

IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE ELEMENTOS DE INFRAESTRUTURA URBANA E DA INFRAESTRUTURA VERDE PARA LIDAR COM RISCOS VINCULADOS À MUDANÇA DO CLIMA A NÍVEL MUNICIPAL



Figura 1- Aniversário de Salvador - Foto Valter Pontes - AGEKOM 3

Produto 2 — Relatório sobre cenários climáticos e análise de vulnerabilidade

TerraGis Consultoria

Elaborado por:
TerraGis Consultoria

Este documento foi produzido por consultores independentes no âmbito da implementação do Projeto Apoio ao Brasil na Implementação da sua Agenda Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (ProAdapta).

O ProAdapta é fruto da parceria entre o Ministério do Meio Ambiente do Brasil (MMA) e o Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU, sigla em alemão), no contexto da Iniciativa Internacional para o Clima (IKI, sigla em alemão) e implementado pela Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ).

Contribui para o alcance dos objetivos deste projeto e para a coordenação técnica, em parceria com a GIZ, do processo de origem deste documento, a Prefeitura Municipal de Salvador (PMS), por meio de sua Secretaria de Sustentabilidade, Inovação e Resiliência (SECIS).

Todas as opiniões aqui expressas são de inteira responsabilidade dos autores, não refletindo necessariamente a posição da GIZ, da Prefeitura Municipal de Salvador e do MMA. Este documento não foi submetido à revisão editorial.

Equipe Técnica - MMA
Secretaria de Relações Internacionais
Departamento de Economia Ambiental e
Acordos Internacionais

Equipe Técnica - GIZ
Ana Carolina Câmara (coordenação)
Dennis Eucker

Equipe Técnica - SECIS/PMS
Adriana Campelo
Daniela Guarieiro

Equipe Técnica – TerraGis Consultoria
Wolfram Johannes Langes

Ministério do Meio Ambiente
Esplanada dos Ministérios, Bloco B, Brasília/DF, CEP 70068-901
Telefone: + 55 61 2028-1206

Prefeitura Municipal de Salvador
Praça Thomé de Souza - Praça Municipal, S/N, Salvador - BA, CEP 40010-020
Telefone: + 55 71 3202-6000

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Sede da GIZ: Bonn e Eschborn
GIZ Agência Brasília
SCN Quadra 01 Bloco C Sala 1501
Ed. Brasília Trade Center 70.711-902 Brasília/DF
T + 55-61-2101-2170
E giz-brasilien@giz.de
www.giz.de/brasil

A encargo de:
Ministério Federal do Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU) da Alemanha
BMU Bonn:
Robert-Schuman-Platz 3 53175 Bonn, Alemanha
T +49 (0) 228 99 305-0

Diretora de Projeto:
Ana Carolina Câmara
T:+55 61 9 99 89 71 71
T +55 61 2101 2098
E ana-carolina.camara@giz.de

Brasília, agosto de 2019

Projeto ProAdapta –

Apoio ao Governo do Brasil na implementação da sua agenda nacional de adaptação à mudança do clima

Relatório sobre cenários climáticos e análise de vulnerabilidade

(Segunda viagem a Salvador)

Produto 2

Contrato nº: 83307523

Autor: Wolfram Johannes Lange

Sumário

1. Introdução	4
2. Conceitos	4
3. Metodologia	5
4. Seleção das comunidades a serem pesquisadas	9
5. Cenários climáticos e impactos potenciais modelados para Salvador	10
5.1 Temperatura	10
5.2 Precipitação	12
5.3 Impactos biofísicos potenciais	18
5.4 Sumário	20
6. Impactos potenciais e vulnerabilidade às mudanças do clima em comunidades em Salvador	20
6.1 Abastecimento de água	20
6.2 Aumento do nível do mar	20
6.3 Aumento da temperatura e ilha e ondas de calor	21
6.4 Risco de inundações	22
6.5 Risco de deslizamentos	22
6.6 Sumário	23
7. Próximos passos	24

Índice de figuras

Figura 1: Conceito de vulnerabilidade conforme o relatório AR4 do IPCC	4
Figura 2: Esquema de vulnerabilidade em relação ao aumento de temperatura	21
Figura 3: Esquema de vulnerabilidade em relação a inundações	22
Figura 4: Esquema de vulnerabilidade em relação a deslizamentos	23

