

EFEITOS DA ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RATONES – FLORIANÓPOLIS/SC

Fernando MONTANARI¹; Marcus POLETTE²

RESUMO

As mudanças climáticas causam eventos que poderão trazer novos padrões ambientais, entretanto existem grandes incertezas a respeito da sua evolução. Todavia, as estimativas dos impactos destas mudanças podem fornecer à população local um melhor entendimento dos benefícios de medidas e estratégias de adaptação. A bacia hidrográfica do rio Ratonés é a maior da ilha de Santa Catarina com uma extensa área alagadiça próxima ao nível do mar, sendo responsável pela manutenção de importantes funções ecológicas e da estrutura das comunidades ali ocorrentes. Esta peculiaridade faz com que se torne um ambiente vulnerável aos efeitos das mudanças climáticas, em especial à elevação do nível médio do mar. Desta forma, estimar os efeitos da elevação do nível médio do mar para a bacia hidrográfica do rio Ratonés para o ano de 2100 poderá servir de base para elaborar políticas públicas. Foi utilizado um modelo digital de elevação processado a partir de um levantamento aerofotogramétrico para delimitar a bacia hidrográfica do rio Ratonés. Este mesmo modelo digital foi utilizado para estimar a elevação do nível médio do mar, segundo o pior cenário apresentado pelo IPCC, de 0,98 metros. Cruzando estas informações com um mapa de uso do solo pode-se conhecer as principais áreas afetadas, bem como a população afetada de acordo com o censo do IBGE. A área atingida pela elevação do NMM na bacia hidrográfica do rio Ratonés foi de 27% de seu território, ou 27,27 km². As classes de uso do solo mais prejudicadas seriam a vegetação rasteira (14,28 km²) e o mangue (6,31 km²). O número de habitantes afetados chegaria a 32.355 e o total de domicílios afetados foi de 10.990. Devido a posição estratégica desta bacia hidrográfica, ligando o centro ao norte da ilha, toda esta porção da ilha ficaria isolada com a elevação do NMM, prejudicando também os bairros que seriam pouco afetados diretamente pela elevação do NMM.

Palavras-chave: Mudanças climáticas, elevação do nível do mar, gestão costeira.

¹ Mestre e Gerente de Projetos; Ecolibra; Avenida Jardim, 545, Vinhedo/SP, Brasil; fkmontanari@gmail.com e +55 47 96169606.

² Doutor e Professor; Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar – Universidade do Vale do Itajaí; Rua Uruguai, 458, Itajaí/SC, Brasil; mpolette@univali.br, +55 47 33417580

1. INTRODUÇÃO

Devido à interface entre oceano, atmosfera e litosfera, a zona costeira é reconhecida como uma região geográfica de muito risco, pois está sujeita a eventos extremos destes três domínios. Soma-se a este cenário o aquecimento global, evento que poderá trazer novos padrões ambientais, sobre os quais existem grandes incertezas sobre sua evolução.

No mundo, as áreas costeiras ameaçadas hoje abrigam cerca de 2% da superfície terrestre e aproximadamente 10% da população mundial (IPCC 2007). Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina, enquadra-se nesta realidade, do qual toda sua população está inserida na zona costeira. O território do Município é formado por uma ilha e uma península na porção continental. Desta forma, é um município banhado por oceano em quase todos seus limites geográficos.

A bacia hidrográfica do rio Ratonés é a maior da ilha de Santa Catarina com uma extensa área alagadiça próxima ao nível do mar, sendo responsável pela manutenção de importantes funções ecológicas e da estrutura das comunidades ali ocorrentes. Esta peculiaridade faz com que a torne um ambiente vulnerável aos efeitos das mudanças climáticas, em especial à elevação do nível do mar (ENM).

Segundo o IPCC (2013a), o aumento do NMM em 2100 no cenário mais pessimista será em torno de 1 metro. Este aumento deve-se, principalmente, ao aquecimento dos oceanos, pois mais de 60% do aumento de energia no sistema climático é armazenado neste ecossistema, fazendo com que ocorra sua expansão e conseqüentemente o aumento do nível do mar.

Embora os alertas da comunidade científica e a mobilização da população para estudar e implantar contramedidas, é praticamente inexistente ações governamentais neste sentido, não existindo medidas efetivas no caso de Florianópolis.

Estimar os efeitos do aquecimento global nos municípios é tarefa difícil devido a complexidade da interface entre a mudança climática, sociedade e economia global. Apesar da dificuldade, estes efeitos devem ser estimados a fim de fornecerem subsídios para a formulação de políticas públicas em escala municipal para implantação de medidas mitigadoras e de adaptação.

Cada vez fica mais claro que as políticas climáticas obtêm resultados melhores quando aplicadas em escala local, particularmente em cidades. A maior parte da população vive em áreas urbanas, e diversos impactos das mudanças climáticas irão afetar as cidades e serão necessárias medidas de adaptação específicas (Hallegatte *et al.*, 2011a).

