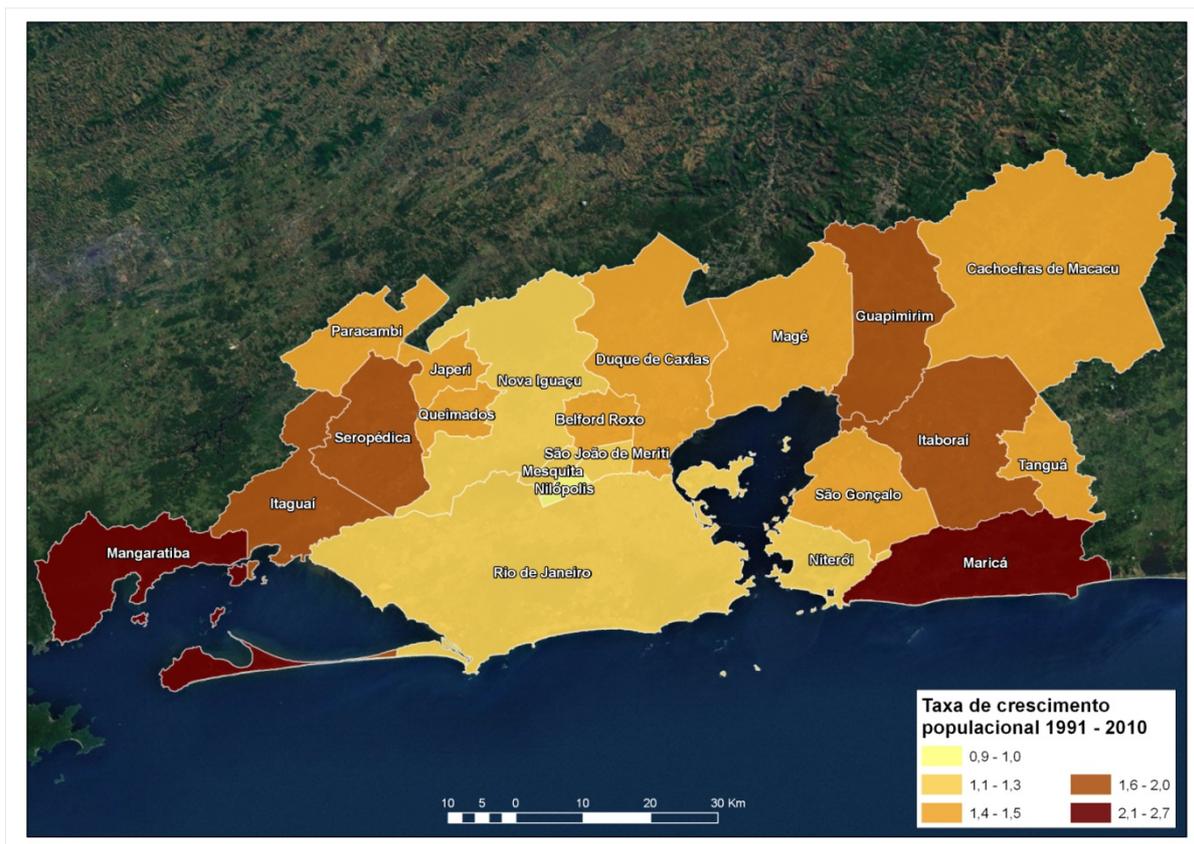


Figura 6. Taxa de crescimento populacional 1991-2010 dos municípios da RMRJ. Fonte: IBGE

Na figura 6 são mostradas as taxas simples de crescimento populacional para cada município da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, com exceção do Município de Mesquita, criado no hiato entre os censos de 2000 e 2010 e que teve sua população em 2010 somada à de Nova Iguaçu, município do qual teve origem. Dessa forma, para efeitos de comparação, Mesquita é aqui considerado, ainda, como uma parte de Nova Iguaçu, tendo assim taxa igual à deste.

