



# ASSESSMENT OF IMPACTS AND VULNERABILITY TO CLIMATE CHANGE IN BRAZIL AND STRATEGIES FOR ADAPTATION OPTIONS - IVA

*CEMADEN, INPE, IAE-CTA, UNICAMP, USP-São Carlos, UNESP-Rio Claro, Inst. de Botânica, IPT, ITA, UNITAU, Universitat de Barcelona, Univ. Arizona, Univ. Texas*



- PI: Dr. José A. Marengo Orsini (*INPE/CEMADEN*)
- Dra Iracema Fonseca de A. Cavalcanti (*INPE*)
  - Dr. Gilberto Fisch (*IAE/DCTA*)
  - Dra. Regina Alvalá (*CEMADEN*)
- Dra. Magda A. Lombardo (*UNESP-R. Claro*)
- Dr. Eduardo Mario Mendiondo (*USP-São Carlos*)
  - Dra. Lucí Hidalgo Nunes (*UNICAMP*)

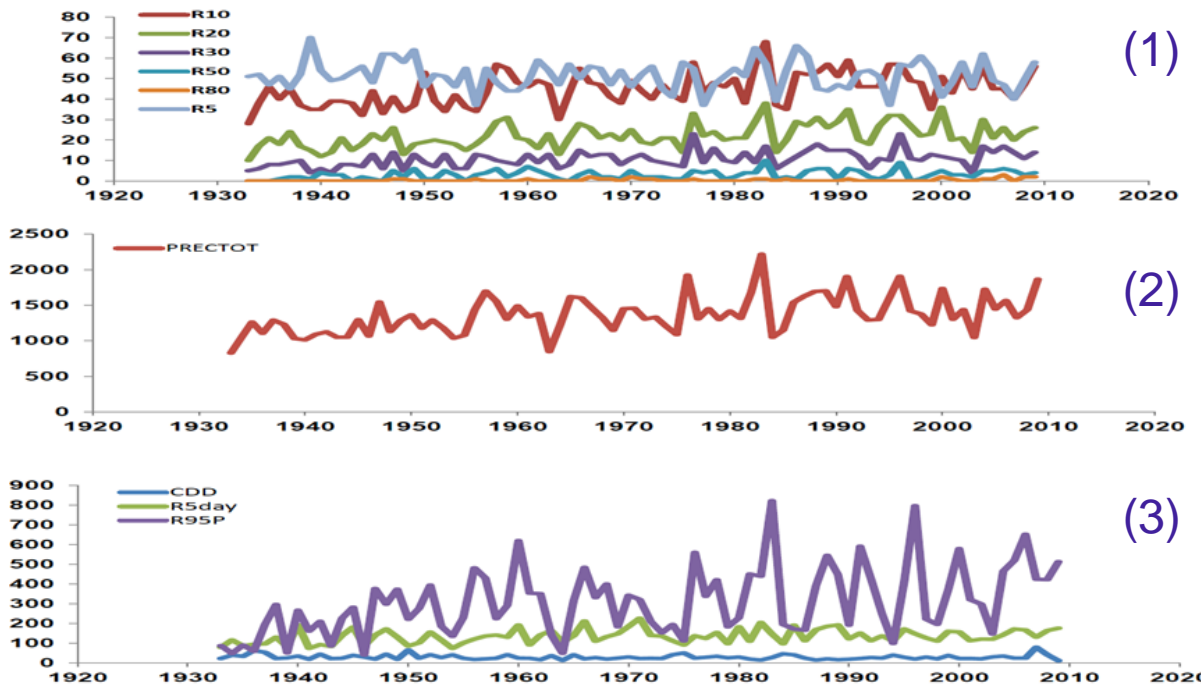
# ***Geração dos novos cenários de clima futuro em alta resolução para a América do Sul e análises dos cenários de mudanças climáticas***

Avaliação de tendências climáticas - em especial, extremos de chuva para o ESP - e cenários futuros (Brasil e ESP) com uso de modelos globais (HadGEM2, HadCM3) e regionais (ETA) em resoluções de 40, 20 e 5km.

Dr. José A. Marengo, CCST/INPE-CEMADEN

Iracema F. Cavalcanti/INPE, Sin Chan Chou/INPE, André Lyra/INPE, Jorge Gomes/INPE, Wagner Soares/INPE, Lincoln Alves/INPE, Guillermo Obregon/INPE, Gilvan Sampaio/INPE, Andrea Young/UNICAMP, Agostinho Ogura/IPT

## RMSP – tendência histórica das Pps



	1961-1990	2010-2040	Signifi- cance	2041-2070	Signifi- cance	2071-2100	Signifi- cance
R5	↘	↘	NS	↘	S	↘	S
PRCPTOT	↗	↗	NS	↗	NS	↗	S
R95P	↗	↗	NS	↗	S	↗	S
R5D	↗	↗	NS	↗	S	↗	S
R10	↗	↗	NS	↗	NS	↗	S
CDD	↘	↘	NS	↗	NS	↗	NS

- (1) Dias com Pp inferior a 5mm e acima de 10,20,30,50 e 80mm
- (2) Precipitação total
- (3) Dias secos consecutivos (CDD), acumulados de 5 dias com potencial para enchentes (R5day), chuvas intensas, percentil 95 (R95P)

*Marengo et al 2012 e 2013*

- Projeções nas Pps geradas pelo Eta CPTEC-HadCM3 40 km para o cenário de emissão A1B - os volumes de chuva estariam aumentando desde a década de 1960, aparentemente devido ao aumento de dias chuvosos e muito chuvosos.

# ***Análises de incertezas de projeções de mudanças climáticas globais e regionais***

Análise das incertezas na projeções de precipitação e temperatura com relação às médias e aos extremos

Dra. Iracema Cavalcanti, INPE

Virginia P. Silveira/INPE, Lincoln M. Alves/INPE, Jorge Luis Gomes/INPE, José R. Rozante /INPE, Wanderson Luiz Silva/INPE, Josiane F. Bustamante/INPE, Claudine Dereczynski/UFRJ, Sin Chan Chou/INPE

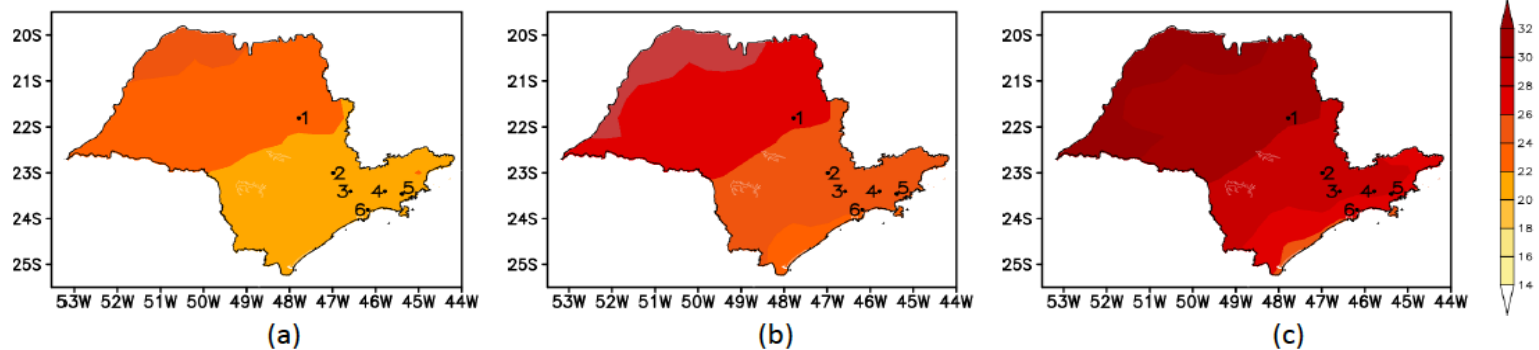


Figura 1. Diferença de temperatura entre os períodos (2070 a 2099) e (1961 a 1990) para JJA ( $^{\circ}\text{C}$ ). (a) Média – desvio padrão entre os membros do conjunto, (b) Média, (c) Média +desvio padrão entre os membros do conjunto.