Com o possível aumento no nível médio do mar, em cidades sem proteções ou planejamento urbano, as perdas econômicas e humanas podem elevar significativamente (Hallegatte *et al.*, 2011a). Logo, o mapeamento do aumento do nível médio do mar e seus efeitos para a bacia hidrográfica do rio Ratonés (BHRR), porção mais vulnerável de Florianópolis, poderão servir de base para elaborar políticas públicas de adaptação, sejam elas através de novas construções ou por meio de medidas não estruturais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Mapeamento do aumento do nível do mar

Existem muitas pesquisas sobre a ENM, entretanto foi utilizada a informação publicada pelo IPCC (2013a) para a criação dos cenários. O IPCC forneceu vários cenários de ENM, de acordo com o modelo utilizado. Neste estudo serão utilizados dois cenários de elevação, sendo 0,55 metros (mais otimista), e 0,98 metros (mais pessimista).

Para elaborar os cenários de ENM foi utilizado um modelo digital de terreno (MDT) em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Este MDT foi gerado a partir do levantamento aerofotogramétrico realizado pelo Governo do Estado de Santa Catarina, através da Secretaria de Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS, 2014).

O levantamento mapeou em escala de 1:10.000 o Estado durante os anos de 2010 e 2012, e um de seus produtos foi a altimetria. O MDT para o município de Florianópolis estava em escala de 1:5.000, com resolução espacial de 1 metro, no sistema de projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), com datum horizontal SIRGAS2000 no meridiano central 51° e modelo geoidal EGM2008. O MDT foi tratado em um SIG, assim como todas as análises espaciais.

Após processar o MDT em formato raster, o resultado foi convertido para arquivo vetorial, a fim de facilitar a intersecção e cálculos com outras bases cartográficas. Os vetores dos setores censitários utilizados foram do IBGE, e a imagem aérea do aerolevanteamento da SDS/SC (2014). As rodovias foram obtidas do IBGE e adequadas a partir da imagem aérea do levantamento da SDS/SC (2014) em escala 1:25.000.

Foi elaborado um mapa de uso do solo a partir da imagem aérea da SDS. A imagem de satélite foi interpretada visualmente e posteriormente validada durante trabalhos de campo. Depois do levantamento de campo, foi realizada a versão final da interpretação da imagem e posterior cálculo de áreas de cada classe de uso do solo.

2.2 Projeção do crescimento urbano

A fim de conhecer o processo de urbanização da bacia hidrográfica do rio Ratonas, foi realizada uma projeção do crescimento da mancha urbana. O crescimento urbano foi realizado utilizando o modelo CityCell (Saraiva e Polidori, 2014) desenvolvido no Laboratório de Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas.

A modelagem obedeceu três etapas: (1) definição dos dados de entrada e processos utilizados, (2) calibração do modelo e (3) modelagem para o ano de 2100.

Devido à capacidade de processamento computacional limitada, foi definido o tamanho da célula (resolução espacial) de 400 metros. Neste estudo as células assumiram 3 tipos básicos de espaço: (1) ambiente não urbanizado, dado pelo território natural e ocupado por atividades rurais; (2) ambiente urbanizado, que podem ser áreas urbanas de baixa ou alta densidade; (3) áreas institucionais, podendo ser de zoneamento ou de leis específicas.

Foram utilizadas duas imagens base de Florianópolis. A primeira do ano de 1985 do satélite Landsat 5, com composição das bandas azul verde e vermelho. A segunda imagem do ano de 2014 foi obtida através do software Google Earth (Google, 2013). Ambas as imagens foram georreferenciadas (datum horizontal WGS84, sistema de projeção UTM) em um SIG, importadas e classificadas no CityCell.

Para a calibração foram elaborados três cenários distintos de potencial de crescimento, e para cada um destes três cenários, mais outros 5 cenários para a forma do crescimento. Ao todo foram processados 15 cenários distintos, estes estão simplificados na Tabela 1.

Tabela 1 - Cenários de crescimento utilizados para modelar o crescimento urbano da BHRR de 1985 a 2014

CALIBRAÇÃO								
ID	DISTRIBUIÇÃO DA TENSÃO					POTENCIAL DE CRESCIMENTO		
	A1	A2	B	C1	C2	Cenário 01	Cenário 02	Cenário 03
a	20%	20%	20%	20%	20%	2	1,5	1,3
b	40%	40%	10%	5%	5%	2	1,5	1,3
c	5%	5%	80%	5%	5%	2	1,5	1,3
d	5%	5%	10%	40%	40%	2	1,5	1,3
e	20%	20%	40%	10%	10%	2	1,5	1,3

Estes cenários foram escolhidos devido a variável expressa pelo potencial de crescimento, do qual varia de 1,3 a 2 permitisse ajustar o valor da velocidade e intensidade de crescimento quantitativamente diferente, ou seja, quanto menor o valor, maior seria a velocidade e intensidade do crescimento, desta forma o cenário 01 cresce mais devagar do que o cenário 03.