Índice de tabelas

Tabela 1: Critérios de seleção das comunidades a serem pesquisadas	9
Tabela 2: Variação da temperatura média diária em Salvador em relação ao período 1961-2005	11
Tabela 3: Variação de noites quentes em Salvador em relação ao período 1961-2005.....	11
Tabela 4: Variação de ondas de calor em Salvador em relação ao período 1961-2005	11
Tabela 5: Absoluto e anomalia da precipitação anual total (PRCPTOT).....	12
Tabela 6: Anomalia da precipitação média diária em Salvador em relação ao período 1961-2005.....	13
Tabela 7: Absoluto e anomalia do número máximo de dias consecutivos com chuva no ano (CWD) .	13
Tabela 8: Absoluto e anomalia do número de dias no ano com chuva acima de 10mm (R10mm).....	14
Tabela 9: Absoluto e anomalia do número de dias no ano com chuva acima de 20mm (R20mm).....	14
Tabela 10: Absoluto e anomalia do número de dias no ano com chuva acima de 25mm (R25mm)....	15
Tabela 11: Absoluto e anomalia da máxima precipitação anual em 1 dia (RX1day)	15
Tabela 12: Absoluto e anomalia da máxima precipitação anual em 5 dias consecutivos (RX5day)	16
Tabela 13: Absoluto e anomalia da precipitação anual dividida pelo número de dias com chuva (SDII)	16
Tabela 14: Absoluto e anomalia da precipitação total anual dos dias em que a chuva excedeu o percentil 95 (R95p).....	17
Tabela 15: Absoluto e anomalia da precipitação total anual dos dias em que a chuva excedeu o percentil 99 (R99p).....	17
Tabela 16: Variação (%) do índice de inundação em comparação a linha de base 1960-2005	18
Tabela 17: Variação (%) do índice de deslizamento em comparação a linha de base 1960-2005	19

1. Introdução

O presente relatório é o produto 2 da consultoria intitulada “Identificação e análise de elementos da Infraestrutura Urbana e da Infraestrutura Verde para lidar com riscos vinculados à mudança do clima a nível municipal”. O relatório foca nas informações obtidas na segunda viagem da consultoria que teve como objetivos principais

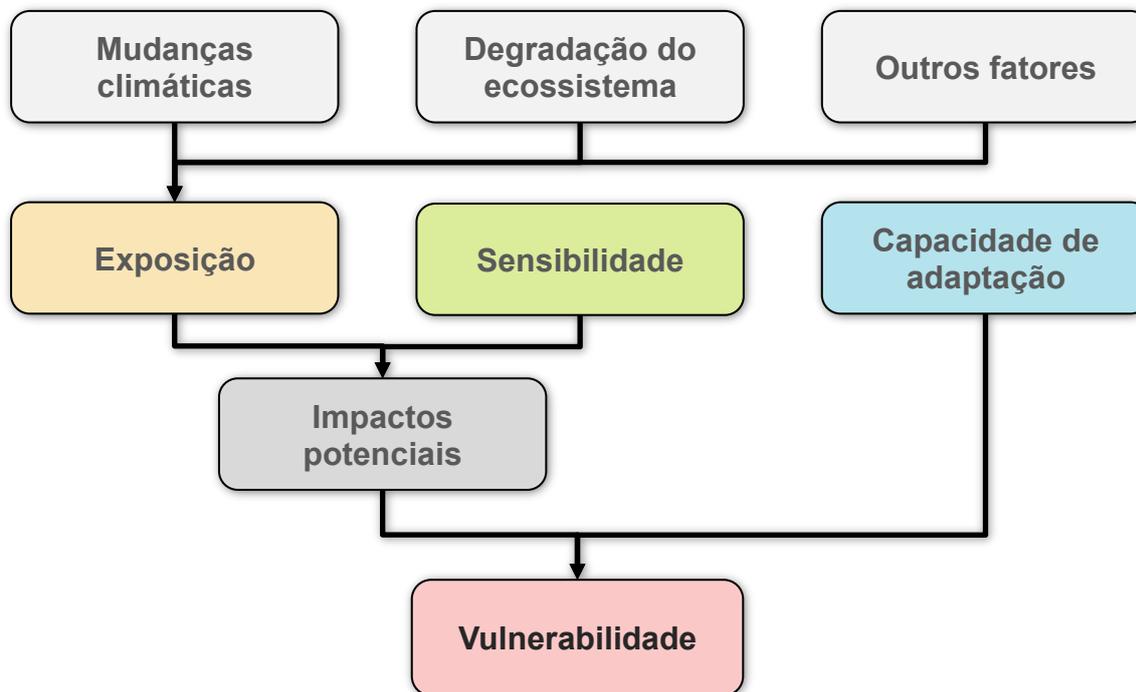
- pesquisar sobre impactos potenciais das mudanças do clima em SSA;
- colher informações e dados sobre a vulnerabilidade em relação aos impactos potenciais selecionados e
- levantar medidas atuais de redução de risco de desastres.