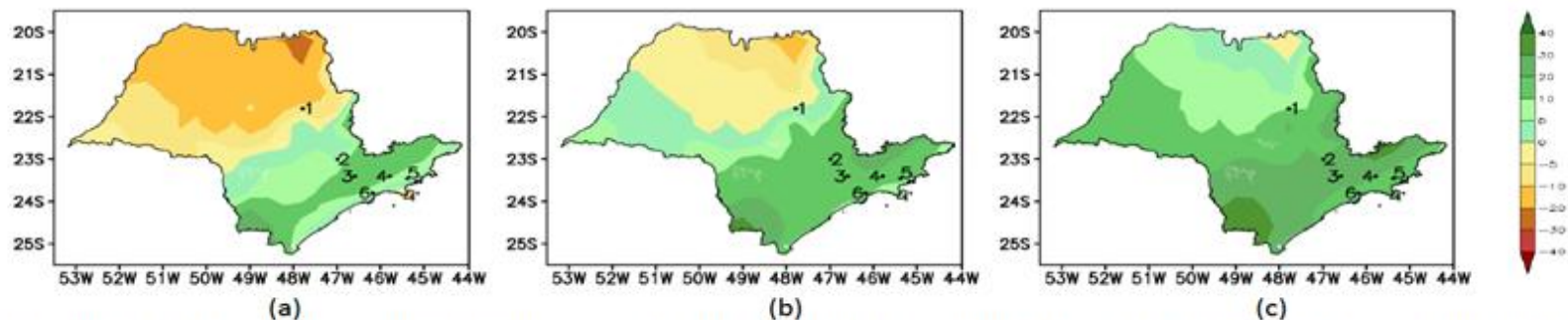


Figura 2. Diferença de precipitação entre o período (2070 a 2099) e (1961 a 1990) para DJF (%). (a) Média – desvio padrão entre os membros do conjunto, (b) Média, (c) Média +desvio padrão entre os membros do conjunto.

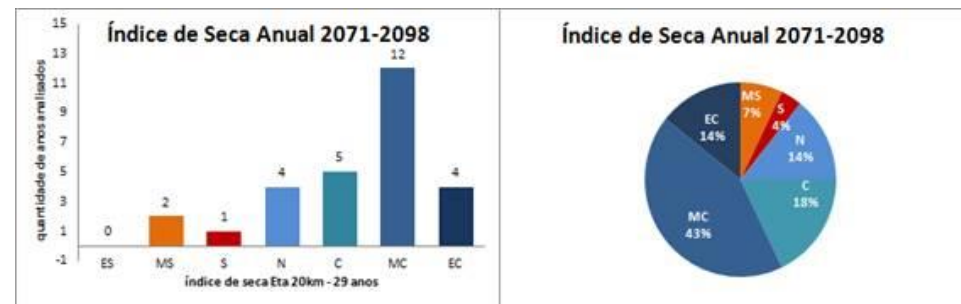
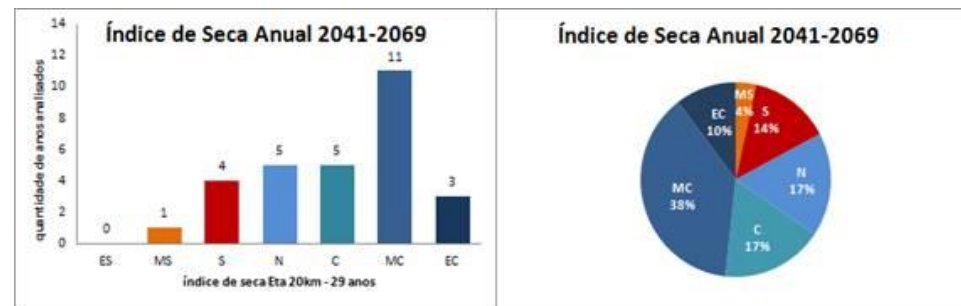
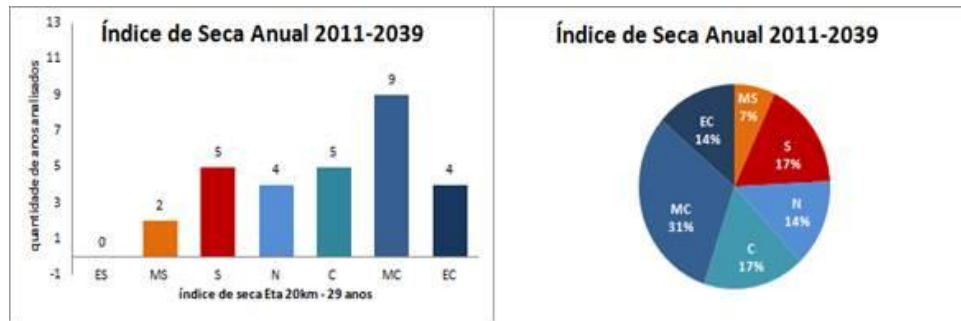
# ***Estudos da vulnerabilidade às mudanças climáticas e impactos no Vale do Rio Paraíba do Sul***

Análise de indicadores climáticos e biológicos para a região do Vale do Paraíba, com vistas a conhecer as características atuais e com as simulações climáticas, inferir mudanças desses indicadores.

**Dr. Gilberto Fisch/IAE-DCTA**

Eduardo Pereira Cabral Gomes/Instituto de Botânica; Diana Valeriano/INPE; Gilberto Fisch/IAE/DCTA e Unitau; Iria Fernandes Vendrame / IAE/DCTA; Maria Cecília Barbosa Toledo /Unitau; Silvana Amaral/INPE; Silvio Jorge Coelho Simões ICT de SJC/UNESP; Simey Thury Vieira Fisch/Unitau

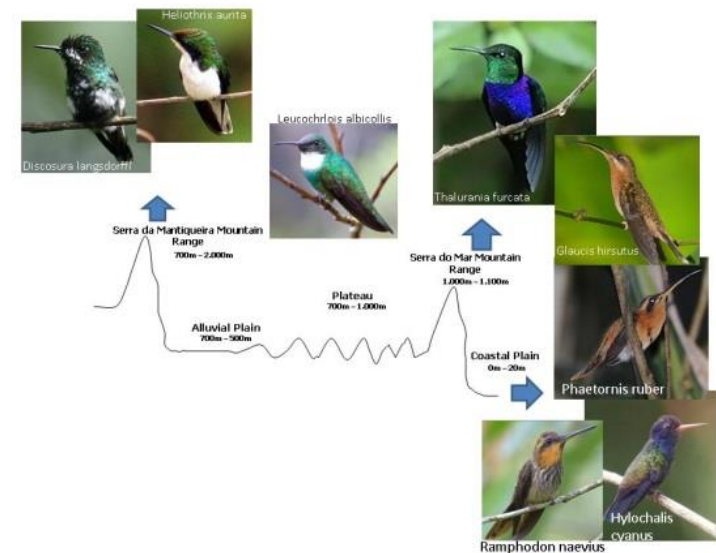
## Indicadores Climáticos



- Vale do Pb: maior ocorrência de taxas de chuvas fortes e extremas, principalmente para o último intervalo de tempo (2071-2098).

