

Revista Brasileira de Cartografia (2017), Nº 69/4, Edição Desastres Naturais e Impactos Ambientais: 659-674
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

MÉTODOS DE VULNERABILIDADE SOCIAL – SUBSÍDIOS À ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM MUNICÍPIOS COSTEIROS

*Social Vulnerability Methods - Subsidies to Adaptation to Climate Change of
Coastal Counties*

**Débora Vieira Busman^{1,2}, Venerando Eustáquio Amaro² &
Pedro Walfir Martins e Souza-Filho^{3,4}**

¹Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG

Campus de Pesquisa, Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia - CCTE, Programa de Estudos Costeiros - PEC
Av. Perimetral, 1901, Terra Firme, CEP 66077-830, Belém, PA - Brasil
busman_dv@hotmail.com

²Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Centro de Ciências Exatas e da Terra
Departamento de Geologia, Laboratório de Geoprocessamento - GEOPRO
Campus Universitário, Lagoa Nova, CEP 59078-970 - Natal, RN - Brasil
amaro@geologia.ufrn.br

³Instituto Tecnológico Vale - ITV

Rua Boaventura da Silva, 955, Nazaré, CEP 66055-090, Belém, PA - Brasil
pedro.martins.souza@itv.org

⁴Universidade Federal do Pará - UFPA

Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Laboratório de Análises de
Imagens do Trópico Úmido - LAIT.
Campus Universitário, Guamá, CEP 66075-110, Belém, PA, Brasil
walfir@ufpa.br

*Recebido em 28 de Dezembro, 2015/ Aceito em 29 de Novembro, 2016
Received on December 28, 2015/ Accepted on November 28, 2016*

RESUMO

Eventos relacionados às mudanças climáticas têm resultado em impactos negativos em muitas regiões do mundo. O Brasil está entre os dez países mais afetados e as regiões Norte e Nordeste do país estão entre as que sofrerão os piores impactos das alterações climáticas. Para estudar a vulnerabilidade social dos municípios costeiros de Macau e Guimarães/RN (Nordeste do Brasil) e Salinópolis/PA (Norte do Brasil), sujeitos a diferentes dinâmicas ambientais e socioeconômicas, foram aplicados os métodos Índice de Vulnerabilidade Social Municipal (IVSM), Índice de Vulnerabilidade Social baseada no Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IVSF), Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) e Índice de Vulnerabilidade Social Costeira (IVSC). Guimarães foi o município de maior vulnerabilidade social em três métodos e Salinópolis foi o mais vulnerável no quarto método (IVSF). No índice IVSM, os municípios apresentaram média vulnerabilidade social em 2010. No índice IVSF Salinópolis foi classificado como de moderada e Macau e Guimarães como de regular vulnerabilidade social em 2011. No índice IVSC, Macau e Guimarães foram classificados como de

alta e Salinópolis como de média vulnerabilidade social. No índice IVS, Guamaré e Salinópolis foram classificados como de alta e Macau como de média vulnerabilidade social. Portanto, o incremento econômico resultante do setor industrial em Macau e Guamaré não está subsidiando melhorias sociais maiores que o setor de serviços em Salinópolis. O método simplificado IVSM apresentou alta correlação com o método mais complexo IVS. Portanto, sua replicação é recomendada para o reconhecimento urgente da vulnerabilidade social dos municípios brasileiros, cujos resultados podem subsidiar medidas de adaptação às mudanças climáticas.

Palavras chave: Índices de Vulnerabilidade Social, Indicadores Socioeconômicos, Gestão Costeira Integrada.

ABSTRACT

Events related to climate change have resulted in negative impacts in many regions of the world. Brazil is among the ten most affected countries and North and Northeast Brazilian regions are among those that will suffer worst impacts from climate change. In order to study the social vulnerability of coastal counties of Macau and Guamaré/RN (Northeast of Brazil) and Salinópolis/PA (North of Brazil), which are exposed to different environmental and social-economics dynamics, were applied the methods County Social Vulnerability Index (CSVI), County Social Vulnerability Firjan Index (CSVIF), Social Vulnerability Index (SVI) and Coastal Social Vulnerability index (CSVI). Guamaré was the county with highest vulnerability in the first three methods and Salinópolis was the most vulnerable in the fourth method (IVSF). The IVSM index the counties ranked medium vulnerability for the year 2010. The index IVSF Salinópolis ranked moderate and Macau and Guamaré ranked regular for the year 2011. For the IVSC index Macau and Guamaré ranked high and Salinópolis medium social vulnerability. The IVS index Guamaré and Salinópolis ranked High and Macau ranked medium social vulnerability. Therefore, the economic profit obtained with industries installed in Macau and Guamaré is not generating greater social development, then the services sector of Salinópolis. The simplified method MSVI presented high correlation with the complex method SVI. Accordingly, the replication is recommended, in order to address the urgent issue of social vulnerability of Brazilian counties and the results may lead to climate changes adaptation measures.

Keywords: Social Vulnerability Index, Socio-economic Indicators, Integrated Coastal Management.

1. INTRODUÇÃO

Impactos decorrentes de mudanças climáticas representam uma ameaça significativa para zonas costeiras em todo o mundo, pois oferecem riscos à população local por eventos como inundação e erosão da linha de costa pelo aumento relativo do nível do mar e do incremento das forçantes meteo-oceanográficas (ventos, ondas, marés e correntes). Estes fatores podem causar danos aos *habitats* costeiros (manguezais, marismas, etc.), além da destruição de culturas agrícolas e de estruturas costeiras, salinização das reservas de água doce, entre outros (NICHOLLS & CAZENAVE, 2010; DWARAKISH *et al.*, 2009; BOORI & AMARO, 2011; IPCC AR5, 2014). Todos estes são danos que comprometem a sustentabilidade e qualidade de vida da população local e a economia de municípios e estados (DWARAKISH *et al.*, 2009).

Estima-se que cerca de 8 milhões de pessoas serão atingidas na América do Sul Atlântica até o ano de 2100 para um aumento do nível do mar em cerca de 2 m (NICHOLLS *et al.*, 2011). Craveiro *et al.* (2012) estimaram que mais de um

milhão de pessoas estejam expostas à subida do nível das águas e galgamentos oceânicos na costa portuguesa, onde a litoralização da população reforça a vulnerabilidade social à erosão costeira. No Brasil, estudos indicam que o nível relativo do mar na costa brasileira está aumentando à razão de 30 a 40 cm/século (MESQUITA *et al.*, 2013). Este aumento, se confirmado, afetará a socioeconomia dos municípios costeiros brasileiros.

Dentre outros efeitos das mudanças climáticas estão o aumento de temperatura em cerca de 2°C a 3°C, podendo atingir 4°C em algumas regiões do Brasil, ao final do século XXI. A preocupação também está relacionada à possibilidade do aumento da frequência e intensidade de eventos extremos (BRASIL, 2015a). Entre os riscos humanos associados às mudanças climáticas está o aumento da mortalidade durante eventos extremos de calor, as chamadas ondas de calor, em que pessoas mais idosas e que vivem em cidades são o grupo mais suscetível (IPCC, 2014). Portanto, o estudo da vulnerabilidade social de populações sujeitas aos efeitos das mudanças climáticas é importante

para a orientação de ações preventivas, bem como para a definição de estratégias que visem reduzir impactos a estas mudanças (CONFALONIERI, 2003; QUINTÃO & CONFALONIERI, 2014).

Desde 1995, impactos relacionados às mudanças climáticas provocaram a morte de mais de 600 mil pessoas, média de 30 mil por ano, deixando mais de 4 bilhões de feridos, desabrigados ou necessitados de ajuda emergencial. Cerca de 90% das mortes ocorreu em países mais pobres e causou perdas financeiras avaliadas em 1,8 bilhões de euros (mais de 6 bilhões de reais). Entre 1995 e 2015, apenas os eventos de inundação representaram 47% das catástrofes climáticas e afetaram 2,3 bilhões de pessoas, 95% das quais na Ásia. Somente na Ásia, de 1994 a 2004 houve mais de 500 desastres por inundação, com cerca de 60 mil mortos e quase 2 milhões de pessoas afetadas (MCGRANAHAN *et al.*, 2007). O Brasil é o único país americano que aparece na lista dos dez mais afetados por desastres relacionados ao clima (UNISDR, 2015).