No entanto, como durante essa viagem não se conseguiu realizar todas as entrevistas e oficinas e apareceram questões a serem abordadas na terceira viagem, o presente relatório apresenta os primeiros passos do ciclo AbE em relação à análise de dados climáticos, lente climática e seleção de impactos potenciais e análise de vulnerabilidade.

2. Conceitos

Para a análise de vulnerabilidade o conceito do quarto relatório (AR4) do Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC na sigla inglesa) foi aplicado conforme combinado com o contratante.

Figura 1: Conceito de vulnerabilidade conforme o relatório AR4 do IPCC



O AR4 define os elementos principais de vulnerabilidade da seguinte forma¹ (Figura 1):

¹ IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

- **Exposição:** A natureza e a intensidade do estresse ambiental (biofísico e climático) ou sociopolítico experimentado por um sistema (população, território).
- **Sensibilidade:** A intensidade com a qual um sistema pode sofrer danos ou ser afetado por perturbações, determinadas pelas susceptibilidades intrínsecas ao sistema.
- **Capacidade adaptativa:** A habilidade de um sistema tem de mudar para acomodar os estresses ambientais ou mudanças em outras dimensões, e manejar, da melhor forma possível, as suas consequências.

3. Metodologia

Para o levantamento de dados, vários métodos foram aplicados, a seguir:

- Entrevistas semiestruturadas com especialistas
- Visitas de campo e entrevistas semiestruturadas com lideranças locais
- Grupos focais nas comunidades selecionadas
- Análise de documentos, dados e mapas

Para a análise de impactos potenciais e vulnerabilidade seguiu-se nas entrevistas semiestruturadas as seguintes perguntas chave:

1. Impactos potenciais:

- Quais impactos e riscos climáticos principais estão afetando as comunidades em Salvador?
- Quais ameaças relacionadas ao clima impõem um risco nas comunidades?
- Quais impactos intermediários conectam ameaça e risco?

2. Vulnerabilidade

2.1. Exposição

- Quais os efeitos das mudanças do clima/sinal climático?
- Quais regiões são potencialmente mais expostas?
- Quais são os elementos mais expostos em áreas potencialmente afetadas?
- Quais grupos populacionais são potencialmente mais expostos?

2.2. Sensibilidade

- Como os sinais climáticos afetam esses elementos/áreas/pessoas?
- Por quê os elementos/áreas/pessoas são suscetíveis ao sinal climático?

2.3. Capacidade adaptativa

- Como as pessoas reagem aos sinais climáticos?
- O que as pessoas fazem para reduzir os riscos?
- As pessoas fazem algo para diminuir os efeitos dos desastres? O quê?

Essas perguntas chave e perguntas visando em conseguir informações mais detalhadas foram adaptadas e elaboradas no decorrer das entrevistas.

No caso dos grupos focais nas comunidades se aplicaram métodos de pesquisa participativa buscando informações sobre os mesmos tópicos acima mencionados em relação à impactos potenciais e vulnerabilidade.