## Indicadores Biológicos

- palmeiras mais altas, que ocorrem em áreas maiores, podem ser menos vulneráveis às alterações do meio do que as porte menor, cuja faixa de ocorrência é estreita.
- beija-flores: importante agente polinizador na Mata Atlântica e, portanto, chave para a continuidade das floresta.
  - em locais baixos (quentes e úmidos) apresentam maior relação com o balanço entre consumo e liberação de água corporal; em locais mais altos (frio e seco) apresentaram maior relação com a economia de energia corporal e aumento do consumo de energia disponibilizada pela planta (néctar mais rico em sacarose).





# ***Estudo dos impactos e vulnerabilidade aos DNs devido às mudanças do clima na região da Serra do Mar (clima presente e em cenários futuros de mudanças climáticas)***

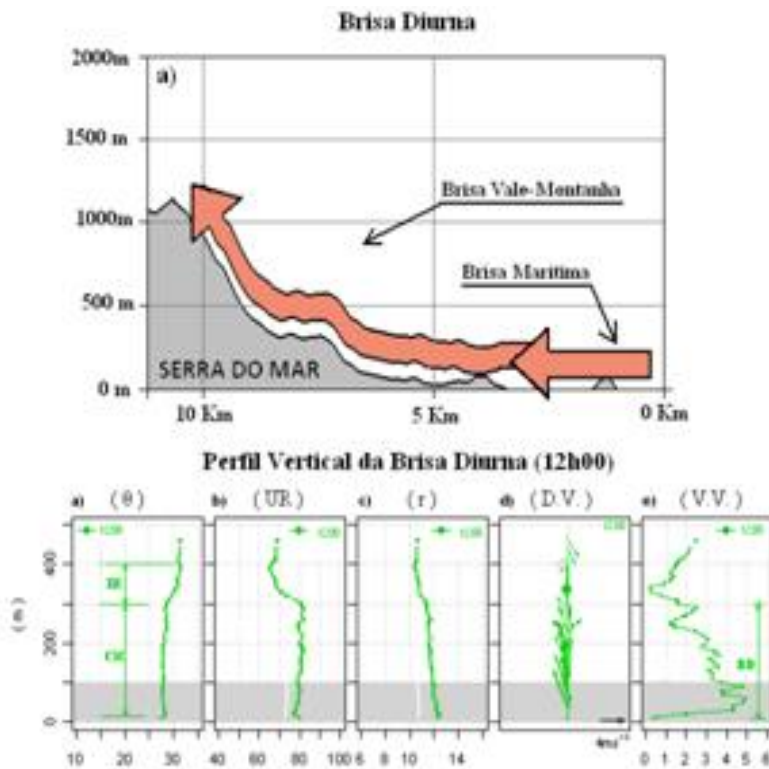
Análises no setor Norte da Serra do Mar: i) compreensão dos padrões da brisa marítima e de montanha na formação de nuvens e tempestades; ii) impactos no clima regional devido às mudanças dos tipos de uso e cobertura da terra; iii) suscetibilidade aos deslizamentos; iv) impacto das mudanças climáticas no nº de eventos extremos de precipitação

Dra Regina Alvalá (CEMADEN)

Pedro I. Camarinha (INPE)

Gilvan Sampaio/CCST-INPE, Giovanni Dolif/CEMADEN; Jorge Bustamante Becerra/CCST-INPE; Regina Alvalá/CEMADEN; Rogério Carneiro/CEMADEN; Vanessa Canavesi/CEMADEN; Viviane Algarve/CCST-INPE.

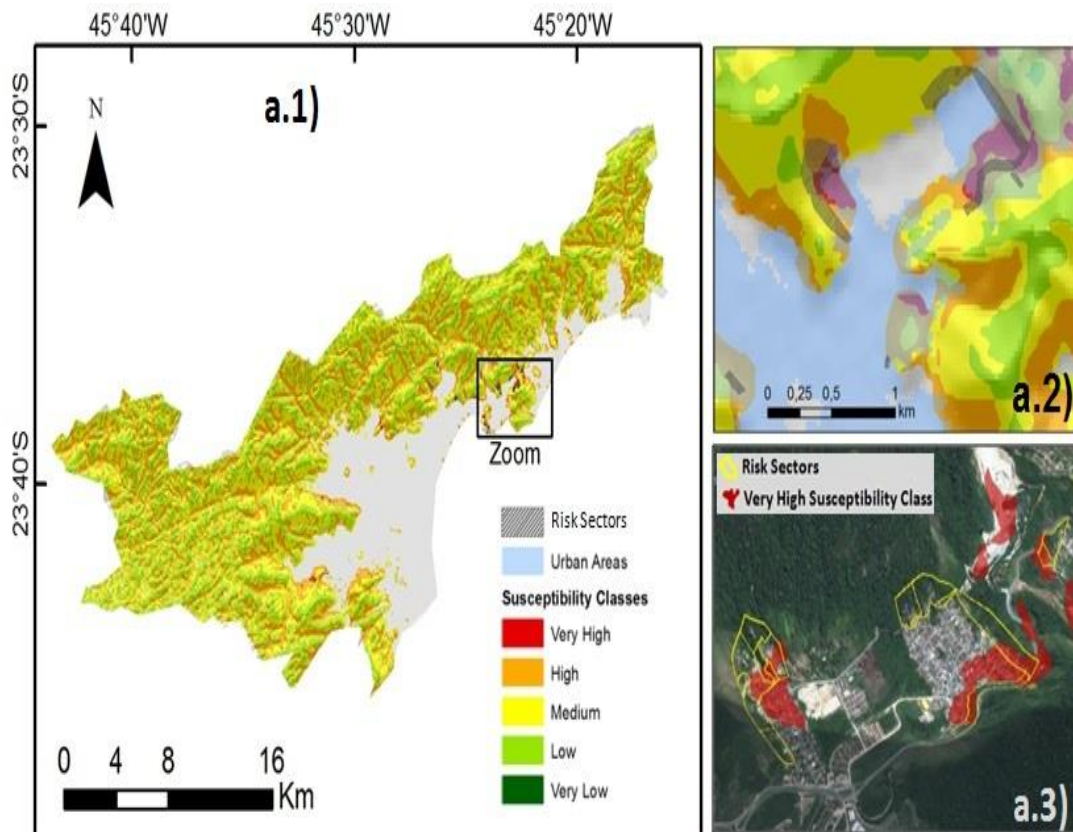
- As brisas transportam umidade e calor para o alto da Serra, auxiliando na formação e alimentação de nuvens, nevoeiros e tempestades convectivas. Resultados mostraram que as características da circulação local - de dia do vale para a encosta e de noite, da encosta para vale – estão confinadas em uma camada de até 400 m de altura, estando desacoplada da circulação de grande escala



- a substituição da vegetação natural por pastagens ou eucalipto aumenta o volume de chuva nos setores mais elevados, sobretudo no verão.
- esse aumento foi atribuído às alterações nas relações de troca de energia na superfície que alteram o sistema de brisa sobre as serras e, conseqüentemente, o transporte de calor e de umidade.

*Carneiro, 2012*

## Suscetibilidade aos deslizamentos de terra em Caraguatatuba



*Camarinha, inédito*

- a.2) 'zoom' em localidade cujas áreas de risco mapeada pela CPRM;  
a.3) mesma localidade em detalhe, na qual se observa sobreposição da classe de vulnerabilidade mais alta (em vermelho) com a as áreas de risco mapeadas (linhas em amarelo).