A população residente na zona costeira está sujeita a riscos sociais que podem em curto prazo comprometer condições de habitabilidade, como o acesso a serviços básicos (água tratada, esgotamento de resíduos e coleta de lixo). No entanto, a longo prazo podem atingir as condições de emprego, renda e capacitação técnica da população local, fatores fundamentais ao pleno desenvolvimento humano sustentável (BRASIL, 2008).

Diferentes grupos sociais estão sujeitos a efeitos negativos diversos resultantes de mudanças climáticas. Por exemplo, são especialmente afetados por inundações e desabamentos os moradores de habitações subnormais e sem infraestrutura básica, como saneamento, drenagem urbana e pavimentação. Mulheres, crianças, idosos e deficientes físicos enfrentam os maiores impactos decorrentes da má qualidade da água, no que se refere às doenças de veiculação hídrica (BRASIL, 2015b). De modo que o conceito de vulnerabilidade social de uma população tem sido utilizado para a caracterização de grupos sociais que são mais afetados por estresse ambiental (CONFALONIERI, 2003; BRASIL, 2015a).

A abordagem por múltiplas dimensões - entre os quais, fatores econômicos, institucionais,

culturais, sociais e ambientais - pode aprimorar as estratégias para reduzir os riscos às mudanças climáticas e, conseqüentemente, as perdas econômicas e humanas associadas (RANGEL-BUITRAGO & ANFUSO, 2009; IPCC, 2012). Portanto, os métodos e os indicadores usados em estudos de vulnerabilidade são importantes no estabelecimento de estratégias em planos de gestão integrada para ocupação sustentável (DWARAKISH *et al.*, 2009; CONFALONIEIRI, 2003; BRASIL, 2015a).

Alguns autores têm utilizado índices socioeconômicos em suas análises da vulnerabilidade ambiental, como Craveiro *et al.* (2012), que ao considerarem a exposição sócio-territorial ao risco de erosão costeira em Portugal, integraram o fator população em área afetada por erosão. Cutter *et al.* (2003) apresentaram o índice de vulnerabilidade social e aplicaram este método aos Estados Unidos. Boruff *et al.* (2005) estudaram o índice de vulnerabilidade social para os municípios da costa norte-americana por meio de 10 indicadores socioeconômicos. Szlafsztein (2005) analisou o índice de vulnerabilidade total de municípios costeiros paraenses, composto pelo índice de vulnerabilidade natural e o índice de vulnerabilidade socioeconômico, este último levando em conta parcela da população afetada por inundação.

Outros autores têm associado dados socioeconômicos aos dados climáticos e de saúde, na avaliação da vulnerabilidade socioambiental e de saúde da população aos impactos das mudanças climáticas. Barata e Confaloniéri (2011) aplicaram um índice que sintetiza as dimensões relevantes da pobreza ao nível de famílias, constituído por 53 indicadores. Quintão e Confaloniéri (2014) construíram uma componente socioeconômica no método Índice Agregado de Vulnerabilidade Municipal (IVM) de municípios mineiros, baseados no Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM). Silva (2014) construiu um indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca levando em consideração aspectos sociais, climáticos, epidemiológicos e hospitalares. Silva *et al.* (2014) construíram um indicador de vulnerabilidade socioambiental para municípios do Rio Grande do Norte (RN) por meio de 12 variáveis sociais e uma climática (a precipitação).

O presente estudo exhibe diferentes métodos de vulnerabilidade social aplicados a três municípios costeiros como subsídio à gestão costeira integrada dessas regiões, ambas situadas no setor Atlântico Equatorial,

sendo Macau e Guamaré localizados no litoral setentrional do RN e Salinópolis localizado no litoral nordeste do Pará (PA), todos de relevância econômica ou turística aos respectivos estados (Figura 1).

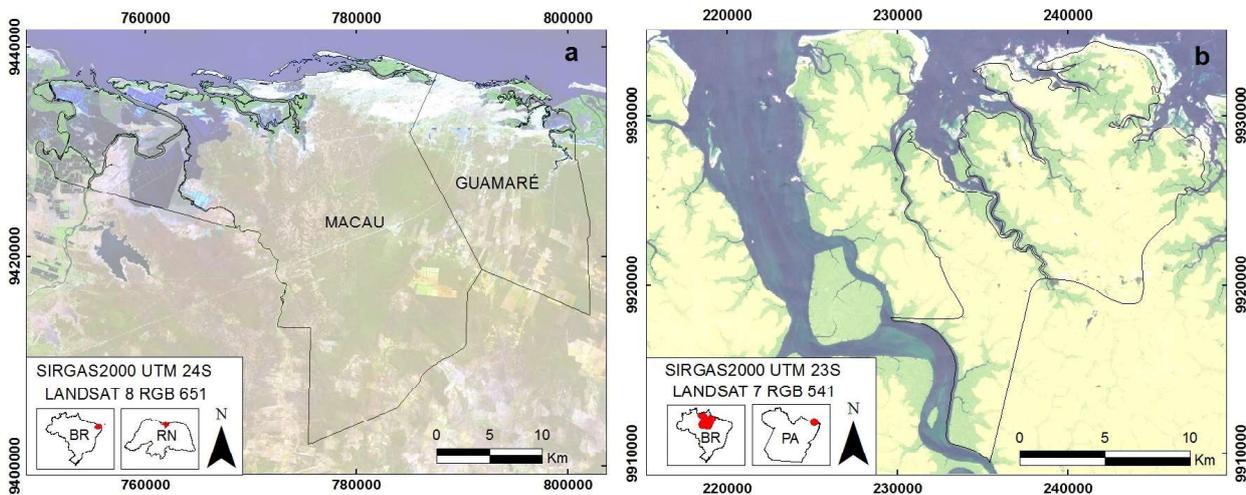


Fig. 1 - Mapa de localização dos municípios costeiros (a) Macau e Guamaré/RN e (b) Salinópolis/PA.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A região costeira dos municípios Macau e Guamaré está submetida às mesomarés semidiurnas e com velocidade média dos ventos de 5,2 m/s, alcançando velocidade máxima de 8,75 m/s, vindos da direção média de 10°, aproximadamente (INMET, 2014). A altura significativa de onda é superior a 1 m e período médio de cerca de 5 s (MATOS *et al.*, 2013). Nesta região há um mosaico de ecossistemas, como florestas de mangues, praias oceânicas arenosas, ilhas barreiras e canais de maré (GRIGIO *et al.*, 2004; SANTOS & AMARO, 2011; AMARO *et al.*, 2012) e estão instaladas atividades petrolíferas de exploração, produção e transporte de petróleo e gás natural, salicultura, carcinicultura e, mais recentemente, a indústria eólica, tornando a região mais suscetível a impactos socioambientais negativos e exposta a constante risco ambiental (GRIGIO *et al.*, 2004; BOORI & AMARO, 2010; MATOS *et al.*, 2013; SANTOS & AMARO, 2013).

Salinópolis/PA, também conhecido como Salinas, é um município cuja estrutura econômica está fundamentada no setor de comércio e serviços, especialmente voltados para o turismo e lazer (ADRIÃO, 2006). Apresenta ocupação desordenada de parte do seu litoral como resultado destas atividades econômicas,

com a erosão das praias oferecendo riscos ambientais e às residências construídas de modo irregular em áreas de dunas (BUSMAN *et al.*, 2005; RANIERI & EL-ROBRINI, 2015). O litoral paraense é conhecido pela geomorfologia costeira marcada por reentrâncias ocupadas por ecossistemas como manguezais, praias, restingas, várzeas e campos inundáveis, considerados frágeis, complexos, sensíveis e vulneráveis às modificações ambientais (PROST & MENDES, 2001). A zona costeira de Salinópolis está submetida às macromarés semidiurnas, ventos de nordeste com velocidades máximas durante a estação seca (PEREIRA *et al.*, 2014) e direção média de 7°Az, aproximadamente (INMET, 2014), além de correntes de marés mais atuantes que as litorâneas, que atingem velocidades de 40 cm/s, e altura significativa de onda superiores a 1 m (RANIERI & EL-ROBRINI, 2015). Ambas as regiões estão sob a influência da Zona de Convergência Intertropical Atlântica (ZCIT), que atua no regime atmosférico e é um dos principais sistemas que afeta a estação chuvosa nas regiões Norte e Nordeste brasileiras e os eventos extremos na estação chuvosa no PA (LOUREIRO *et al.*, 2014; NEVES *et al.*, 2016).