A distribuição de tensão foi distribuída conforme padrões conhecidos de expansão urbana, do seguinte modo: A) distribuição axial; B) distribuição polar e C) distribuição difusa. A distribuição axial é dedicada a capturar as rotas preferenciais de ligação entre as células do sistema, estando associada ao sistema de circulação urbana e sendo dividida em dois grupos: A1) referente às células do caminho preferencial propriamente dito; A2) referente a células encontradas na vizinhança do caminho preferencial. A distribuição polar evidencia a diferenciações espaciais na escala mais local, no entorno imediato do atributo gerador de tensões. E por fim, a distribuição difusa pretende capturar aspectos com mais imprevisibilidade locacional no tecido urbano, porém especificável segundo dois padrões: C1) referente à promoção imobiliária formal, e C2) referente aos processos de autopromoção imobiliária e promoção imobiliária informal (Polidori, 2004).

A variação na distribuição das tensões foi adaptada de Polidori (2004), do seguinte modo: a) sem predomínio de algum tipo de distribuição (20% para todos); b) com predomínio da distribuição de tensões axiais (80% para as axiais e 10% para as demais); c) com predomínio da distribuição de tensão polar (80% para a polar e 10% para as demais); d) Com predomínio de tensões difusas (80% para as difusas e 10% para as demais); e) com predomínio das tensões axiais e polar (40% para cada e 20% para a difusa).

Para a modelagem para 2100, o ponto de partida da modelagem foi o ano de 2014. Sendo assim, a modelagem de Florianópolis para o ano de 2100 seguiu o melhor cenário de

distribuição das tensões de cada potencial de crescimento. Ou seja, foram escolhidos três cenários, com três velocidades de crescimento distintas.

3. ÁREA DE ESTUDO

O povoado de Nossa Senhora do Desterro (atual Florianópolis) foi fundado a partir de meados do século XVII pelo vicentista Francisco Dias Velho. Em 1726 foi criada a Vila, com a denominação de Desterro, com ocupação da ilha muito lenta, ocupando praticamente apenas a porção central. A partir de 1748 iniciou-se o povoamento açoriano em Desterro, cuja ocupação foi mais intensiva e com desenvolvimento da agricultura (Reis, 2012).

Florianópolis situa-se no litoral de Santa Catarina, possuindo uma porção insular e uma porção continental. A Ilha de Santa Catarina é afastada da linha da costa por uma distância de até 5 km, a ilha desenvolve-se entre as latitudes 27°22' e 27°50', paralelamente ao litoral, com eixo longitudinal que mede aproximadamente 55 km na direção N-S. Está separada do continente pelas baías norte e sul, que apresentam do Estreito, onde se encontram as pontes Pedro Ivo Campos e Colombo Salles que ligam a ilha ao continente, e onde a profundidade atinge 28 metros (Reis, 2012).

A BR101 e a BR282 são os principais acessos à ilha, tanto no sentido norte como sul. A BR282 encontra as pontes Pedro Ivo Campos e Colombo Machado Salles, já citadas anteriormente, com extensão aproximada de 1.250 m, que interliga o continente à ilha de Santa Catarina. As rodovias estaduais pavimentadas que servem o município são SC401, SC402, SC403, SC404, SC405 e SC406 (IPUF, 1998).

Segundo o IBGE (2014) a população estimada em 2014 era de 461.524 habitantes, e Florianópolis possui uma área territorial de 675,41 km² e densidade demográfica de 623,68 hab/km².

O litoral norte apresenta a oeste o Pontal da Daniela, situada junto à entrada da Baía Norte, seguida da Praia de Jurerê (com 3,5 km, entre a Ponta do Morretes e do Forte), Canasvieiras e Cachoeira do Bom Jesus, delimitadas pelo extremo norte da dorsal e pela Ponta do Morretes (Figura 1). A formação dessas planícies está associada, principalmente ao recuo progressivo do nível do mar a cerca de 5.100 anos atrás. O caráter recente e instável destas formações demanda maior prudência quanto à sua ocupação. A aceleração de processos erosivos marinhos, somados à densidade crescente da ocupação balneária (a partir dos anos setenta) e à precariedade das condições sanitárias esboça um quadro preocupante para a qualidade ambiental (CECCA, 1997).

A bacia hidrográfica do rio Ratonas está localizada a noroeste de Florianópolis, adjacente à baía norte. É a mais extensa bacia hidrográfica da Ilha de Santa Catarina, com uma área proximada de 100 km², é formada entre os morros da Barra do Sambaqui, o morro do Forte, o Morro de Jurerê-Canasvieiras e os morros da Dorsal Norte da Ilha (Silva, 2000).