# ***Medidas de Mitigação e Adaptação de Comunidades Vulneráveis para Convivência com Riscos Hidrológicos derivados de Mudanças Climáticas***

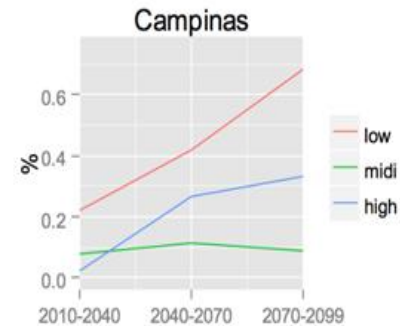
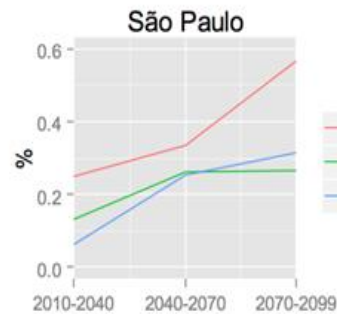
Indicadores de mitigação e adaptação de comunidades vulneráveis visando a convivência com riscos hidrológicos oriundos de mudanças climáticas – com avaliações em bacias hidrográficas de São Carlos-SP e posterior comparação com a outras áreas deste estudo (IVA)

**Dr. Eduardo Mario Menciondo/USP – São Carlos**

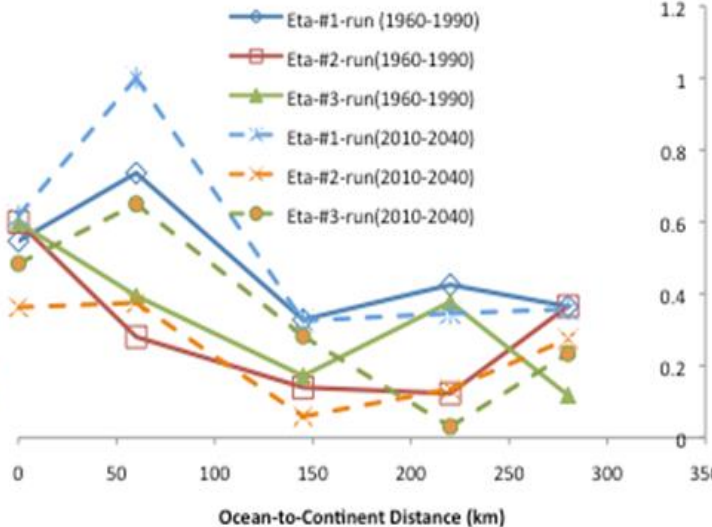
A. Rosa/EESC-USP; D. Bressiani/EESC-USP; D. Rodrigues/EESC-USP; I. Kawatoko/EESC-USP; A. Zaffani/EESC-USP; D. Taffarello/SMA-SP & EESC/USP; G. de Laurentis/EESC-USP; G. S. Mohor/EESC-USP; C. Restrepo/EESC-USP; D. Guzmán/EESC-USP; L. Degrossi/ICMC-USP; G. Furquim/ICMC-USP; F. Horita/ICMC-USP; J. Rotava/EESC-USP; M. C. Fava/EESC-USP; J. Ueyama/ICMC-USP; J. Porto de Albuquerque/ICMC-USP; V. C. B. de Souza/UFAL; H. V. Gupta/Univ.Arizona(EUA); R. Srinivasan/Texas A&M Univ.(EUA); A. Garrido/UPM (Espanha); L. Garrote/UPM (Espanha)

# Fator de ameaça hidrológica para diferentes localidades em 3 períodos

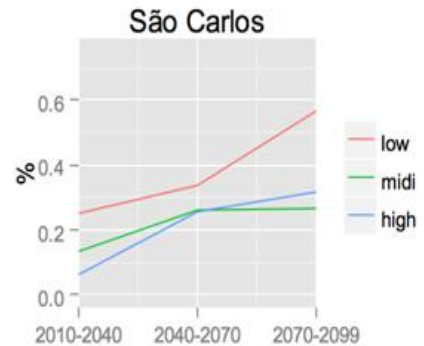
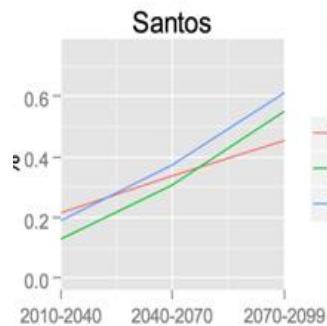
*PWRI-F*: uncertainties from GCM's hazard factors  
Change rate between 2010-2040 & 1960-1990 periods  
fraction of Q1% / Q5% (permanency curves)



**Comparing PWRI-F hazard factor (zscore) from period 1960-1990 to period 2010-2040**



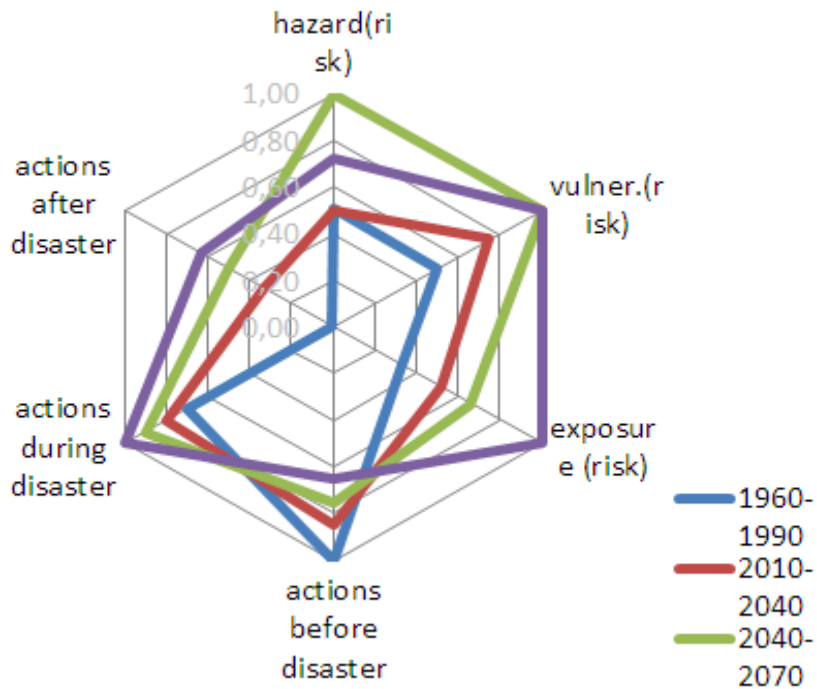
Courtesy work:  
Gustavo Romero (USP)  
Maria Clara Fava (USP)