Apesar de estarem submetidos a diferentes dinâmicas costeiras, os três municípios estão localizados em zonas costeiras planas e de

altitudes inferiores a 10 m. Este estudo se mostra ainda mais relevante ao considerar que municípios costeiros são vulneráveis à elevação do nível do mar, devido a sua topografia baixa e plana, e ao seu elevado valor ecológico, econômico e, sobretudo, turístico (DWARAKISH *et al.*, 2009).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi estudar métodos de elaboração da vulnerabilidade social e aplicar a três municípios costeiros nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, por meio de quatro índices de vulnerabilidade social, três construídos para esta pesquisa e um adaptado de um método norte-americano. Outra intenção foi analisar os resultados para definição de quais métodos apresentam maior simplificação no cálculo e são mais representativos. A escala municipal foi escolhida por ser uma das alternativas de abordagem da vulnerabilidade social do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima, que define que as medidas de adaptação devem ser em nível municipal (BRASIL, 2015a), e por ser o município o principal ente responsável pelo ordenamento do uso do solo (BRASIL, 1998). A aplicação dos métodos a municípios costeiros com diferentes contextos ambientais e socioeconômicos permitirá testar a replicação da metodologia para outros setores da costa brasileira.

Esta pesquisa justifica-se ainda por contribuir ao conhecimento da vulnerabilidade social às mudanças climáticas de municípios costeiros, diminuindo a atual lacuna de dados sobre o tema (BRASIL, 2015a). Corroborando também com esse tema ao considerar que diferentes estudos apontam as regiões Norte e Nordeste do Brasil como as que sofrerão os maiores impactos com as mudanças climáticas, nas esferas ambiental, socioeconômica e de saúde (CONFALONIEIRI, 2008). Além disso, está em consonância com as políticas públicas brasileiras que visam gerar informações sobre a vulnerabilidade social com intuito de reduzir os impactos negativos e promover ações e estratégias para o desenvolvimento sustentável e a adaptação às mudanças do clima no País (BRASIL, 2009; BRASIL, 2015a).

3. METODOLOGIA

As análises de vulnerabilidade social foram geradas segundo diferentes parâmetros, especificados a seguir, e transformados em dados cartográficos, tomando-se como base para representação a dimensão municipal. Os

resultados dos índices foram padronizados para permitir comparação entre os distintos métodos (tabelas 1 e 2).

3.1 Índice de Vulnerabilidade Social Municipal - IVSM

Um adendo deste índice foi a simplificação no seu cálculo, pois resultou dos dados do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), sendo esta uma abordagem inovadora. Os dados foram obtidos do Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil 2013 (PNUD, 2014).

A motivação no uso do IDHM para análise de vulnerabilidade social fundamenta-se por este permitir facilmente uma comparação com quaisquer outros municípios do Brasil. Outro motivo do seu uso foi por este ser constituído dos subíndices Educação, Longevidade e Renda, em que cada subíndice é composto por diferentes indicadores socioeconômicos. Assim, constitui-se uma síntese socioeconômica do município, ainda que simplificada.

Como a intenção foi assinalar qual o município mais vulnerável, o método IVSM foi calculado subtraindo-se de 1 o valor do IDHM Total. Quanto maior o resultado desta subtração, mais vulnerável é o município. Este resultado foi computado em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) para cada município para posterior operação entre mapas. As classes do IVSM segue a parametrização do IDHM, porém de modo invertido (Tabela 3).

Os valores referentes ao Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos estados do Rio Grande do Norte, do Pará e do Brasil (IDH Global) foram subtraídos de 1 de modo a se obter o valor correspondente ao Índice de Vulnerabilidade Social estadual e federal para efeito de comparação com os municípios estudados.

3.2 Índice de Vulnerabilidade Social baseada no Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal - IVSF

O IVSF foi baseado no Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM), criado em 2008. O sistema FIRJAN é uma organização privada e sem fins lucrativos, com mais de 7.500 empresas associadas e é composto por cinco instituições que trabalham de forma integrada para o crescimento da indústria fluminense (FIRJAN, CIRJ, SESI Rio, SENAI Rio e IEL Rio) (IFDM, 2014). O IFDM foi

usado por resultar da combinação dos subíndices Emprego e Renda, Educação e Saúde, em que cada subíndice é composto por diferentes indicadores socioeconômicos. O IFDM municipal representa o nível de desenvolvimento socioeconômico local através da média simples dos resultados em cada

uma dessas três componentes e varia de 0 a 1, sendo quanto mais próximo de 1 maior o desenvolvimento social. Também é de fácil obtenção e comparação por estar disponível *online* para todos os municípios brasileiros (IFDM, 2014).

Tabela 1: Índices e indicadores que compõem cada índice de vulnerabilidade social para os municípios de Macau/RN, Guamaré/RN e Salinas/PA

IVSM e indicadores	MACAU	GUAMARÉ	SALINAS	DESCRIÇÃO
Índice Vulnerabilidade Social Municipal (IVSM)	0,35	1,00	0,67	Quanto maior mais vulnerável
1 Subíndice Educação	0,34	0,50	0,46	
2 Subíndice Longevidade	0,67	0,23	0,20	
3 Subíndice Renda	0,34	0,37	0,37	
FÓRMULA IVSM = 1 - IDHM TOTAL (ano base 2010). Parametrização dos indicadores.				
IVSF e indicadores	MACAU	GUAMARÉ	SALINAS	DESCRIÇÃO
Índice de Vulnerabilidade Social baseada no Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IVSF)	0,67	0,34	1,00	Quanto maior mais vulnerável
1 Subíndice Educação	0,32	0,29	0,34	
2 Subíndice Saúde	0,31	0,19	0,63	
3 Subíndice Emprego e Renda	0,55	0,30	0,51	
FÓRMULA IVSF = 1 - IFDM TOTAL (ano base 2011). Parametrização dos indicadores.				
IVSC e indicadores	MACAU	GUAMARÉ	SALINAS	DESCRIÇÃO
Índice de Vulnerabilidade Social Costeira (IVSC)	0,58	1,00	0,20	Quanto maior mais vulnerável
1 Pobreza	7,58	8,72	9,80	
2 Densidade populacional	36,6	47,8	194,2	
3 Crescimento Populacional	1,20	4,29	1,13	
4 Afrodescendentes e Indígenas	0,13	0,13	0,02	Quanto maior menos vulnerável
5 Jovialidade	0,6	0,55	0,53	
6 Razão urbana/rural	3,14	0,55	8,29	
7 Razão Gênero	0,96	1,24	1,04	
8 Emprego - Taxa de ocupados	0,58	0,61	0,69	
9 Renda	1,51	1,49	1,38	
FÓRMULA IVSC = Σ indicadores 1 a 4 - Σ indicadores 5 a 9. Parametrização dos indicadores.				
IVS e indicadores	MACAU	GUAMARÉ	SALINAS	DESCRIÇÃO
Índice de Vulnerabilidade Social (IVS)	0,30	1,00	0,64	Quanto maior mais vulnerável
1 População Total	0,77	0,33	1,00	
2 Densidade populacional	0,19	0,25	1,00	
3 Taxa de crescimento populacional	0,28	1,00	0,26	
4 Razão de dependência	0,77	0,93	1,00	
5 Extremamente pobres	0,77	0,89	1,00	
6 Índice de Gini	0,96	0,98	1,00	
7 Taxa de desocupação	1,00	0,91	0,48	
8 Condição de Moradia Inadequada	0,19	1,00	0,45	Quanto maior menos vulnerável
9 Taxa de Jovialidade	1,00	0,83	0,80	
10 Razão Gênero	0,77	1,00	0,84	
11 Taxa de atividade	0,84	0,88	1,00	
12 Razão urbana/rural	0,38	0,07	1,00	
13 Renda	1,00	0,99	0,91	
14 IDHM Total	1,00	0,94	0,97	
FÓRMULA IVS = Σ indicadores 1 a 8 - Σ indicadores 9 a 14. Parametrização dos indicadores.				

* IDHM: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal.