O Rio Ratonas é o principal formador desta bacia e deságua em um pequeno estuário (a enseada de Ratonas), delimitado pelo Pontal da Daniela. Afluente de margem direita, o Rio Papaquara deságua na parte central do manguezal, apresentando grande volume de água e exercendo, portanto, importante papel na dinâmica sedimentar deste ambiente. Segundo Caruso (1990), apresenta, também, como afluentes de margem direita, o Rio Costa e o Rio

Cachoeira; e o Rio Ribeirão e Piçarras, pela margem esquerda. O Rio Ratores e alguns de seus afluentes eram navegáveis em quase toda a extensão de seus cursos, por correrem através de uma planície. Os rios desta bacia constituíram-se na principal via de transporte para pequenas canoas durante o século XVIII até o início do século XX.

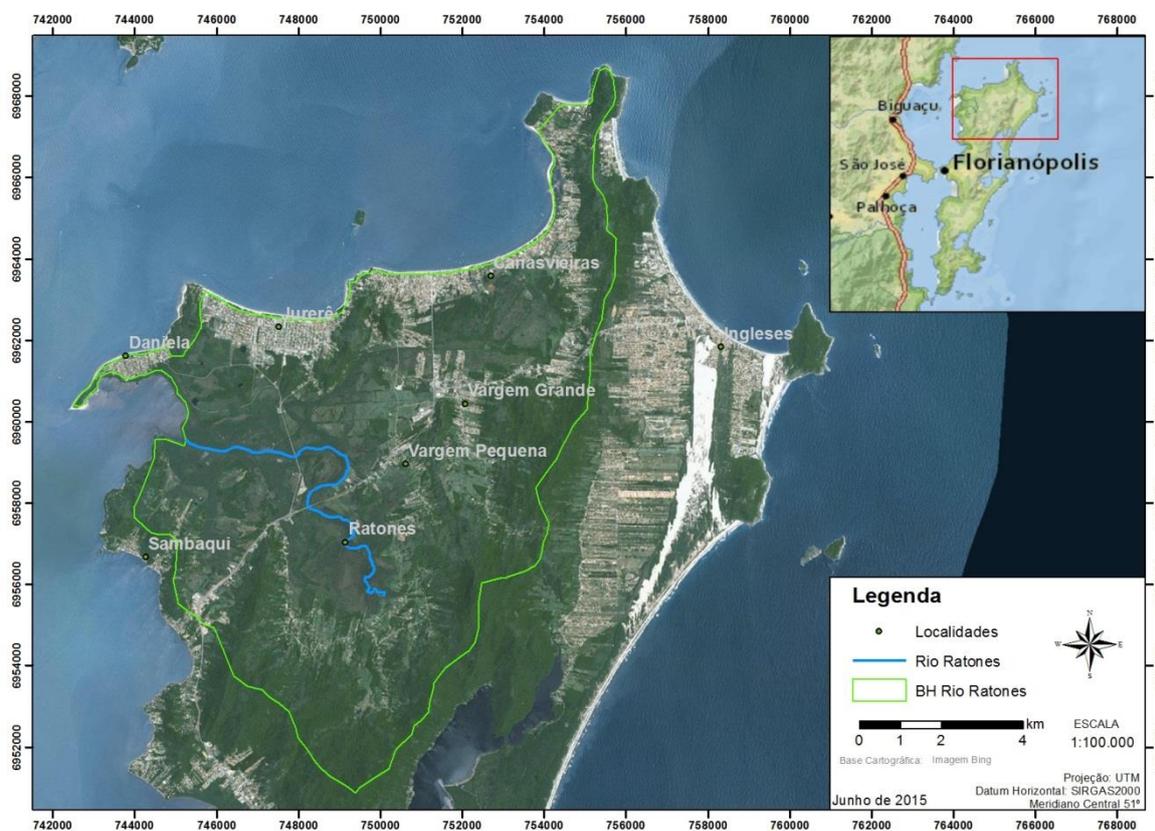


Figura 1 - Delimitação da bacia hidrográfica do rio Ratores no norte do município de Florianópolis/SC

A Bacia Hidrográfica do Rio Ratores caracteriza-se por uma grande heterogeneidade ambiental (balneários, manguezal, restinga, área urbana e uma considerável área rural), contribuindo para uma diversidade econômica e social desta região. Quanto aos aspectos sócio-econômicos, a região apresenta um quadro bastante diversificado. Sua população é constituída por nativos (descendentes de açorianos, índios, escravos, negros), migrantes e uma população sazonal (veranistas). Atualmente a Bacia Hidrográfica do Rio Ratores (figura 07) encontra-se bastante alterada, seus afluentes assoreados e poluídos e inúmeros esgotos domésticos têm como destino final os mananciais (Fusverk, 2002).

Na linha de costa, os contrastes dos balneários são bastante notáveis. Há balneários de turismo e especulação imobiliária de alto padrão, como Jurerê Internacional; de grande especulação e turismo como Canasvieiras e Jurerê Tradicional e os poucos explorados turisticamente como da Daniela e Forte. Nas zonas rurais, encontramos o distrito de Ratores, e as localidades de Vargem Grande, Vargem Pequena, Canto do Moreira, dentre outras. Como citado anteriormente, a maioria das áreas rurais utilizadas para agricultura ou pastagens, atualmente são balizadas por novas relações: instalações de chácaras (com piscinas, churrasqueiras), por pessoas com alto poder aquisitivo que buscam provavelmente

melhor qualidade de vida. O agricultor que era proprietário de suas terras, passa a ser empregado (caseiro, jardineiro, ou submete-se a trabalhos temporários).