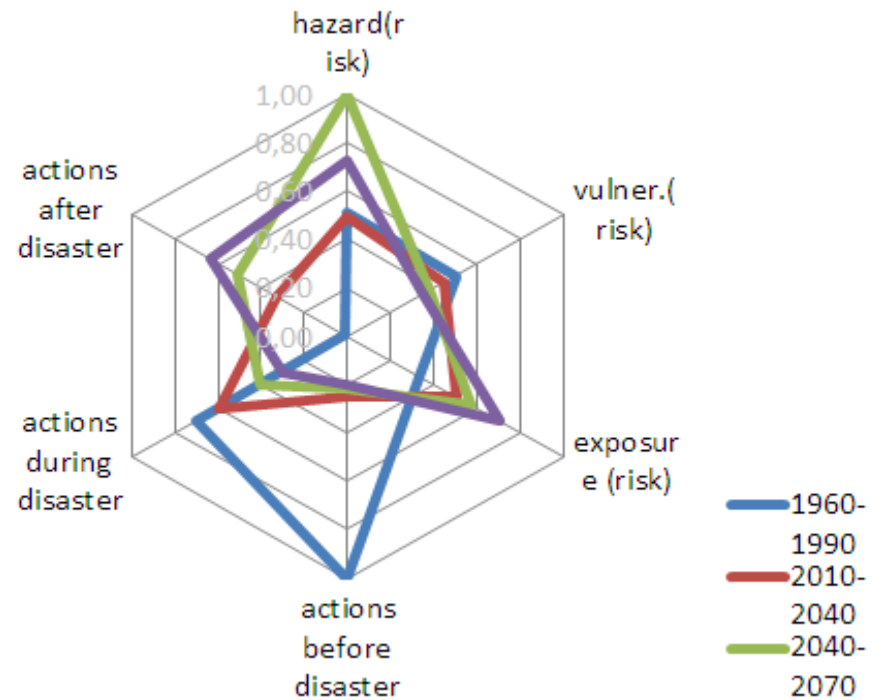
# PWRI – Índice de falta de resiliência hídrica (São Carlos), 1960-2070

(quanto maior o PWRI, menor a resiliência)

**PWRI-F: São Carlos; #1-run; LUC: reactive**



**PWRI-F: São Carlos; #1-run; LUC: proactive**



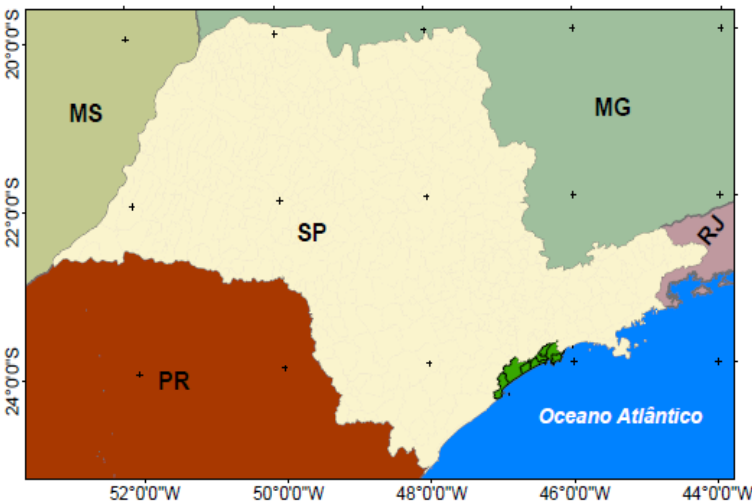
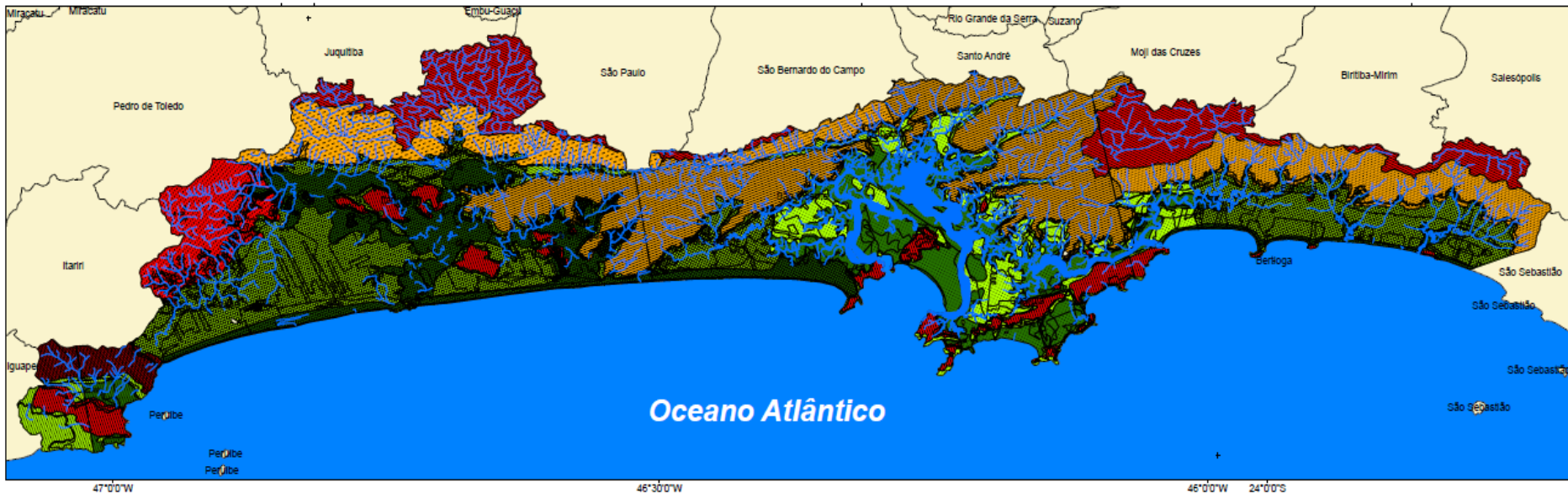
# ***Vulnerabilidade das Regiões Metropolitanas da Baixada Santista e Campinas para as Mudanças Climáticas***

Foco na exposição e vulnerabilidade às mudanças climáticas em 2 regiões metropolitanas brasileiras: RMBS e RMC.

**Dra. Lucí Hidalgo Nunes/UNICAMP**

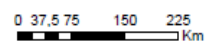
Lindon Fonseca Matias /IG-UNICAMP; Francisco Sérgio Bernardes Ladeira /IG-UNICAMP; Regina Célia de Oliveira /IG-UNICAMP; Javier Martin-Vide /Universitat de Barcelona (Espanha); Bonifácio da Silva; Marina Sória; Maria Cristina Jacinto de Almeida, Estéfano Seneme Gobbi; Danubia Caporusso Bargos, Guilherme Henrique Gabriel; Maria Isabel Figueiredo Pereira de Oliveira Martins, Gustavo H. Beraldino Teramatsu

# Mapa de Sistemas Naturais da Baixada Santista-SP



Morfoestrutura	Morfoescultura	Zona	Estratigrafia	Litologia
Cinturão Orogênico do Atlântico	Escarpas Festonadas, Escarpas Retilíneas de Bertoga, Escarpas Retilíneas de Itanhaém, Escarpas Retilíneas de São Vicente, Morros Residuais, Planalto Atlântico, Planalto Residual, Serra do Itatins	Dispensor, Transmissora	Holoceno marinho e lagunar, Pleistoceno marinho (Formação Cananéia), Pré-Cambriano, Quaternário Continental Indiferenciado (pode ocorrer formações marinhas e flúvio lagunares)	Areias marinhas Litorâneas, Areias marinhas Litorâneas retrabalhadas em superfície pelo vento, Sedimentos Continentais (areias e argilas), Sedimentos de Mangue e de Pântano (areias e argilas), Sedimentos Flúvio-lagunares e de Bacias (areias e argilas)
Bacias Sedimentares Cenozóicas	Planície de Bertoga, Planície de Iguape, Planície de Praia Grande, Planície de Santos, Planície Peruíbe Itanhaém	Receptora, Receptora e dispersora	Holoceno Marinho e Lagunar, Pleistoceno marinho (Formação Cananéia), Pré-Cambriano, Quaternário Continental Indiferenciado (pode ocorrer formações marinhas e flúvio lagunares)	Areias marinhas Litorâneas, Areias marinhas Litorâneas retrabalhadas em superfície pelo vento, Sedimentos Continentais (areias e argilas), Sedimentos de Mangue e de Pântano (areias e argilas), Sedimentos Flúvio-lagunares e de Bacias (areias e argilas)
Formações do Quaternário	Planície Fluvial	Receptora	Holoceno marinho e lagunar, Pleistoceno marinho (Formação Cananéia), Pré-Cambriano, Quaternário Continental Indiferenciado (pode ocorrer formações marinhas e flúvio lagunares)	Sedimentos Continentais (areia e argila), Sedimentos Flúvio-Lagunares e de Bacias (areias e argilas)