Assim como o método IVSM, o IVSF visa distinguir qual o município mais vulnerável, por isso foi calculado subtraindo-se de 1 o valor do IFDM Total e as classes do IVSF segue a parametrização do IFDM, porém de modo invertido, ou seja, varia de 0 a 1 e quanto mais próximo de 1 maior a vulnerabilidade social do município (Tabela 4). Embora seja baseado no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), assim como o IDHM, o IFDM é

anual e apresenta indicadores diferenciados na sua composição e, por isso, foi utilizado na formulação de um índice de vulnerabilidade social nesta pesquisa. Por exemplo, no subíndice Educação está incluso o indicador taxa de distorção idade-série, que representa a defasagem de aprendizagem, expressa pelo percentual de alunos com idade superior à idade recomendada para a série que está cursando (IFDM, 2014).

Tabela 2: Parametrização dos índices de vulnerabilidade social para os municípios de Macau/RN, Guamaré/RN e Salinas/PA

DADO	MÉTODO	MACAU	GUAMARÉ	SALINAS
ORIGINAL	IVSM1	0,34	0,37	0,35
	IVSF2	0,39	0,26	0,49
	IVSC3	-1,76	-0,73	-2,18
	IVS4	-0,05	1,58	0,66
SOMA 10	IVSM	10,34	10,37	10,35
	IVSF	10,39	10,26	10,49
	IVSC	8,24	9,27	7,82
	IVS	9,95	11,58	10,66
MENOR VALOR - 5 e MAIOR VALOR + 5	IVSM	5,34	15,37	10,35
	IVSF	10,39	5,26	15,49
	IVSC	8,24	14,27	2,82
	IVS	4,95	16,58	10,66
DIVIDE PELO MAIOR	IVSM	0,35	1,00	0,67
	IVSF	0,67	0,34	1,00
	IVSC	0,58	1,00	0,20
	IVS	0,30	1,00	0,64

¹Índice Vulnerabilidade Social Municipal

²Índice de Vulnerabilidade Social baseada no Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal

³Índice de Vulnerabilidade Social Costeira

⁴Índice de Vulnerabilidade Social

Tabela 3: Classes do Índice de Vulnerabilidade Social Municipal (IVSM)

IVSM	IDHM*		
Muito Baixa	< 0,19	> 0,8	Muito Alto
Baixa	0,2 - 0,29	0,7 - 0,79	Alto
Média	0,3 - 0,39	0,6 - 0,69	Médio
Alta	0,4 - 0,49	0,5 - 0,59	Baixo
Muito Alta	> 0,5	< 0,49	Muito Baixo

*Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

Tabela 4: Classes do Índice de Vulnerabilidade Social (IVSF) empregadas neste estudo

VULNERABILIDADE SOCIAL	IVSF		IFDM*		DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL
	Baixa	< 0,19	> 0,8	Alto	
	Regular	0,2 - 0,39	0,6 - 0,79	Moderado	
	Moderada	0,4 - 0,59	0,4 - 0,59	Regular	
	Alta	> 0,6	< 0,39	Baixo	

*Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal.

Um dos indicadores que compõem o subíndice Saúde é Internações Sensíveis à Atenção Básica, que indica a quantidade de internações hospitalares que poderiam ter sido evitadas caso os serviços de atenção básica de saúde tivessem sido efetivos. E no subíndice Emprego e Renda um indicador diferenciado é o grau de formalização do mercado de trabalho local, que procura medir a capacidade do município em absorver a população local (IFDM, 2014).

3.3 Índice de Vulnerabilidade Social Costeira – IVSC

Corresponde a aplicação do índice de vulnerabilidade social apresentado por Boruff *et al.* (2005), aprimorado a partir de Cutter *et al.* (2003), sendo a base de dados o CENSO 2010 (IBGE, 2010; PNUD, 2014). Contudo, para aplicação neste estudo algumas alterações foram realizadas, como o fator número de asiáticos e imigrantes que foi excluído e o fator etnicidade que foi modificado para número de afrodescendentes e indígenas, os quais recebem cotas de educação (UNB, 2013), entre outros subsídios do governo, por serem considerados menos favorecidos, isto é, socialmente mais vulneráveis.

O fator idade foi modificado para taxa de jovialidade e foi obtido pela divisão da quantidade de jovens e adultos (20 a 64 anos) pela quantidade de crianças e adolescentes (0 a 19 anos) e idosos (> 64 anos), segundo dados do CENSO 2010 (IBGE, 2010). O dado referente à renda corresponde à razão entre o valor médio do rendimento mensal e o salário mínimo do ano no CENSO 2010 (no valor de R\$ 510,00 - BRASIL, 2010). Já o fator declínio populacional foi convertido para crescimento populacional.

Três classes de vulnerabilidade social (alta, média e baixa) foram obtidas a partir do desvio padrão das médias, sendo posteriormente padronizados para todos os municípios (CUTTER *et al.*, 2003; BORUFF *et al.*, 2005). Seguindo esta formulação, as classes para o método IVSC variaram de 0 a 1, sendo as

classes definidas como baixa (< 0,299), média (0,3 - 0,599) e alta (>0,6) vulnerabilidade social.

3.4 Índice de Vulnerabilidade Social - IVS

Este índice foi criado após a análise sobre quais parâmetros socioeconômicos são mais ou menos significativos para análise de vulnerabilidade social de municípios costeiros, elegendo-se os mais preponderantes (CUTTER *et al.*, 2003, 2009; BORUFF *et al.*, 2005; IOCM, 2006; CUTTER & FINCH, 2007; IBGE, 2010; SILVA, 2014; SILVA *et al.*, 2014). Os parâmetros escolhidos estão dispostos na Tabela 2. Para o cálculo deste índice optou-se por compensar e parametrizar os resultados, de modo que os valores sejam comparáveis entre os municípios.

A taxa de jovialidade e o dado de renda foram obtidos conforme o método IVSC. O Índice de Gini foi incorporado à análise, por corresponder ao grau de concentração de renda, de modo a apontar a diferença entre os rendimentos dos mais pobres e dos mais ricos (IPEA, 2014). Para a obtenção das classes foi adotado o mesmo procedimento e os limites usados no método Índice de Vulnerabilidade Social Costeira.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de cada índice de vulnerabilidade social estão descritos e discutidos a seguir.

4.1 Índice de Vulnerabilidade Social Municipal (IVSM)

Segundo o IVSM, em todas as décadas estudadas, o Município de Guimarães foi o de maior vulnerabilidade social e o Município de Macau foi o de menor vulnerabilidade (Figura 2). Porém, o Município de Salinópolis foi menos que 3% mais vulnerável que Macau em 1991 e 2010, chegando à diferença máxima de 8,3% nos anos 2000. Guimarães, por outro lado, apresentou vulnerabilidade quase 12% superior a Macau em 1991, cerca de 30% a mais nos anos 2000 e quase 9% maior em 2010. Ou seja, em anos mais recentes, a diferença na vulnerabilidade social entre os municípios está diminuindo (Figura 3).

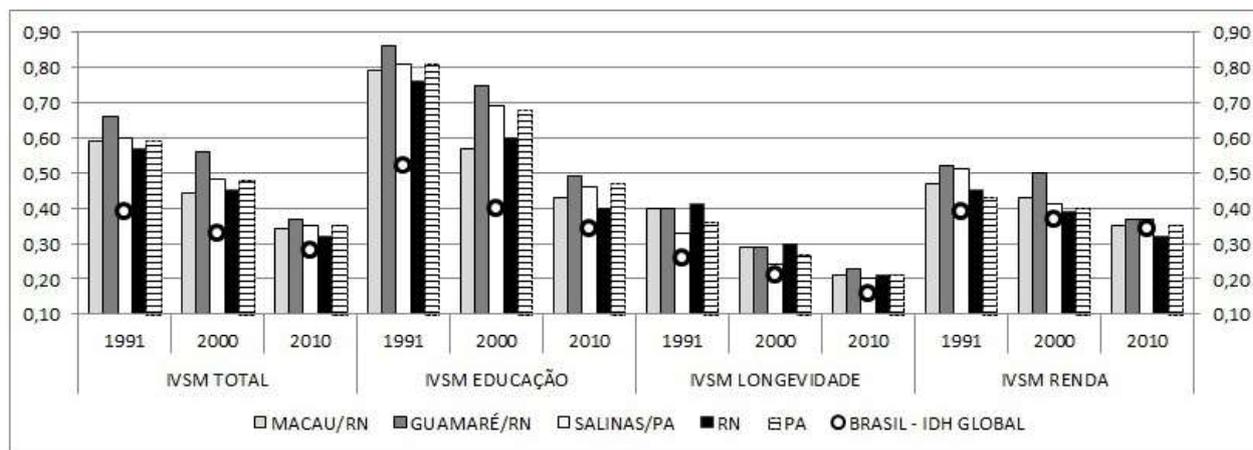


Fig. 2 - Variação decadal do IVSM para os municípios de Macau/RN, Guamaré/RN e Salinas/PA, para os estados Rio Grande do Norte e do Pará e para o Brasil.