A área ocupada pelo manguezal de Ratores, em 1938 era de 16,57 km². A partir deste marco temporal, sucederam-se as intervenções humanas levando à restrição deste espaço (CECCA, 1997). De acordo com o mapa de uso do solo com informações de 2014, o manguezal ocupa apenas 9,03 km², ou seja, uma redução de 45,5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Mapeamento do aumento do nível do mar

Com o cruzamento do MDE da BHRR e os cenários de ENM estimado pelo IPCC para o ano de 2100, chegou-se ao mapa exposto na Figura 2. No cenário mais otimista a área atingida seria de 16,5% de seu território, ou seja, 16,58 km², para o cenário mais pessimista a área atingida foi de 27,2%, ou 27,26 km².

Observa-se que a planície de inundação do rio Ratores é atingida em ambos os cenários. Já as áreas urbanas consolidadas são atingidas principalmente no cenário pessimista, entretanto a BHRR mostra-se vulneráveis aos efeitos da ENM, mesmo no cenário otimista. Para uma melhor análise das classes de uso do solo, foi realizado o cruzamento dessas informações.

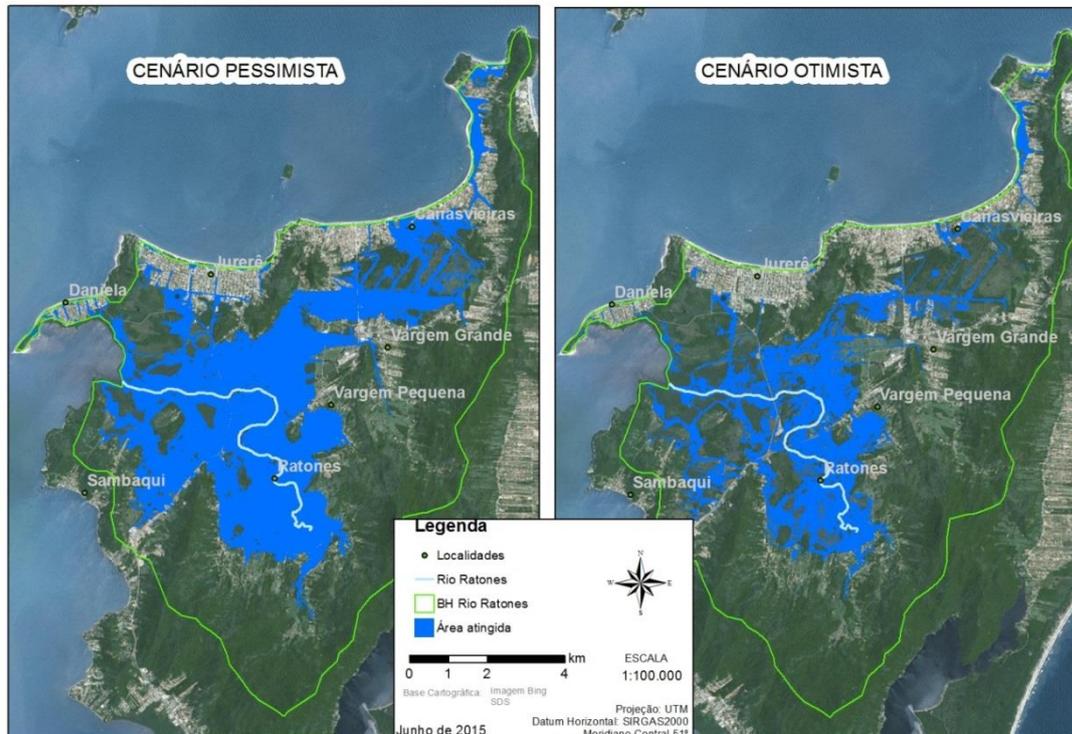


Figura 2 - Área atingida pela ENM na BHRR para o ano de 2100 nos cenários pessimista e otimista

A nomenclatura das classes de uso do solo seguiu o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013b). Foram utilizadas sete classes de uso do solo, sendo elas: área urbanizada, mangue, praia, campestre e florestal (Tabela 2).

Tabela 2 - Classes de uso do solo, suas respectivas áreas de cobertura e percentagem de área atingida pela ENM utilizando dados de 2010

Classe	Porcentagem total	Percentual atingido	
		otimista	pessimista
Área Urbanizada	25,4%	8,2%	17,3%
Mangue	9,0%	46,3%	70,0%
Praias	0,2%	14,3%	19,0%
Campestre	33,8%	26,4%	42,1%
Florestal	31,5%	4,2%	7,0%

Por estar em áreas baixas, o principal ecossistema afetado é o mangue, 46,3% no cenário otimista de toda sua área, e 70% no cenário pessimista.