O resumo do roteiro elaborado para as oficinas foi o seguinte:

0. Mapa falado da comunidade: Quem chega primeiro começa a desenhar um mapa da comunidade com os elementos principais.

1. Boas-vindas e apresentação do objetivo da reunião
2. Rodada de apresentação dos presentes: Nome, o que gosta e o que não gosta da comunidade ou viver nela.
3. Discussão sobre aquecimento global e aumento da temperatura:
 - Quem já ouviu falar de aquecimento global?
 - O que as temperaturas altas fazem com você?
 - O que faz quando faz muito calor?
4. Outros riscos em geral:
 - Quais riscos tem na comunidade?
 - Quais efeitos eles têm para a comunidade/para você?
 - Quais áreas são potencialmente mais afetadas? (Trabalhar com o mapa elaborado no início)
 - Quais ameaças pesam mais?
5. *Buzzgroup*/discussão em grupo: Dividir o grupo em dois grupos sobre inundações/alagamentos e deslizamentos.

Em cada grupo colocar as seguintes perguntas chave:

- Quais são os efeitos do deslizamento/inundação/onda de calor para a sua comunidade/você/natureza?
- Tem explicação?
- Na sua opinião, olhando para o risco de deslizamento/inundação/onda de calor, quais poderiam ser as suas causas (do impacto)?
- Qual explicação você tem para o risco de deslizamento/inundação/onda de calor?
- Tem a ver com o clima e o tempo?

Perguntas chave na discussão na apresentação de cada grupo em relação a capacidade adaptativa e medidas de redução de riscos:

- O que o governo deve fazer para prevenir riscos ambientais para a população local? O que o governo pode fazer/como pode contribuir para reduzir os riscos de deslizamentos/inundação/onda de calor?
- O que as pessoas da comunidade mesmo podem fazer para se prevenir contra os riscos de deslizamento/inundação/onda de calor? O que se pode fazer aqui na comunidade?
- E como a natureza, p.ex. os [serviços ecossistêmicos] (p.ex. árvores, vegetação, áreas verdes, solo aberto, áreas húmidas) podem contribuir para prevenir riscos de deslizamento/inundação/onda de calor? A natureza pode proteger vocês também? E como a natureza pode contribuir para a redução de deslizamento/inundação/onda de calor?

Perguntas chave em relação a impedimentos de participar mais em medidas de redução de riscos:

- O que já acontece para reduzir o risco de deslizamento/inundação/onda de calor? Quais são as atividades para reduzir os riscos que já são realizadas na sua comunidade?
- O que atrapalha você em fazer mais...?
- O que atrapalha a população local a participar em ou desenvolver atividades de redução de risco de desastres? Quais são as dificuldades?

- O que a população pode fazer amanhã para reduzir o risco de deslizamento/inundação lidar melhor com ondas de calor? Quais poderiam ser as coisas que podiam colocar em prática já amanhã?
- O que deve mudar para que vocês possam fazer essas atividades para reduzir os riscos? Qual é a ajuda que vocês precisam e de quem?

Ao longo da segunda viagem do estudo foram realizadas 14 entrevistas com especialistas e dois representantes de comunidades. A lista completa e transcrição das entrevistas encontra-se nos relatórios da consultoria de acompanhamento e apoio de Angela Andrade.

A seguir, o cronograma da segunda viagem a Salvador:

	Atividade	Participantes	Atividade	Participantes	Atividade	Participantes	Atividade	Participantes	Atividade	Participantes
	Segunda-feira, 01.04.		Terça-feira, 02.04.		Quarta-feira, 03.04.		Quinta-feira, 04.04.		Sexta-feira, 05.04.	
Manhã			9:00: Entrevista com Asher (engenheiro civil)	Wolfram & Angela	Coleta e preparação de informações para a reunião	Wolfram	9-12: Oficina de seleção das áreas, apresentação de PAEs	Adriana, Gabriela, Angela, Wolfram, SECIS, CODESAL	10:00: Reunião na CODESAL com Elio Perrone	Wolfram & Angela
Almoço										
Tarde	Viagem e chegada Wolfram		14:30-17:30: Reunião inicial de planejamento e seleção das áreas a serem pesquisadas.	Adriana, Gabriela, Angela, Wolfram, SECIS, CODESAL	Visita de campo	Gabriela, Wolfram, Angela, Mateus, Luana	16:30: Débora (urbanismo e participação social)	Wolfram & Angela	16:00: Luiz Edmundo (engenheiro)	Wolfram & Angela
	18:30: Entrevista com Francisco	Wolfram & Angela								