Os três municípios saíram da classe muita alta vulnerabilidade social em 1991 para a classe média vulnerabilidade social em 2010. Os subíndices que mais influenciaram na classificação média do IVSM dos municípios em 2010 foram longevidade e educação. O subíndice renda já configurava na categoria média e, portanto, não corroborou nesta classificação. Até os anos 2000, o subíndice educação constava na classe muito alta vulnerabilidade em todos os três municípios e mesmo nos anos 2010 foi classificada como de alta vulnerabilidade social. Por isso, investimentos públicos na educação destes municípios é uma medida premente para a redução da vulnerabilidade social local (CONFALONIERI, 2008).

Embora seja o município mais vulnerável, Guamaré entre 1991 a 2010 apresentou a maior redução da vulnerabilidade social no IVSM Total (0,29) e em todos os subíndices, à exceção de Longevidade. No índice total, a redução da vulnerabilidade em Macau equiparou-se a Salinópolis (0,25), porém a redução foi maior em Macau nos subíndices Educação (0,36) e Longevidade (0,19) e foi maior em Salinópolis no subíndice Renda (0,14) (Figura 3).

A vulnerabilidade social em Macau foi maior que a média do RN nos anos 1991 e 2010 e foi menor que a média estadual nos anos 2000. Enquanto Guamaré teve maior vulnerabilidade social que o RN em todos os períodos, Salinópolis apresentou vulnerabilidade equiparada à média do PA em todos os períodos.

O IVSM dos três municípios foi maior que o índice brasileiro em todos os subíndices

e em todo o período analisado, portanto são mais vulneráveis que a média dos municípios brasileiros (Figura 3). Porém, a redução acumulada da vulnerabilidade social entre os anos de 1991 a 2010 foi superior à brasileira, tanto no índice total quanto para os três subíndices. O subíndice com maior redução de vulnerabilidade social foi Educação, que reduziu respectivamente 0,36 e 0,35 pontos em Macau e Salinópolis e 0,37 em Guamaré, enquanto que a redução nacional foi de 0,18 pontos. A redução no subíndice de Longevidade foi no mínimo de 0,13 (Salinópolis) e máximo de 0,19 (Macau) e no de renda foi de 0,12 em Macau até 0,15 em Guamaré (Figura 3).

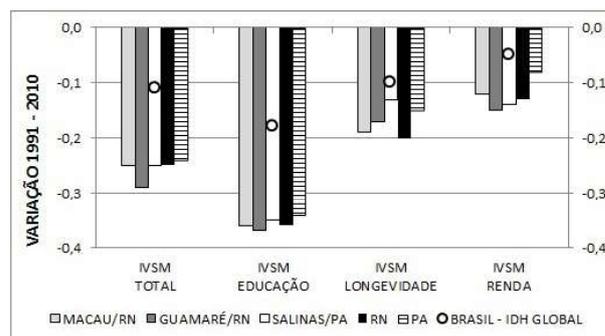


Fig. 3 - Variação do Índice de Vulnerabilidade Social Municipal (IVSM) - índice total e subíndices dos municípios, respectivos estados e do Brasil entre os anos 1991 a 2010.

Estes dados indicam que a redução da vulnerabilidade social para os três municípios foi motivada pela melhoria no subíndice Educação. Isto significa também que melhorias no setor econômico não necessariamente se

refletem no âmbito social, pois os municípios de Macau e Guararé tiveram nas últimas décadas forte desenvolvimento econômico, motivado pelas indústrias do petróleo e gás, salineira, carcinicultura e de parques eólicos. Enquanto isso, a economia de Salinópolis está substanciada no comércio e turismo, e o município teve incremento de renda entre 1991 e 2010 superior a Macau e similar a Guararé, e apresentou redução da vulnerabilidade total similar a Macau entre 1991 e 2010. E embora Guararé seja um município contíguo a Macau, as maiores discrepâncias na vulnerabilidade social pelo IVSM foi entre estes dois municípios.

4.2 Índice de Vulnerabilidade Social baseada no Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IVSF)

O IVSF apontou resultados diversos do IVSM, sendo que neste método o município

mais vulnerável socialmente foi Salinópolis e o menos vulnerável foi Guararé (Figura 4). No índice total nenhum município configurou na classe alta ou baixa vulnerabilidade, sendo que Salinópolis e Macau foram classificados como de vulnerabilidade social moderada em todos os períodos, com exceção em 2011, em que Macau passou a ser de vulnerabilidade social regular. Enquanto Guararé foi classificado como de vulnerabilidade social regular em todo o período (0,26 a 0,37).

Os subíndices que mais contribuíram para esta classificação em Macau e Guararé foram Emprego e Renda e Saúde, já em Salinópolis foram Saúde e Educação. Em 2011 as maiores diferenças municipais foram no subíndice Saúde entre Macau e Salinópolis (0,32) e Guararé e Salinópolis (0,44) e no subíndice Emprego e Renda entre Macau e Guararé (0,25).

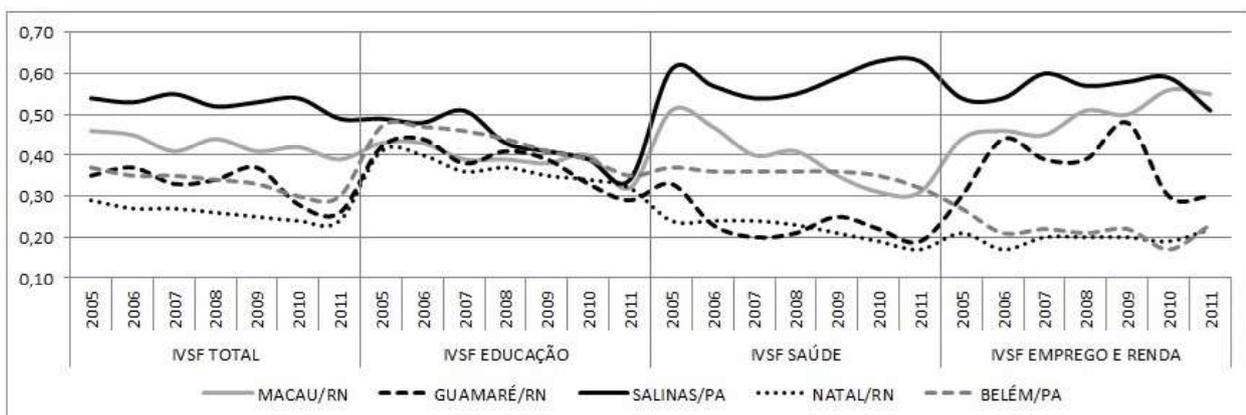


Fig. 4 - Variação anual do Índice de Vulnerabilidade Social baseado no Índice Firjan (IVSF) para os municípios de Macau/RN, Guararé/RN e Salinas/PA, em relação às cidades de Natal/RN e Belém/PA, capitais dos estados do RN e PA.

Tanto em 2005 quanto em 2011 as diferenças entre os municípios no subíndice Educação foram pequenas ($< |0,08|$). E em 2011 a diferença do subíndice Emprego e Renda entre Macau e Salinópolis foi 0,04. Isto indica que em Macau o setor de indústrias (petróleo e gás, salineira e carcinicultura) não está impulsionando a geração de emprego e renda de modo mais substancial que o setor de comércio e serviços em Salinópolis. Ou, quando gera, não se utiliza da mão de obra local.