Bezerra *et al.* (2013) explicam que caso isso ocorra, pode haver inundação permanente e erosão de áreas ocupadas pelo manguezal, com deslocamento da área de influência das marés. O que poderia ocasionar perdas de diversidade biológica em decorrência de alterações no hidropérido e na zonação das espécies vegetais do manguezal, e poderá ocorrer também, migração do manguezal em direção ao interior, caso não existam barreiras à sua colonização (ex. construções antrópicas). Na BHRR, os manguezais estão parcialmente enclausurados pela área urbana e não poderão migrar para outras regiões. Além do mangue, todas as praias poderão ser atingidas, trazendo impacto desastroso para um Município que vive em grande parte em função do turismo.

A segunda classe mais atingida (26,4% no cenário otimista e 42,1% no cenário pessimista) na BHRR é a campestre. A classe campestre foi caracterizada por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso. Nesta categoria estão inclusas também as propriedades rurais, muito comuns em Rationes.

A outra classe com o maior percentual atingido seriam as praias, com 14,3% no cenário otimista e 19% no pessimista. A utilização das praias de Florianópolis como balneário reflete um longo processo de expansão iniciado no início do século passado (Reis, 2012). Porém, foi a partir da década de 1970 que o crescimento da atividade turística acelerou-se exponencialmente. Segundo a Santa Catarina Turismo (SANTUR, 2014), órgão do governo Estadual, através de pesquisa com os turistas, a principal atratividade de Florianópolis é a imensa variedade de praias (urbanizadas, rústicas, com águas calmas ou agitadas, extensas ou ancoradas em pequenas baías), além de outros atrativos proporcionados pela apropriação dos seus diversos ambientes naturais.

A área urbanizada seria atingida pela ENM em 8,2% no cenário otimista e 17,3% no cenário pessimista. Para obter a população afetada pela ENM utilizou-se a informação populacional de 2010 dos setores censitários, para o impacto do ano de 2100.

Para o ano de 2010, o número de habitantes afetados no cenário otimista chegou a 27.692, ou 55,5% (o total de habitantes segundo as unidades censitárias do IBGE na BHRR era de

49.869), e o total de domicílios afetados foi de 9.289, ou 55,2% (o total de domicílios existentes na BHRR em 2010 era de 16.828). Já no cenário pessimista o percentual da população atingida chega a 64,9% e o de domicílios foi de 65,3%.

A área urbana de Florianópolis desenvolveu-se prioritariamente nas áreas de depósito de sedimento marinho, mais baixas, sendo assim, a malha viária acompanhou este traçado. A elevação do NMM poderia trazer diversos prejuízos para as principais rodovias do Município. Duas rodovias importantes da BHRR seriam atingidas, a SC 401 e SC 402, deixando toda a porção norte da ilha isolada com a ENM prejudicando bairros que seriam muito pouco afetados diretamente, já que muitas rodovias ficariam comprometidas.

4.2 Projeção do crescimento urbano

A segunda etapa deste estudo mapeou o crescimento urbano na BHRR. Nesta etapa, o crescimento populacional para 2100 não considerou a elevação do NMM como obstáculo, ou seja, a mancha urbana pode crescer sem que este seja fator limitante.

Projetar o crescimento da expansão urbana é uma tarefa difícil, e muitas vezes é mais fácil avaliar os impactos futuros na sociedade e economia atuais. A vantagem deste método é controlar a incerteza e reduzir a quantidade de parâmetros desconhecidos. Entretanto, esta abordagem não é sempre aceitável, especialmente em países em desenvolvimento, onde o crescimento urbano é acelerado fazendo com que a exposição e vulnerabilidade variem muito em um pequeno espaço de tempo (Hallegatte, 2011b).

Na calibração do CityCell para a BHRR, nos três cenários diferentes de potencial de urbanização (velocidade da urbanização) a forma de crescimento urbano que mais se assemelhou com o ano de 2014 foi o predomínio polar. Esta similaridade deu-se através da porcentagem de acertos do número total de células simuladas, atingindo 73,53%, 76,15% e 77,50% de acerto nos cenários de potencial urbano 1c, 2c e 3c, respectivamente.

A porcentagem de acerto do número total de células simuladas traz a intersecção das porcentagens das células do estado final (urbano 2014) com a última interação do modelo, em relação ao total de células existentes da união desses dois grupos. Ou seja, quanto maior o número de células coincidentes, em relação ao total de células da comparação, maior a porcentagem de acerto.

Outro parâmetro para análise de similaridade é o número total de células ao final da simulação comparado ao total em 2014. O cenário 3c, além de apresentar a maior porcentagem de acerto em relação ao ano de 2014 com o número total de células simuladas, também foi o que apresentou a maior semelhança com o número total de células ao final da simulação, com erro de 8,5%.