## Legenda



Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM); Zona 23 S.  
 South American Datum 1969  
 Datum vertical: Uberaba (MG)  
 Datum horizontal: Marégrafo Inibituba (BC)

Organização: Saulo de Oliveira Foharini  
 Orientação: Profa. Dra. Regina Célia de Oliveira

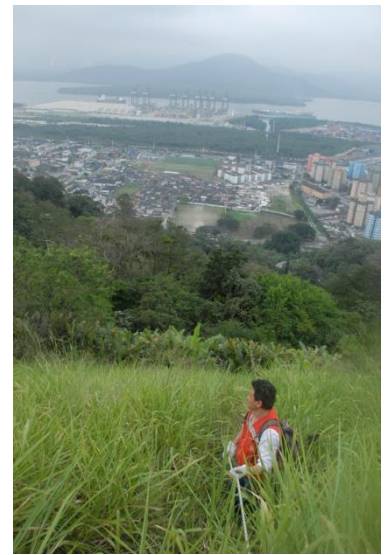
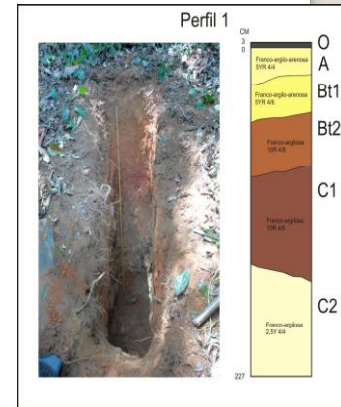
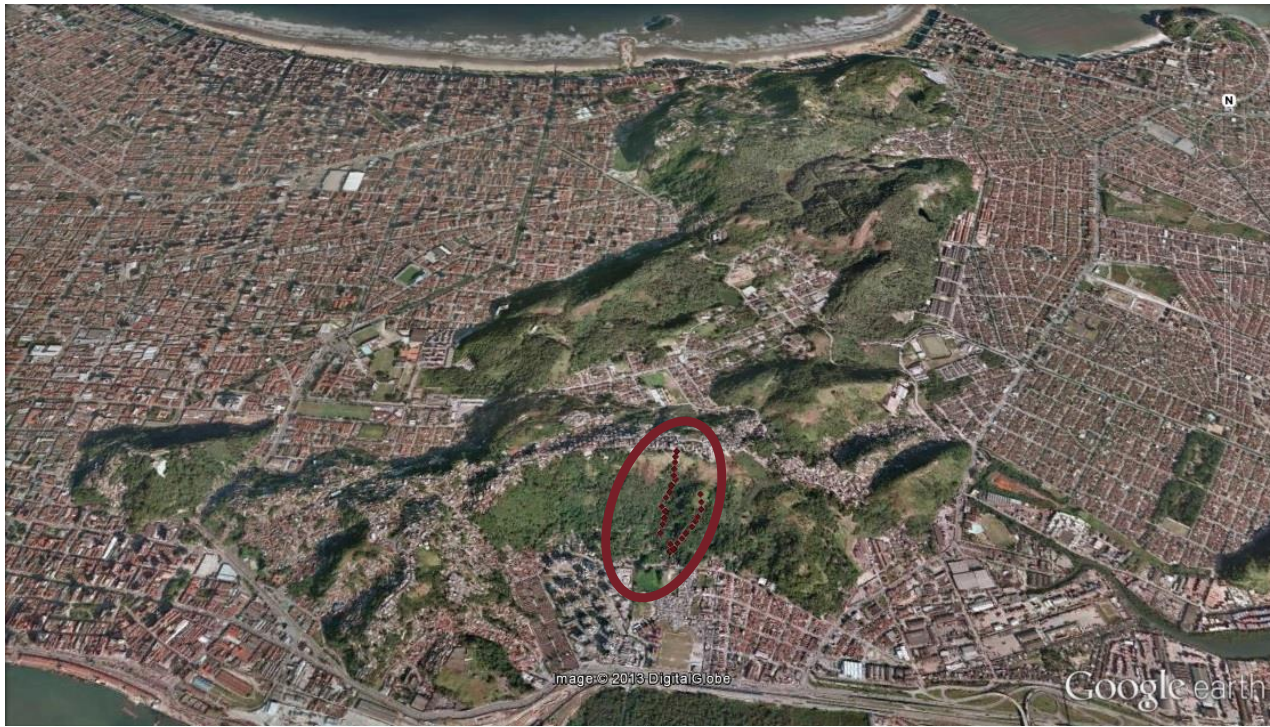
Financiamento: FAPESP

IG UNICAMP



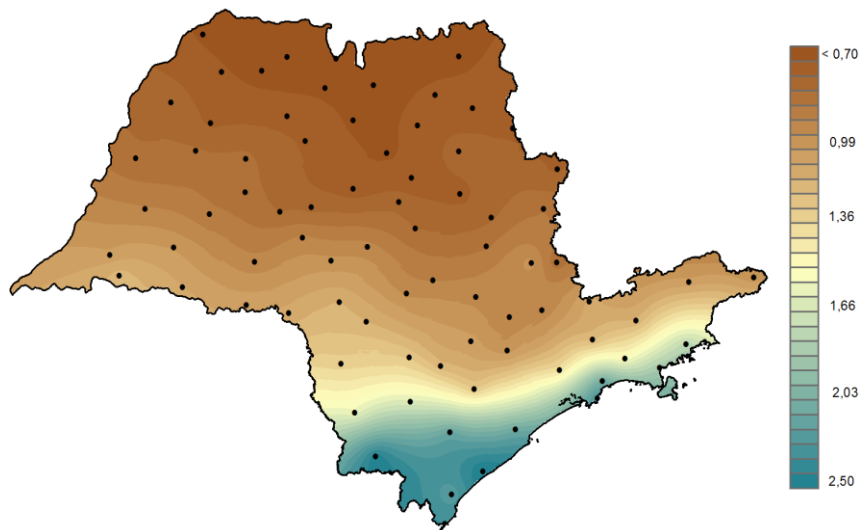
**Tradagem:** Definir volume e trajetória de deslocamento de material a partir dos cenários projetados de mudanças climáticas - área representativas com e sem uso antrópico:

- resultados apontaram discordância do material mostrando níveis de ruptura variáveis