Entre 2005 e 2011, houve uma redução da vulnerabilidade social nos três municípios, maior em Guararé (~26%), seguido por Macau

(~15%) e Salinópolis (~9%), como mostra a Figura 5. Esta redução foi provocada por melhorias, sobretudo, na Saúde em Macau e Guararé e na Educação em Salinópolis. Houve um aumento da vulnerabilidade social de Salinópolis no subíndice Saúde e no subíndice Emprego e Renda em Macau. Não houve redução da vulnerabilidade social no subíndice Emprego e Renda em Guararé no período acumulado. Isto indica que as indústrias instaladas na região de Macau e Guararé não estão contribuindo tanto para o aumento do número de empregos e, em consequência, no aumento da renda da população local. De fato, o número de empregos gerados é maior em Salinópolis, que

está subsidiado no setor de serviços, do que em Guararé e Macau (Figura 6).

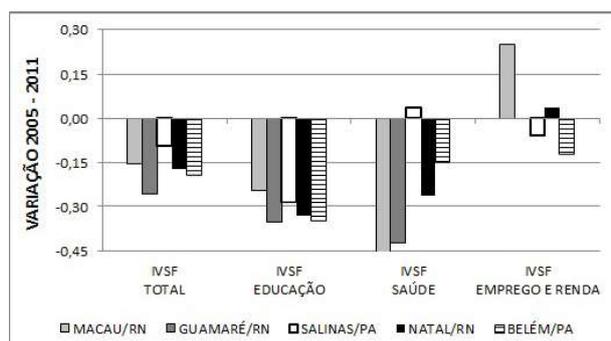


Fig. 5 - Variação do Índice de Vulnerabilidade Socioeconômica baseado no Índice Firjan (IVSF) - índice total e subíndices dos municípios estudados, das respectivas capitais dos estados e do Brasil entre os anos 1991 a 2010.

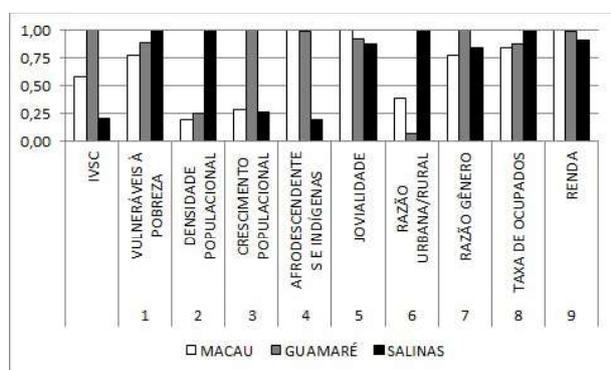


Fig. 6 - Índice de Vulnerabilidade Social Costeira (IVSC) e indicadores para os municípios de Macau/RN, Guararé/RN e Salinas/PA.

Os municípios apresentaram vulnerabilidade social maior que a média dos respectivos Estados em todo o período. Com exceção ao período entre os anos 2006 e 2008 para Guararé no subíndice Saúde e em 2011 no subíndice Educação, que apresentou vulnerabilidade inferior à média do RN. Em 2011 para Salinópolis o subíndice Educação também foi inferior à média estadual.

Cabe destacar que outros estudos sobre vulnerabilidade social também utilizaram em sua formulação o Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM), como QUINTÃO & CONFALONIERI (2014), que recomendaram a componente socioeconômica do Índice Agregado de Vulnerabilidade Municipal (IVM) de municípios mineiros baseados no IFDM.

4.3 Índice de Vulnerabilidade Social Costeira (IVSC)

Na análise do IVSC (Figura 6), Macau e Guararé foram classificados como de alta vulnerabilidade, enquanto Salinópolis foi classificado como média vulnerabilidade. Enquanto Guararé configura como o mais vulnerável, o menos vulnerável passou a ser Salinópolis por apresentar o menor número de afrodescendentes e indígenas, menor crescimento populacional, maior população urbana, menor proporção do gênero feminino e, conforme apontaram CUTTER *et al.* (2003, 2009), UNB (2013) e BRASIL (2015), estas parcelas da população estão dentre as mais vulneráveis.

A maior vulnerabilidade social do gênero feminino se deve à natureza de algumas das tarefas das mulheres, bem como pela jornada múltipla de trabalho. Quanto aos afrodescendentes se deve por estarem especialmente inseridos no contexto de desigualdades estruturantes (BRASIL, 2015a).

4.4 Índice de Vulnerabilidade Social (IVS)

Neste índice, o município mais vulnerável permanece sendo Guararé e o menos vulnerável Macau (Figura 7), sendo Guararé e Salinópolis classificados como de alta vulnerabilidade e Macau como de média vulnerabilidade. Os agentes que corroboraram a alta vulnerabilidade em Guararé foram as piores condições de moradia, maior número de pessoas dependentes, maior população rural e maior taxa de crescimento populacional.

Em Salinópolis, a alta vulnerabilidade social foi devido ao fato de possuir uma população menos jovem, maior em número e mais pobre, com maior densidade demográfica e menor renda. A classificação de Macau como menos vulnerável se deve, principalmente, por melhores condições de moradia, pela jovialidade da população e pela melhor renda, embora tenha a pior taxa de desocupação (Figura 7).

Estes indicadores estão dentre os fatores estruturais que determinam a vulnerabilidade do País e da população aos efeitos das mudanças climáticas globais na saúde (CONFALONIERI, 2008).

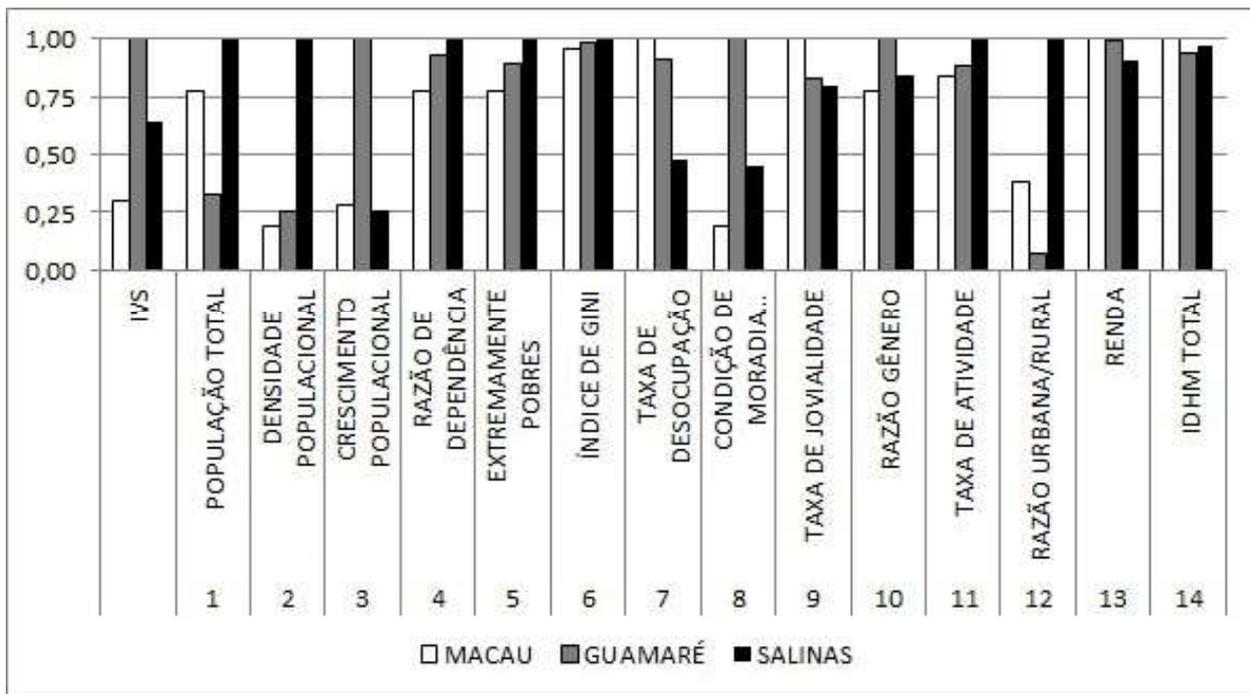


Fig. 7 - Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) e indicadores para os municípios de Macau/RN, Guararé/RN e Salinas/PA.

4.5 Comparação entre os métodos

O Município de Guararé foi o de maior vulnerabilidade social em todos os métodos, exceto no método IVSF, em que Salinópolis configurou como o mais vulnerável (Figura 8). Os métodos que apresentaram maior correlação direta foram IVSM e IVS (1,00) e os com maior correlação inversa foram os métodos IVSF e IVSC (-1,00), ou seja, apresentaram resultados opostos (Figura 9). Os demais métodos apresentaram baixa correlação entre os resultados ($<|0,55|$).