	Segunda-feira, 08.04.		Terça-feira, 09.04.		Quarta-feira, 10.04.		Quinta-feira, 11.04.		Sexta-feira, 12.04.	
Manhã	9:00: Tanajura (meteorologia)	Wolfram & Angela	10:30: Nino em Beira Dique	Wolfram & Angela	7:30: Márcia (conforto ambiental)	Wolfram & Angela	9:00: Minos (Concreta)	Wolfram & Angela	Preparação do wrap-up	Wolfram
	10:30: Landim (erosão costeira)						10:00: Mariano (Ecologia)			
	12:30: Uelber (SAVAN/SECIS)				09:30: Visita Padre Ugo		11:00: Dange (paisagismo)			
Almoço										
Tarde	Tentativa de visita Padre Ugo	Wolfram & Angela	14:00: Kelly (Biologia)	Wolfram & Angela	14:00: Oficina Beira Dique	Wolfram, Angela, Maristela, Ugo, comunidade	14:00: Carla Andrade (Área 1)	Wolfram & Angela	13:00: Reunião de resumo e próximos passos	Adriana, Gabriela, Angela, Wolfram, SECIS, CODESAL
					18:00: Tereza (conforto ambiental)	Wolfram & Angela	16:00: Oficina Padre Ugo: Não aconteceu	Wolfram, Angela, Maristela, comunidade		

4. Seleção das comunidades a serem pesquisadas

Para a seleção das comunidades a serem pesquisadas houve ampla discussão entre os parceiros do estudo inclusive com visitas de campo em várias comunidades no início da segunda viagem. Em vez de selecionar as comunidades a serem pesquisadas unicamente por critérios quantitativos em termos do grau de vulnerabilidade, sugeriu-se a aplicação dos seguintes critérios qualitativos para conseguir estudos de caso que mais servem para os objetivos do projeto (Tabela 1).

Tabela 1: Critérios de seleção das comunidades a serem pesquisadas

Critério	Informação necessária	Quem	Medição/Pontuação
1. Presença de NUPDEC e atuação	Ponto do NUPDEC, área de atuação, avaliação qualitativa da atuação	CODESAL/ Gabriela	0: Não tem, 1: Tem, 2: Tem e com boa atuação
1. Liderança comunitária (Capacidade de articulação, mobilização, coesão e atuação)	Avaliação qualitativa da atuação	CODESAL/ Gabriela	0: Não tem, 1: Regular, 2: bom, 3: Muito Bom
3. Grau de risco atual	Mapeamento das áreas de risco	CODESAL/ Gabriela	1: Médio, 2: Alto/muito alto, 3: Médio e alto/muito alto
4. Intervenções de RRD/contenções/remoções já programadas com projeto e financiamento		CODESAL/ Gabriela	0: programado, 1: Em área parcial, 2: Sem previsão
5. Presença de ecossistemas (incl. no entorno e degradados) a serem recuperadas	Ortofotos, mapa da ocupação do solo, visita de campo	CODESAL/ Wolfram	0: Totalmente urbanizado, sem áreas verdes/não ocupados, 1: Pequenas áreas verdes, 2: Ampla presença de áreas verdes
6. Visibilidade de uma potencial intervenção ou da comunidade em geral	Avaliação qualitativa		
7. Exposição às mudanças do clima (deslizamentos, inundações, aumento do nível do mar, ilhas de calor)		Marcel/De nnis	A ser definido no final

Se bem que esses critérios geraram uma lista de comunidades potenciais a serem pesquisadas, surgiu no início da segunda viagem a demanda de incluir o critério de que aquelas a serem escolhidas também deveriam ter um Plano de Ações Estruturais (PAE) o que restringiu bem mais as opções. Depois de visitas de campo e ampla discussão entre os parceiros foi definido que as comunidades a serem pesquisadas serão Beira Dique e Padre Hugo.

5. Cenários climáticos e impactos potenciais modelados para Salvador

Como base da análise de vulnerabilidade é essencial preparar e analisar cenários climáticos que possam indicar sinais climáticos como ameaças à população local. Também deve-se considerar estudos sobre impactos biofísicos potenciais consequentes de ameaças e sensibilidades ecológicas, mas é importante ter cautela e verificar, se as modelagens dos impactos biofísicos potenciais e as variáveis empregadas valem para a região em questão (cidade de Salvador).