A forma de distribuição predominantemente polar ilustra bem o crescimento urbano em Florianópolis. Conforme aponta Reis (2012), a estrutura urbana que vem se consolidando no Município é o resultado de crescimento local, ou seja, dos núcleos preexistentes (bairros). Apesar do pequeno crescimento ao longo das vias (axial), e do crescimento difuso, são os bairros que atraem a população e aumentam a mancha urbana.

Este tipo de urbanização se deve ao fator histórico e geográfico. O crescimento em Florianópolis é ditado por fortes limitações à ocupação urbana, com grandes descontinuidades da mancha urbanizada. As áreas definidas por encostas íngremes, manguezais e dunas, atualmente protegidas por legislação ambiental, constituem os espaços menos transformados pela ocupação humana.

Desta forma, os cenários que melhor representaram o crescimento urbano em Florianópolis foram os três com predominância polar. A distribuição polar evidencia a diferenciações espaciais na escala mais local, no entorno imediato do atributo gerador de tensões.

Para a modelagem de 2100m utilizaram-se os três cenários com predomínio polar. A simulação do cenário 1c começou com 1.088 células urbanas, ao final de 86 iterações (equivalente a 86 anos) chega a 1.160 células, um crescimento de 72 células (equivalente a 11,52 km²) ou 6,62%. A simulação do cenário 2c começou com 1.088 células urbanas, ao final de 86 iterações chega a 1.171 células, um crescimento de 83 células (equivalente a 13,28 km²) ou 7,63%. A simulação do cenário 3c começou com 1.088 células urbanas, ao final de 86 iterações chega a 1.175 células, um crescimento de 87 células (equivalente a 13,92 km²) ou 8,00%.

O pequeno crescimento urbano na BHRR, mesmo na modelagem com potencial de crescimento de 1,3, vai ao encontro do que foi discutido, pois o crescimento urbano é confinado a pequenas porções do território, fazendo com que a expansão seja pequena. Considerou-se que a política atual de zoneamento municipal será cumprida, esta prevê que grande parte da BHRR é de Zona Núcleo Natural e Zona de Amortecimento Natural, com fortes restrições à ocupação urbana. Além do zoneamento existe a Estação Ecológica de Carijós, uma unidade de conservação integral.

O que poderá acontecer na zona urbana mais próxima ao litoral é um adensamento da mancha urbana já existente. Ao invés de outras áreas serem convertidas em manchas urbanas, esta será cada vez mais densa a fim de comportar o crescimento da cidade. Este padrão de adensamento populacional já vem acontecendo em Florianópolis. Conforme demonstrado na Tabela 3, enquanto que a área urbanizada cresceu 27,88%, o número de habitantes aumentou em 111,19%.

Tabela 3 - Crescimento de área urbanizada e populacional em Florianópolis entre os anos de 1985 e 2014.

Ano	Área urbanizada* (km ²)	Habitantes**
1985	140,00	218.533
2014	179,04	461.524
% crescimento	27,88%	111,19%

Fonte: * Calculado no *Citycell*. ** IBGE, 2014

Esta restrição à ocupação urbana na BHRR é uma política positiva e funciona como uma medida de mitigação, mesmo que não seja esta a intenção, frente à ENM. Desestimular a ocupação da planície de inundação da BHRR poderá poupar recursos financeiros e humanos. Entretanto, esta política deve ser reavaliada constantemente no futuro de acordo com a resposta do nível do mar em nível local, de forma a expandir esta restrição de ocupação urbana, ou buscar outras formas de adaptação frente às novas condições

climáticas. Criar políticas de zoneamento de uso do solo para limitar a urbanização e desenvolvimento em certas áreas que prejudicam a morfodinâmica das praias (por exemplo, excesso de urbanização em restinga de praias em processo erosivo em Florianópolis), iriam reduzir as perdas (devido às ressacas, mesmo no nível do mar atual) nos dias atuais, e as ameaças da ENM só irá deixar esse zoneamento ainda mais desejável.

5. CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou a aplicação de uma série de ferramentas para estimar os efeitos da ENM na BHRR no ano de 2100. O objetivo deste trabalho não foi realizar uma avaliação minuciosa, mas estimar os efeitos do ENM para demonstrar a vulnerabilidade desta bacia hidrográfica e da capital catarinense, caso as previsões das mudanças climáticas do IPCC tornem-se realidade, mesmo a mais otimista. O trabalho também expôs a real necessidade de buscar medidas de adaptação e mitigação efetivas.

Conforme o estudo demonstrou, devido a ENM, a BHRR mostrou-se ser vulnerável a esta elevação e com pouca ou nenhuma proteção aos seus efeitos. Medidas estruturais simples, como a construção de diques, não cabem ao Município devido a suas características turísticas e paisagísticas. Devido às incertezas das projeções futuras acerca das mudanças climáticas, deve-se buscar alternativas de adaptação que forneçam benefícios para uma grande gama de cenários, tais como o zoneamento para gerenciar novas construções em áreas que já se encontram com alto risco devido à erosão costeira.