O método IVSF foi o que mais se diferenciou, apresentando correlação negativa com todos os demais índices (Figura 9). Tanto que foi o único método que apresentou Salinópolis como o município de maior vulnerabilidade social. Apesar de baseados no mesmo Índice de Desenvolvimento Global (IDG), os métodos IVSM e IVSF mostraram resultados totalmente diversos. Mesmo considerando que o método IVSM representa informações decadais e o IVSF apresenta informações anuais e que isso deve ter influenciado nos resultados tão diferenciados, o fato deste método apresentar associação negativa com todos os demais pode significar inadequação para o uso do IVSF em estudos de vulnerabilidade social.

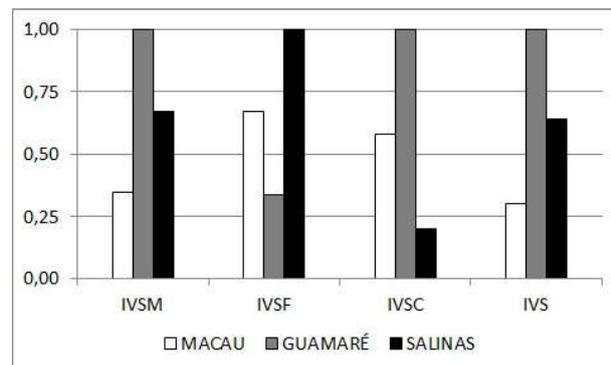


Fig. 8 - Comparação entre os métodos de vulnerabilidade social para os municípios de Macau/RN, Guararé/RN e Salinas/PA.

Apesar de serem municípios adjacentes e pertencentes ao mesmo Estado, os resultados da vulnerabilidade social entre Macau e Guararé foram díspares, com alta correlação negativa (-0,73; Figura 9). A correlação entre Guararé e Salinópolis também foi negativa (-0,76) e entre Macau e Salinópolis foi muito baixa (0,12). Essa forte correlação negativa de Guararé com os demais municípios corrobora sua classificação como o município de maior vulnerabilidade social em três dos quatro métodos estudados.

Os métodos IVSC e IVS foram os de aplicação mais complexa que os demais, por necessitarem de pesquisa, análise e seleção de indicadores, além de cálculos multivariados, ações

que demandam maior tempo e conhecimento técnico, apesar de que todos os indicadores estão disponíveis em bancos de dados oficiais *online*. Pelo princípio da parcimônia, a forte correlação entre os resultados dos métodos IVSM e IVS permite a escolha do primeiro quando da necessidade de reconhecimento urgente da vulnerabilidade social de municípios afetados por desastres naturais ou antrópicos.

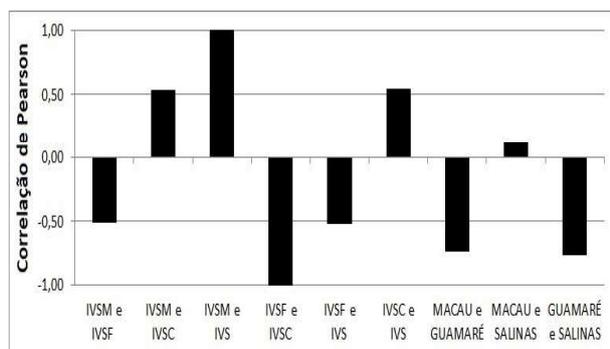


Fig. 9 - Correlação de Pearson aplicada aos métodos de vulnerabilidade social para os municípios de Macau/RN, Guamaré/RN e Salinas/PA.

Porém, os métodos IVSC e IVS podem ser aplicados em escala municipal ou intramunicipal, de acordo com setores censitários, diferentemente dos métodos IVSM e IVSF, com abordagem apenas municipal. Além disso, a análise dos indicadores destes métodos permite discernir sobre o que tem influenciado na vulnerabilidade social de um município e, desta forma, pode subsidiar a aplicação de projetos de adequação por parte da gestão pública.

Todos os métodos podem ser replicáveis para os demais municípios brasileiros, uma vez que os indicadores escolhidos são representativos e o número máximo destes foi de 14 no método IVS e de 9 no método IVSC. Nos métodos IVSM e IVSF são disponibilizados os três subíndices que os constituem, que subsidiam a análise do índice total. Essa simplificação de metodologia foi um dos objetivos desta pesquisa e é importante para permitir a facilidade operacional dos métodos (BARATA & CONFALONIERI, 2011), principalmente por tomadores de decisão com variados graus de conhecimento técnico.

Dentre os efeitos antrópicos mais significativos na zona costeira estão aqueles associados às atividades da indústria petrolífera,

aquicultura (carcinicultura) e de parques eólicos, além do turismo e da ocupação desordenada da orla litorânea por segundas residências, que quando associadas ao crescimento populacional ocasionam mudanças ambientais significativas em ecossistemas frágeis (BRASÍLIA, 2008).

Especialmente os municípios de Macau e Guamaré que receberam investimentos da indústria petrolífera desde a década de 90 (IDEMA, 2008 a e b), os efeitos desses investimentos não foram perceptíveis nos dados socioeconômicos, quando se compara a Salinópolis, cuja estrutura econômica está baseada no comércio de bens e serviços e mesmo assim apresentou IVSM similar a Macau e Guamaré em todos os subíndices, inclusive no de Renda. Tal fato demonstra que o simples aporte econômico não causa necessariamente melhoria no desenvolvimento humano de um município das regiões Norte e Nordeste do Brasil.

Para Cutter *et al.* (2003) o crescimento da população pode não ser acompanhado pelo crescimento habitacional, bem como dos serviços sociais (como escolas e hospitais), o que pode aumentar a vulnerabilidade social. Para estes autores, quanto maior o número de mulheres, crianças e idosos mais vulnerável é a região, uma vez que mulheres têm menos oportunidades de emprego, salários mais baixos e mais responsabilidades familiares, enquanto crianças e idosos têm mais dificuldades de mobilidade e dispendem mais tempo e recursos financeiros em seus cuidados, além da menor resiliência no enfrentamento de impactos climáticos.

Estudos sobre indicadores e métodos de vulnerabilidade social, como os apresentados neste trabalho, são de alta relevância porque ações de prevenção e mitigação de impactos só podem ser efetuadas com o entendimento desses índices e dos fatores envolvidos na vulnerabilidade social, que afetam as populações em seus contextos geográficos específicos. Ainda mais ao considerar que dentre os impactos do clima na saúde coletiva mais comuns no Brasil estão temporais e inundações em zonas urbanas (CONFALONIERI, 2003; BRASIL, 2013). Por conseguinte, a utilização de um índice de vulnerabilidade social torna-se importante: (i) por fornecer uma ferramenta útil de comparação da variabilidade espacial socioeconômica, utilizando um único valor derivado de

dados multivariados e (ii) porque pode ser conjugada com dados de vulnerabilidade física e constituir um índice de vulnerabilidade global a uma região com especificidades geográficas, fornecendo assim informações comparativas fundamentais aos tomadores de decisão e gestores de emergência (BORUFF *et al.*, 2005). O reconhecimento das vulnerabilidades sociais municipais, como as apresentadas nesta pesquisa, está em concordância com os princípios da precaução e da prevenção, destacados dentre as ações principais da Política Nacional sobre Mudança do Clima (BRASIL, 2009).

Apesar de todos serem afetados de alguma forma, direta ou indiretamente, os impactos das mudanças climáticas atingem fortemente os mais pobres, frequentemente os mais vulneráveis, por se concentrarem em áreas de alto risco, com limitado acesso a serviços e a outros recursos socioeconômicos. Algumas comunidades e assentamentos precários já se encontram sob o estresse da variabilidade climática e dos eventos pluviométricos extremos (MARENGO, 2009). Por esse motivo, as medidas de adaptação devem levar em consideração os diferentes contextos socioeconômicos de cada município conforme a sua distribuição geográfica (BRASIL, 2009).