As altas taxas de crescimento populacional dos Municípios de Maricá e Mangaratiba chamam atenção, já que são exatamente os dois para os quais não temos bases altimétricas precisas e de boa qualidade disponíveis, mas para os quais o mapeamento das LECZ mostrou extensas áreas vulneráveis, principalmente no caso de Maricá. O caso de Itaboraí também merece ser destacado, já que esse município vem apresentando relevante crescimento populacional e isso deve se intensificar ainda mais com as obras e a entrada em operação do COMPERJ, grande complexo petroquímico da Petrobras, que está sendo instalado na região. Por situação semelhante passam o Município de Itaguaí e a região do Distrito Industrial de Santa Cruz, na capital do estado, os quais estão sendo alvo de grandes investimentos e passam por inevitável crescimento populacional, em uma área costeira com uso portuário e que o mapeamento dos cenários e das LECZ destaca como vulnerável. Essas regiões devem ser alvo de atenção especial.

Para o Município do Rio de Janeiro podemos ver na figura 7 a mesma taxa de crescimento populacional para o mesmo período, agora mapeada por Regiões Administrativas, segundo os resultados do Censo- 2010 do IBGE. Os valores extremos da divisão de classes dos dois mapas são distintos, então as legendas são levemente diferentes.

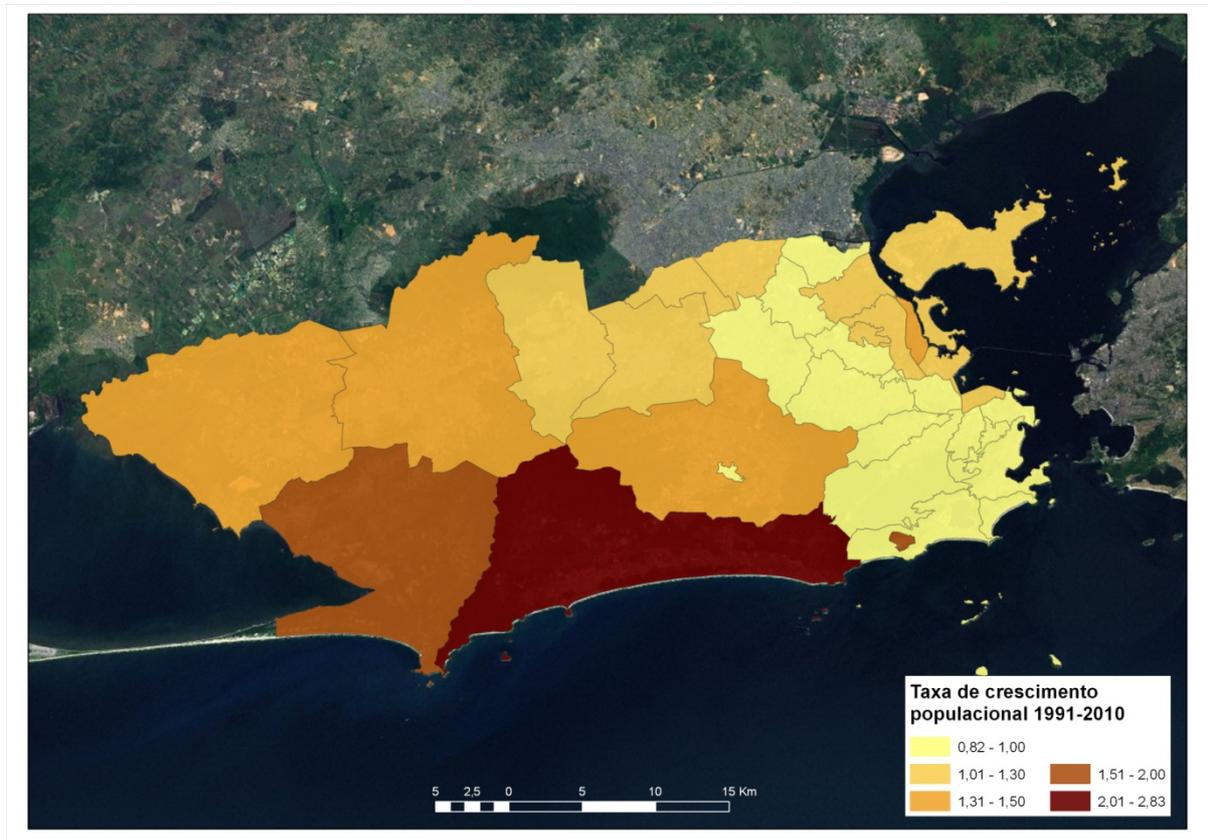


Figura 7. Taxa de crescimento populacional 1991-2010 das RAs do Rio de Janeiro. Fonte: IBGE