As projeções regionalizadas (*downscaling*) do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) estão disponíveis² para os modelos climáticos globais HadGEM2-ES (*Met Office Hadley Centre*) e MIROC5 (*Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Atmosphere and Ocean Research Institute*) e em intervalos de tempo referentes aos períodos de 1961-2005 (linha base da temperatura e precipitação) e 1961-1990 (período base dos extremos meteorológicos), 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100. Foram considerados os períodos histórico (base) e os cenários futuros RCP4.5 (otimista, com emissões intermediárias-baixas) e RCP8.5 (pessimista, com altas emissões), para os trimestres DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), MAM (Março, Abril e Maio), JJA (Junho, Julho e Agosto) e SON (Setembro, Outubro e Novembro).

É muito importante ressaltar que projeções climáticas e impactos biofísicos potenciais modelados estão sujeitos a incertezas e imprecisões. No entanto, as informações apresentadas abaixo são as melhores que existem atualmente e se sabe o suficiente para começar a se adaptar aos efeitos adversos das mudanças do clima.

5.1 Temperatura

Temperatura média

A projeção do aumento da temperatura do ar a 2 metros, é em média de 1°C no primeiro período de 30 anos, de 2011-2040; aumenta cerca de 2°C no segundo período, de 2041-2070 e 3°C no último período, de 2071-2100, atingindo cerca de 4,5°C no final do século XXI (Tabela 2). A variabilidade interanual das temperaturas se amplifica ao longo do século XXI.

² Dados gerados pelo CPTEC/INPE e disponibilizados na Plataforma PROJETA:

Chou, S.C, Lyra, A. , Mourão, C. , Dereczynski, C. , Pilotto, I. , Gomes, J. , Bustamante, J. , Tavares, P. , Silva, A. , Rodrigues, D. , Campos, D. , Chagas, D. , Sueiro, G. , Siqueira, G. , Nobre, P. and Marengo, J. (2014) Evaluation of the Eta Simulations Nested in Three Global Climate Models. *American Journal of Climate Change*, 3, 438-454. doi:10.4236/ajcc.2014.35039.

Chou, S.C, Lyra, A. , Mourão, C. , Dereczynski, C. , Pilotto, I. , Gomes, J. , Bustamante, J. , Tavares, P. , Silva, A. , Rodrigues, D. , Campos, D. , Chagas, D. , Sueiro, G. , Siqueira, G. and Marengo, J. (2014) Assessment of Climate Change over South America under RCP 4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios. *American Journal of Climate Change*,3, 512-527. doi: 10.4236/ajcc.2014.35043.

Lyra, A., Tavares, P., Chou, S.C., Sueiro, G., Dereczynski, C.P., Sondermann, M., Silva, A., Marengo, J., Giarolla, A. 2017. Climate change projections over three metropolitan regions in Southeast Brazil using the non-hydrostatic Eta regional climate model at 5-km resolution *Theor Appl Climatol*. doi:10.1007/s00704-017-2067-z. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-017-2067-z>

Tabela 2: Variação da temperatura média diária em Salvador em relação ao período 1961-2005

Cenário	RCP 4.5 (otimista)			RCP 8.5 (pessimista)		
	2011-2040	2041-2070	2071-2100	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Trimestre/Modelo						
DJF/HadGEM2-ES	0.9°C	2.0°C	2.6°C	0.9°C	2.3°C	4.0°C
DJF/MIROC5	1.0°C	1.8°C	2.1°C	1.0°C	2.2°C	3.4°C
JJA/HadGEM2-ES	0.9°C	1.8°C	2.5°C	2.1°C	3.6°C	5.2°C
JJA/MIROC5	0.6°C	1.2°C	1.4°C	0.7°C	1.6°C	2.8°C

Noites quentes (TN90p)

O índice TN90p é utilizado para representar a tendência de dias em que a temperatura mínima fica acima do percentil³ 90, em relação ao cenário histórico, indicando um aumento da temperatura mínima durante o período da noite.