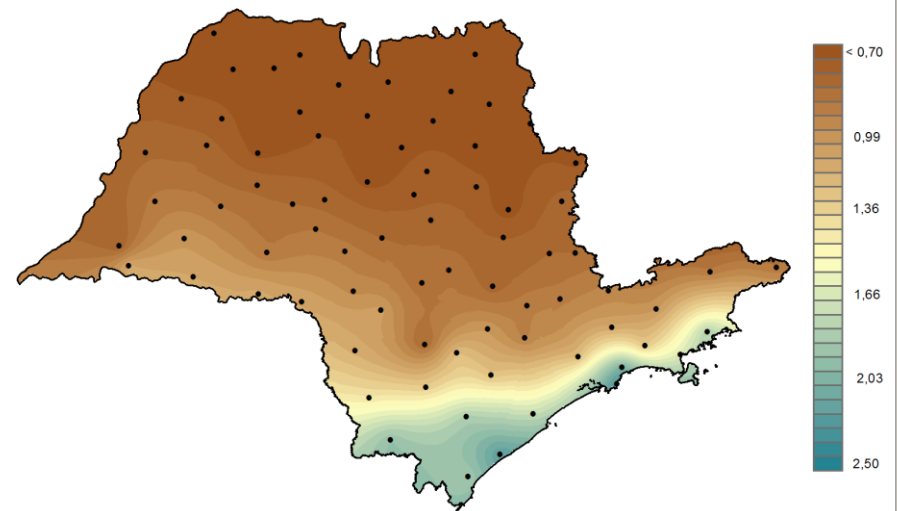


Distribuição do parâmetro gama de forma ( $\alpha$ ) (*quanto menor, mais variável*) para 1973-92 (a) e 1993-12 (b)

$\alpha$  (a)

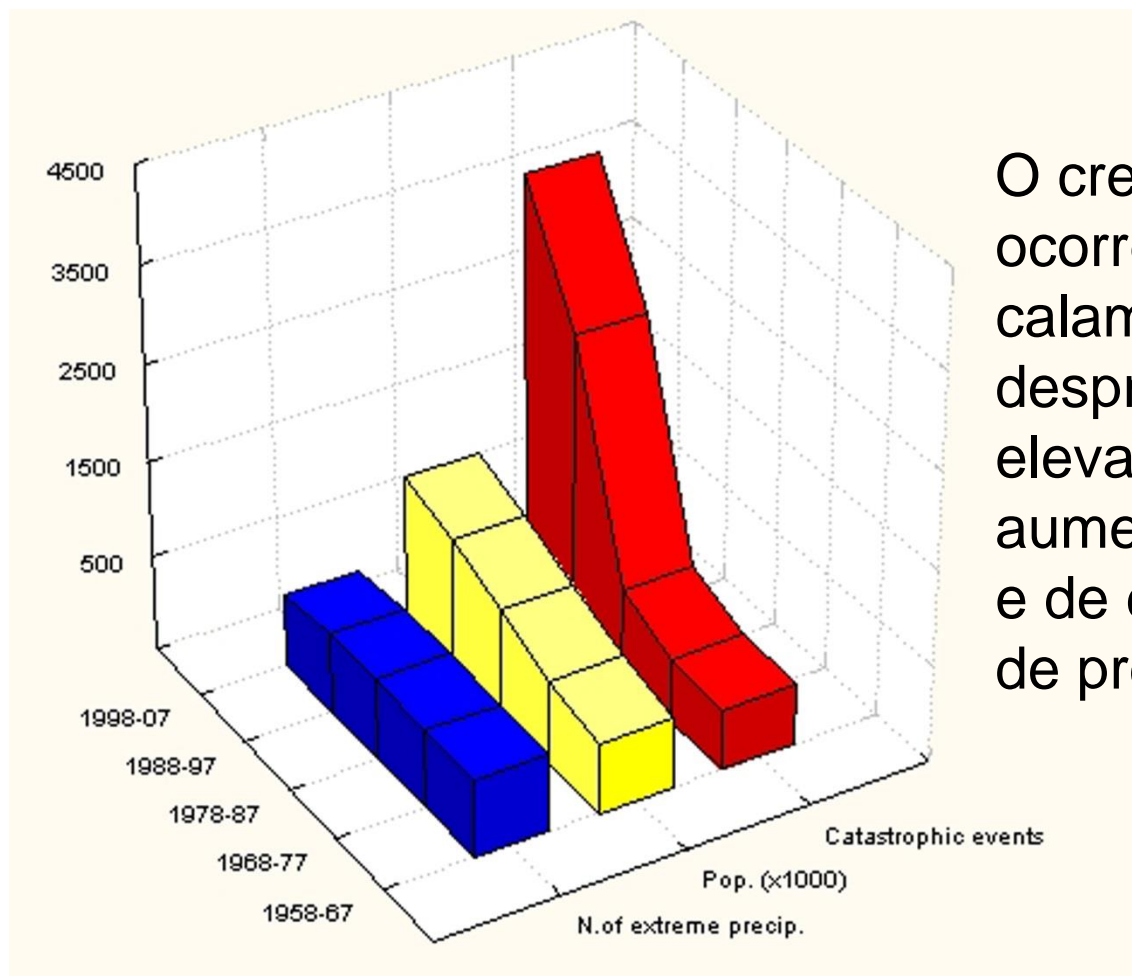


$\alpha$  (b)



*Gabriel, Nunes, Marengo, 2012*

Episódios catastróficos desencadeados por chuvas em Campinas, comparados ao crescimento populacional e eventos extremos de precipitação diária (superior a 50mm) em 5 décadas (1958-2007)



O crescimento de ocorrências calamitosas foi desproporcionalmente elevado em relação ao aumento da população e de eventos extremos de precipitação.

*Nunes, 2011*

## Conclusões

- As análises empreendidas nos setores '*hotspot*' do ESP mostram aumento da variabilidade do clima no futuro, em especial dos eventos extremos positivos:
  - foram empregadas diferentes técnicas e todas apontaram o mesmo padrão futuro;
- além das informações climáticas, a pesquisa considerou com igual peso outros parâmetros físicos, importantes para a definição da suscetibilidade das áreas; indicadores ambientais, para auxiliar na identificação das mudanças e variáveis socioeconômicas, com vistas a identificar vulnerabilidade,
  - a partir disso, observou-se que medidas adaptativas podem ser efetivas para minimizar as consequências adversas identificadas.

## Resultados IVA

- Mais de 30 contribuições científicas em diferentes formatos;
  - ainda estão sendo elaborados trabalhos com os resultados oriundos do projeto e algumas defesas de estudos originados nesta pesquisa;
  - fichas de cada componente, glossário e atlas de projeção de temperatura e precipitação para o ESP
- Mais de 20 orientações, em diferentes níveis (de IC a pos-doc);
- Forte interação entre as componentes;
- A equipe – multidisciplinar e proveniente de diferentes instituições científicas do ESP, com boa representatividade - continua ativa e outras pesquisas derivadas estão em desenvolvimento:
  - parte da equipe integra outro projeto financiado pela FAPESP (Metropole, Chamada 'Coast Vulnerability, Forum Belmont),
  - resultados apontam a necessidade de estudos derivados que demandam muita atenção,
- Foco balizador do IVA: adaptação, que tem tomado corpo recentemente dentro da ciência das mudanças climáticas.

Marengo JA, Valverde MC, Obregón GO (2013) Observed and projected changes in rainfall extremes in the Metropolitan Area of São Paulo. *Clim Res* 57: 61–72

Nobre CA, Young AF, Saldiva P, Marengo JA and others (2011) Vulnerabilidade das megacidades Brasileiras às mudanças climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. INPE/UNICAMP/USP/IPT/UNESP, UNESP, Rio Claro

Obregón, GO, J A. Marengo, CA Nobre (2014) Rainfall and climate variability: long-term trends in the Metropolitan Area of São Paulo in the 20th century, *Climate Research*, doi: 10.3354/cr01241

Torres, RR, JA Marengo (2013) Climate change hotspots over South America: from CMIP3 to CMIP5 multi-model datasets, *Theor Appl Climatol*, DOI 10.1007/s00704-013-1030-x

Castellano, M.S.; Nunes, L.H. Extreme precipitation events and their socio-spatial impacts on a Brazilian urban center: Campinas-SP”, I Conferência Nacional de Mudanças Climáticas Globais, São Paulo, 9 de setembro de 2013.