Em uma breve análise do mapa, podemos notar que a mesma tendência de crescimento populacional mais intenso em alguns dos municípios mais vulneráveis à elevação do nível do mar se repete quando observamos a dinâmica populacional interna da Cidade do Rio de Janeiro. A RA da Barra da Tijuca, a de maior risco, considerando a fórmula vulnerabilidade mais população exposta, é a que apresentou a maior taxa de crescimento no período (2,8), ficando à frente apenas da RA Guaratiba (1,9), cujas áreas mais vulneráveis ainda estão preservadas e assim devem ser mantidas.

Propostas de Estudos e Monitoramento

Com o objetivo de reduzir as incertezas sobre o tema, é feita aqui uma proposta de trabalho que pode ajudar os futuros estudos sobre o tema das mudanças climáticas e elevação do nível médio do mar, tornando-os mais abrangentes e precisos. Essa proposta é específica em relação ao que foi trabalhado neste artigo. Muitos outros procedimentos devem ser adotados e deverão ser destacados oportunamente.

Proposta 1

Título: Mapeamento da zona costeira do Estado do Rio de Janeiro, escala mínima 1:10.000

Produtos/Resultados: Novo mapeamento de toda a linha de costa e terrenos adjacentes, e mapeamento batimétrico da plataforma continental do Estado do Rio de Janeiro, com *datum* vertical ajustado ao nível médio do mar encontrado na costa do estado. Esse mapeamento traria melhor conhecimento da realidade da linha de costa e dos ambientes de praia do Estado do Rio de Janeiro e seria de crucial importância para que sejam previstos os efeitos da mudança no NMM.

Proposta 2

Título: Instalação, operação e manutenção de marégrafo.

Produtos/Resultados: Monitoramento, em tempo real, do nível relativo do mar e construção de série de dados para conhecimento do nível médio do mar local.

Considerações Finais

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro, uma das maiores metrópoles litorâneas do hemisfério sul, voltada diretamente ao Oceano Atlântico ou às baías de Guanabara e Sepetiba, dotada de significantes sistemas lagunares costeiros e manguezais, apresenta vulnerabilidade especial relacionada aos efeitos das mudanças climáticas na superfície terrestre. A elevação do nível médio do mar em um sítio com essas características trará impactos ambientais, sociais e econômicos de diferentes ordens de grandeza. Cabe ao poder público, à academia e à sociedade civil organizada realizar estudos com o intuito de prever os possíveis impactos e se preparar, através de monitoramento ambiental, para tomar medidas de adaptação e/ou mitigação dos mesmos.

Nesse contexto, as informações e mapas aqui apresentados não esgotam as análises e avaliações possíveis sobre os impactos da elevação do nível médio do mar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro e não pretendem ser conclusivos.

Entre os estudos que avaliam os impactos decorrentes das mudanças climáticas, os que tratam da elevação do nível médio do mar estão entre os que mais geram alarmismo e catastrofismo, principalmente após sua divulgação e repercussão pela mídia, quando atingem um número maior de pessoas. Dessa forma, devemos ter todo cuidado ao analisar e divulgar as informações aqui contidas, já que tratam de temas tão delicados para a sociedade, como possíveis remoções de moradias. Os objetivos, por trás da divulgação desses resultados, são: subsidiar outras pesquisas; fazer um alerta sobre o atual vetor e ritmo de expansão dos assentamentos urbanos; e, principalmente, servir como uma base concreta de informações que mostrem ao poder público e à sociedade civil quais são as áreas e populações mais vulneráveis e que merecem mais atenção, nas próximas décadas, no que concerne a adaptação às mudanças trazidas pelo aumento do nível do mar.

Referências Bibliográficas

McGranahan G., Balk D., Anderson B., 2007. *The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones environments*. Environment and Urbanization, vol. 19 no. 1 pp 17-37.

Muehe, D. & Neves, C. F., 2008. *Vulnerabilidades físicas da orla*. In: Gusmão, P.P; Carmo, P.S.; Vianna, S.B. 2008. *Rio, Próximos 100 anos*. IPP/SMU, Rio de Janeiro.