5. CONCLUSÕES

O Município de Guamaré foi o de maior vulnerabilidade social em três dos quatro métodos estudados e Salinópolis foi o mais vulnerável no método IVSF. O incremento econômico resultante das indústrias do petróleo e gás, carcinicultura, salinicultura e de parques eólicos em Macau e Guamaré não está subsidiando melhorias sociais maiores que aquelas observadas em Salinópolis, baseadas no setor de comércio de bens e serviços, com foco no turismo. Os resultados indicaram que melhores índices econômicos não se traduzem obrigatoriamente em melhorias sociais, podendo até mesmo deteriorar a situação atual, uma vez que as indústrias atuantes em Macau e Guamaré tem maior potencial de promover impactos socioambientais negativos, que aqueles atuantes em Salinópolis.

Embora a vulnerabilidade social tenha reduzido no decorrer dos anos, todos os três municípios estão em situação de média ou alta vulnerabilidade social. Ou seja, apesar de toda a população poder ser afetada por danos ambientais

decorrentes das atividades econômicas instaladas nos municípios, não está recebendo benefícios sociais em contrapartida, como melhoria nas condições básicas de saúde, educação e emprego e renda. É de responsabilidade dos governos estaduais e municipais a aplicação de recursos como, por exemplo, os *royalties* e os impostos provenientes de indústrias instaladas em seu território geográfico, no desenvolvimento socioeconômico dessas regiões. Principalmente porque esta população é ainda mais vulnerável a eventos relacionados às mudanças climáticas.

Desde 2013, a União, os estados, o Distrito Federal e os municípios devem aplicar 75% dos *royalties* e participação especial na área de educação e 25% na área de saúde (Lei N° 12.858). Portanto, melhorias sociais devem ocorrer nos próximos anos como compensação financeira pela exploração de petróleo e gás natural nestes locais. A replicação destes índices de vulnerabilidade socioeconômica com dados do próximo censo demográfico (ano 2020) permitirá acompanhar esta evolução.

A aplicação desses métodos aos municípios costeiros, com diferentes contextos ambientais e socioeconômicos, permitiu validar as metodologias. Todos os métodos são de fácil replicação para os demais municípios brasileiros e apresentam indicadores socioeconômicos representativos. Essa simplificação de metodologia foi um dos objetivos desta pesquisa e é importante por permitir a facilidade operacional da obtenção dos índices.

A facilidade no cálculo do método IVSM e a alta correlação deste com o método mais complexo (IVS) permite recomendar sua replicação para todos os municípios brasileiros, não importando se pelo gestor público, comunidade científica ou sociedade em geral. Os resultados deste índice certamente subsidiarão medidas de adaptação às mudanças climáticas. Os índices IVSM e IVSF são os de cálculo mais simplificado e os mais rápidos de serem obtidos e, por isso, são os de mais fácil aplicação. Mas os indicadores dos métodos IVSC e IVS permitem discernir mais aspectos sobre o que tem influenciado na vulnerabilidade social de um município e, desta forma, podem subsidiar os gestores na aplicação de recursos públicos em setores mais deficitários. Os métodos IVSC e IVS foram aplicados na escala municipal,

porém também podem ser aplicados em escala intramunicipal.

A comparação entre municípios do RN e do PA mostrou a aplicabilidade dos métodos para todo o território nacional, podendo identificar as regiões mais deficitárias, no nível estadual e/ou nacional. Assim, ao serem replicados em quaisquer dos níveis permitirão o melhor uso de recursos públicos nas três esferas governamentais disponíveis para a adequação e a mitigação das populações aos impactos decorrentes das mudanças climáticas.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa de doutorado concedida à primeira autora. Ao Laboratório de Geoprocessamento (GEOPRO) da UFRN pela estrutura de trabalho. À Rede Cooperativa Norte-Nordeste de Pesquisa em Monitoramento Ambiental de Áreas sob a Influência da Indústria Petrolífera (CTPETRO-FINEP/ PETROBRAS/ CNPq) nos subprojetos MOLECO e CRONALOG e ao projeto UNIVERSAL CNPq 481386/2012-2 pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, E.S.; ROSIM, S.; RENNÓ, C.D.; OLIVEIRA, J.R.F.; JARDIM, A.C.; ORTIZ, J.O.; DUTRA, L.V. TERRAHIDRO - A distributed hydrological system to delimit large basins. In: **IGARSS 2012 - IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium**, p. 546-549, 2012.

BROLLO, M.J.; TOMINGA, L.K.; ROSSINI-PENTEADO, D.; AMARAL, R.; RIBEIRO, R.R.; GUEDES, A.C.M. Desastres Naturais e Riscos em São Luiz do Paraitinga (SP). In: **ABGE, 7º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica**, Maringá-PR, 2010. Anais, 19 páginas.

COLLISCHONN, W.; ALLASIA, D.; SILVA, B.C.; TUCCI, C.E.M. The MGB-IPH model for large-scale rainfall-runoff modeling. **Hydrological Sciences Journal**, v.52, p.878-895, 2007.

DIJKSHOORN J.A.; HUTING J.R.M.; TEMPEL P. Update of the 1:5 million Soil and Terrain Database for Latin America and the Caribbean (SOTERLAC; version 2.0). Report 2005/01, **ISRIC – World Soil Information**, Wageningen,

2005. http://www.isric.org/sites/default/files/isric_report_2005_01.pdf

DUAN, Q.; SOROOSHIAN, S.; GUPTA, V.K. Effective and efficient global optimization for conceptual rainfall-runoff models. **Water Resources Research**, v.28, n.4, p.1015-1031, 1992.

FARR, T.G.; ROSEN, P.A.; CARO, E.; CRIPPEN, R.; DUREN, R.; HENSLEY, S.; KOBRICK, M.; PALLER, M.; RODRIGUEZ, E.; ROTH, L.; SEAL, D.; SHAFFER, S.; SHIMADA, J.; UMLAND, J.; WERNER, M.; OSKIN, M.; BURBANK, D.; ALSDORF, D.; 2007. The shuttle radar topography mission. **Reviews of Geophysics**, v.45, 2004. DOI: 10.1029/2005RG000183.

MARENGO, J.A.; BORMAL S.; RODRIGUEZ, D.A.; PINHO P.; SOARES W.R.; ALVES L.M. Recent Extremes of Drought and Flooding in Amazonia: Vulnerabilities and Human Adaptation. **American Journal of Climate Change**, v.2, p.87-96, 2013.

MESINGER F.; CHOU S.C.; GOMES J.L.; JOVIC D.; BASTOS P.; BUSTAMANTE J.F.; LAZIC L.; LYRA A.A.; MORELLI S.; RISTIC I.; VELJOVIC K. An upgraded version of the Eta model. **Meteorology and Atmospheric Physics**. v.116, n.3, p.63-79, 2012. DOI: 10.1007/s00703-012-0182-z.

MOHOR, G.S.; RODRIGUEZ, D.A.; TOMASELLA, J.; SIQUEIRA JÚNIOR, J.L. Exploratory analyses for the assessment of climate change impacts on the energy production in an Amazon run-of-river hydropower plant. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v.4, p.41-59, 2015.

MORIASI, D. N.; ARNOLD J.G.; VAN LIEW M.W.; BINGNER R.L.; HARMEL R.D.; VEITH, T.L. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **Transactions of the ASABE**, v.50, n.3, p.885-900, 2007.

RODRIGUEZ, D.A.; TOMASELLA, J. On the ability of large-scale hydrological models to simulate land use and land cover change impacts in Amazonian basins. **Hydrological Sciences Journal**, 2015. DOI: 10.1080/02626667.2015.1051979.

RODRIGUEZ, D.A. **Impactos dos padrões espaciais da vegetação nas variáveis atmosférica e terrestre do ciclo hidrológico em bacia de floresta amazônica.** 208 f. Tese (Doutorado em Meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011.

SESTINI, M.F. ; ALVALÁ, R. C. dos S.; MELLO, E. M. K.; VALERIANO, D. de M.; CHAN, C. S. ;

NOBRE, C. A.; PAIVA, J. A. de C.; REIMER, É. da S. **Elaboração de mapas de vegetação para utilização em modelos meteorológicos e hidrológicos.** Projeto PROVEG-INPE. 75 páginas. São José dos Campos, SP, 2002.

SIQUEIRA JÚNIOR, J.L.; TOMASELLA, J.; RODRIGUEZ, D.A. Impacts of future climatic and land cover changes on the hydrological regime of the Madeira River basin. Supplementary Material. **Climatic Change** 129:117-129, 2015.