A modelagem da expansão urbana de Florianópolis mostrou que existem poucas áreas passíveis de ocupação urbana, principalmente devido à política de zoneamento e aos ecossistemas difíceis de serem habitados, tais como morrarias íngremes e mangues. Uma tendência que já ocorre na ilha é o adensamento da mancha urbana, fato que deverá se intensificar nos próximos anos. Foi verificado que a mancha urbana cresce num ritmo menor do que o crescimento populacional, e esta tendência deve perdurar.

Como é possível observar a variabilidade climática impõe um desafio importante à sociedade, e futuras mudanças no clima parecem inevitáveis, isto torna o desenvolvimento de estratégias de adaptação necessárias (PBMC, 2014). As consequências de longo prazo das mudanças climáticas são um argumento importante em favor de políticas de mitigação e não devem ser desconsideradas.

Não considerar as mudanças climáticas atualmente pode levar ao aumento na vulnerabilidade e limitar a viabilidade de adaptação futura. Devido às projeções do IPCC (2013b) para a América do Sul, além do aumento do nível médio do mar, Florianópolis pode presenciar aumento na quantidade de ciclones tropicais, ondas de calor e aumento de precipitação. Gerenciar estes riscos de forma combinada pode levar a uma revisão das práticas adotadas de planejamento urbano no Município, de forma a reduzir o risco de desastres e criar medidas de adaptação frente às mudanças climáticas no dia a dia da cidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bezerra, D. S.; Amaral, S.; Kampel, M. Impactos da elevação do nível médio do mar sobre o ecossistema manguezal: a contribuição do sensoriamento remoto e modelos computacionais. *Ciência e Natura*. Santa Maria: UFSM, v. 35, n.2, p. 152-162, 2013.

Caruso, M. M. L. O desmatamento da Ilha de Santa Catarina de 1500 aos dias atuais. 2. Ed. UFSC, 1990.

CECCA – Centro de Educação e Cidadania Ambiental. Uma cidade numa Ilha: relatório sobre os problemas sócioambientais da Ilha de Santa Catarina. Florianópolis: Insular, 2. Ed., 1997 a.

Fusverk, R. C. Diagnóstico ambiental e proposta de otimização e planejamento subsidiários ao programa de gerenciamento costeiro integrado da bacia hidrográfica do rio Ratonas, Ilha de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado UFSC PPEP. P. 173, 2002.

Google. Google Earth 7.1.1.1888 (software). Google. Mountain View, 2013.

Hallegatte, S.; Henriot, F.; Corfee-Morlot, J.; The economics of climate change impacts and policy benefits in city scale: a conceptual framework. *Climatic Change*. Paris: Springer, v 104, p.51 – 87, 2011a.

Hallegatte, S.; Ranger, N.; Mestre, O; Dumas, P.; Morlot, J. C.; Herweijer, C.; Wood, R. M.. Assessing climate change impacts, sea level rise and storm surge risk in port cities: a case study on Copenhagen. *Climatic Change*. Paris: Springer, v 104, p.113 – 137, 2011b.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manuais técnicos em geociências: manual técnico de uso da terra. Rio de Janeiro: IBGE, 3 ed., 2013b.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades@. 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 02 set. 2014.

IPCC - Intergovernmental Panel On Climate Change. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Forth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Genebra: IPCC, 2007.

IPCC - Intergovernmental Panel On Climate Change. *Climate change 2013: summary for policymakers*. Genebra: IPCC, 2013a.

IPIUF - Instituto de Planejamento Urbano De Florianópolis - IPIUF. Mapa físico - político do município de Florianópolis. 4ªed., revisada e atualizada. Florianópolis, 1998.

PBMC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. Contribuição do grupo de trabalho 2 do PBMC ao primeiro relatório da avaliação nacional sobre mudanças climáticas. Rio de Janeiro: COPPE, 2014.

Polidori, M. C. Crescimento urbano e ambiente: um estudo exploratório sobre as transformações e o futuro da cidade. Tese de Doutorado UFRGS PPGECO. p. 352. 2004.

Reis, A. F. Ilha de Santa Catarina: permanências e transformações. Florianópolis: Editora da UFSC, 2012.

SANTUR - Santa Catarina Turismo. Estatísticas e indicadores turísticos. Disponível em <<http://turismo.sc.gov.br>> Acesso em: 06 dez. 2014.

Saraiva, M. V. P.; POLIDORI, M. C. CityCell - Urban Growth Simulator 4.0.1 (*software*). LabUrb - Laboratório de Urbanismo da FAUrb. Pelotas: UFPel, 2014.

SDS - Secretaria de Desenvolvimento Econômico Sustentável/SC. Levantamento aerofotogramétrico. 2014. Disponível em <http://www.sds.sc.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=34&Itemid=209&lang=brazilian_portuguese> Acesso em: 19 mar. 2014.

Silva, H. L. Em busca do fenômeno geográfico. Florianópolis: 2000. Tese de pós doutoramento. UFSC, 2000. 218 p.