Gigliotti, M. da S.; Oliveira, R. C. de Análise do Estado Ambiental das Unidades Geoambientais da Região Metropolitana da Baixada Santista-SP. XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada: Uso e Ocupação da Terra e as mudanças das paisagens. Vitória/ES, 08 a 12/ 07/2013.

Nunes, L.H.; Martín-Vide, J.; Gabriel, G.H. Intense precipitation pattern by means of concentration index (CI) – examples of two Brazilian sites”, 7th. European Conference on Severe Storms, Helsinki, 4 de junho de 2013 (Expanded abstract).

Nunes, L.H. A database of Severe Impacts in the Coast of Southeastern Brazil. In: ÖZLAN, E. PROCEEDINGS OF EMECS 10-MEDCOAST 2013 Joint Conference Global Congress on Integrated Coastal Management: Lessons Learned to Address New Challenges, Marmaris, Turquia, v.1, 2013. p.717-727.

Oliveira R. C. de Unidades Geossistêmicas da Paisagem - Litoral do estado de São Paulo/Brasil, VI Congresso Nacional de Geomorfologia. Coimbra/Portugal, 21 – 22 de fevereiro de 2013

Castellano, M.S.; Nunes, L.H. Extreme precipitation events and their socio-spatial impacts in a Brazilian urban centre: Campinas-SP. In: 6th European conference on Severe Storms, 2011, P. de Mallorca. <http://essl.org/ECSS/2011/programme/abstracts/240.pdf>, 2011.

Lima, C.O., Oliveira, R.C. de Análise Ambiental de ocupação nas áreas de manguezais no município de Santos-SP. In: XII Encuentro de Geógrafos de América Latina: Estableciendo puentes en la geografía de Latinoamérica, 2011, Costa Rica. Anais do XII Encuentro de Geógrafos de América Latina: Estableciendo puentes en la geografía. Costa Rica, 2011. v. 1.

Nunes, L.H. Landslides in São Paulo, Brazil: An integrated Historical Perspective. *Pages News*, v.19, n.2, p.60-63, 2011. <[http://www.pages-igbp.org/download/docs/Nunes\\_2011-2\(60-62\).pdf](http://www.pages-igbp.org/download/docs/Nunes_2011-2(60-62).pdf)>

Ribeiro, A.L.M., Oliveira, R.C. de Impactos da Urbanização no sistema hidrológico-inundações no município de Guarujá-SP. In: XIII Encuentro de Geógrafos de América Latina: Estableciendo puentes en la geografía de Latinoamérica, 2011, Costa Rica. Anais do XIII Encuentro de Geógrafos de América Latina: Estableciendo puentes en la geografía de Latinoamérica, 2011. v1

Gabriel, G.H, Nunes, L.H.; Marengo, J.A.O. Diversidade Socioespacial na Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS) – SP. *GeoNorte*, v.1, n.2, p. 342-354, 2012.

Castellano, M.S.; Nunes, L.H. Distribuição das precipitações extremas nos dias da semana na Região Metropolitana de Campinas (SP): primeiras aproximações. *GeoNorte*, v.1, n.2, p. 942-952, 2012.

Degrossi, L. C. ; de Albuquerque, J. P. ; Fava, M. C. ; Mendiondo, E. M. (2014) Flood Citizen Observatory: a crowdsourcing-based approach for flood risk management in Brazil.. In: 26th Int. Conf. Software Eng. & Knowledge Eng., 2014, Vancouver, Canada. Proc. SEKE 2014. Skokie, IL, USA: Knowledge Systems Institute Graduate School, 2014. p. 570-575.

FAVA, M. C.; Rosa, A.; TAFFARELLO, D.; MENDIONDO, E. M. Proposition and Methodological Analysis of a Hydrological Alert Model with Participatory Base (HAMPB). In: III Int. Conf. Climate Change “Adaptation futures”, Maio, 2014, Proc., Fortaleza-CE

Furquim, G. ; Mello R. ; Pessin, G. ; Faiçal, B.; Mendiondo, E. M. ; Ueyama, J. (2014). An Accurate Flood Forecasting Model Using Wireless Sensor Networks and Chaos Theory: A Case Study with Real WSN Deployment in Brazil, In: Comm. Comp.& Inf. Science, 186ed.Geneve: Springer Int. Publ v.459: 92-102.

Dos santos, T.A., Fisch, G., Marengo, J.A. Análise de Temperatura e Precipitação: futuros cenários da região metropolitana do Vale do Paraíba - SP. In: XVIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2014, Recife-PE. Resumos da XVIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2014.

Fisch, s.T.V.; Toledo, M.C.B. Influence of climate change in palms (Arecaceae) richness distribution along an altitudinal gradient in Atlantic Rains Forest, Brazil. In: 3rd iLEAPS Science Conference, 2011, Garmisch-Partenkirchen. Abstracts from 3rd iLEAPS Science Conference, 2011.

Vendrame, I.F., Miranda, m.C. Climate changes adaptation in the Guaratinguetá river basin, Brazil In: Third International Climate Change Adaptation Conference - Adaption Futures 2014, 2014, Fortaleza-CE. Abstracts from Adaptation Futures 2014, 2014.

Algarve, V. R.: Impactos do uso e cobertura da terra na região da Mata Atlântica Paulista: clima presente. 2013. 164 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2013/06.21.20.10-tdi). Tese (doutorado em meteorologia) - instituto nacional de pesquisas espaciais (inpe), são José dos campos, 2013. Disponível em: <<http://urlib.net/8jmkd3mgp7w/3ebd6hs>>.

Alvalá, R. C. S., Camarinha, P. I. M., Canavesi, V. Landslide susceptibility mapping in the coastal region in the state of São Paulo, Brazil in: AGU Meeting of the Americas, 2013, Cancun, México. Abstracts AGU, 2013.

Camarinha, P. I. M.; Canavesi, v.; Alvalá R. C. S. Landslide prediction and analysis with risk assessment using spatial model in coastal region in the state of São Paulo, Brazil. Natural Hazards and Earth System Science Discussion (NHESSD), v. 1, n. 5, p. 5199–5236, 2014. Doi:10.5194/nhessd-1-5199-2013.

Canavesi, V.; Alvalá, R. C. S. . Changes in vegetation cover in reforested areas in the state of são paulo, brazil and the implication for landslide processes. Isprs international journal of geo-information, v. 1, p. 209-227, 2012.

Carneiro, R. L. C. Observações do padrão de circulação do vento em escala regional e local na Serra do Mar, SP. 2012. 158 p. (sid.inpe.br/mtc-m18/2012/02.07.13.26-TDI). Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2012. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP8W/3BB4645>>.

Cavalcanti IFA, Silveira VP, Rozante, JR, Alves, LM, Gomes, JL, Bustamante, JF, Luiz Silva W, Chou SC, Dereczynski C, Marengo JA, 2014. Atlas de Projeções de Temperatura e Precipitação para o Estado de São Paulo. INPE.

Chou SC, Marengo JA, Lyra A, Sueiro G, Pesquero J, Alves LM, Kay G, Betts R, Chagas D, Gomes JL, Bustamante J, Tavares P, 2012. Downscaling of South America present climate driven by 4 member HadCM3 runs. Climate Dynamics. Vol. 38 n. 3-4, 635-653.



OBRIGADA

PI: José A. Marengo/CEMADEN: [jose.marengo@cemaden.gov.br](mailto:jose.marengo@cemaden.gov.br)

Lucí Hidalgo Nunes/ IG-UNICAMP: [luci@ige.unicamp.br](mailto:luci@ige.unicamp.br)