As projeções em Salvador indicam um aumento na frequência de noites quentes até 32% até 2040, até 67% até 2070 e até 85% até o final do século (Tabela 3).

Tabela 3: Variação de noites quentes em Salvador em relação ao período 1961-2005

Cenário	RCP 4.5 (otimista)			RCP 8.5 (pessimista)		
	2011-2040	2041-2070	2071-2100	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Modelo						
HadGEM2-ES	21%	54%	69%	32%	67%	85%
MIROC5	19%	32%	43%	17%	42%	68%

Ondas de calor (WSDI)

O índice WSDI é utilizado para representar a contagem anual de dias com no mínimo 6 dias consecutivos com temperatura máxima acima do percentil 90, indicando uma sequência de dias quentes que pode ser entendida como ondas de calor. A unidade do índice WSDI é dia.

O índice WSDI para Salvador indica um aumento na duração das ondas de calor até 65 dias até 2040, até 162 dias até 2070 e até 276 até o final do século (Tabela 4).

Tabela 4: Variação de ondas de calor em Salvador em relação ao período 1961-2005

Cenário	RCP 4.5 (otimista)			RCP 8.5 (pessimista)		
	2011-2040	2041-2070	2071-2100	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Modelo						
HadGEM2-ES	24	67	122	65	162	276

³ Os percentis são medidas que dividem a amostra ordenada (por ordem crescente dos dados) em 100 partes, cada uma com uma porcentagem de dados aproximadamente igual. Por exemplo, o percentil 90 indica o valor a partir do qual 90% dos dados são menores ou iguais.

MIROC5	23	66	68	26	92	195
--------	----	----	----	----	----	-----

5.2 Precipitação

Em geral, a série temporal de Salvador simulada a partir do *downscaling* dos modelos globais HadGEM2-ES e MIROC5, mostra que o volume de precipitação fica mais ou menos estável com tendência de redução das chuvas na cidade, com aumento na variabilidade interanual, ou seja, projetam-se anos de excesso de chuva muito acima do normal atual e anos de déficit de chuva muito abaixo do normal. As projeções indicam que os períodos de dias consecutivos sem chuva se tornarão mais longos (até 60 dias até 2040). Por outro lado, os eventos extremos diários de chuva ocorrem com acumulados cada vez maiores (até 40 dias até 2040). Algumas das variáveis de precipitação modeladas estão apresentadas e resumidas a seguir, em especial aquelas potencialmente relevantes para avaliar o risco de deslizamento e inundações.

Precipitação anual total (PRCPTOT)

A variável da precipitação anual total mostra redução da chuva, mas aumento da variabilidade (indicado pelo desvio padrão) em quase todos os cenários, modelos e períodos (Tabela 5). A redução é mais expressiva no modelo Eta-HADGEM2-ES e para o cenário pessimista (ambos modelos), mas a variabilidade aumenta mais no modelo Eta-MIROC5 que também mostra um potencial aumento de chuva total anual no período 2006-2040 para o cenário otimista.

Tabela 5: Absoluto e anomalia da precipitação anual total (PRCPTOT)

Absoluto mm					Anomalia mm				
	Médio	Min.	Max.	Desv. padr.		Média	Min.	Max.	Desv. padr.
HADGEM2-ES					HADGEM2-ES				
1961-2005	2012	1191	3438	488					
4.5: 2006-2040	1694	811	3095	560	4.5: 2006-2040	-318	-380	-343	72
4.5: 2041-2070	1700	969	3636	540	4.5: 2041-2070	-312	-221	198	52
8.5: 2006-2040	1528	478	3216	597	8.5: 2006-2040	-484	-713	-222	108
8.5: 2041-2070	1462	649	1462	428	8.5: 2041-2070	-551	-713	-1976	-60
MIROC5					MIROC5				
1961-2005	1993	1358	2921	362					
4.5: 2006-2040	2047	1235	3291	574	4.5: 2006-2040	54	-122	370	212
4.5: 2041-2070	1810	911	3210	523	4.5: 2041-2070	-183	-447	289	161
8.5: 2006-2040	1869	636	2703	539	8.5: 2006-2040	-124	-722	-218	177
8.5: 2041-2070	1709	935	2526	439	8.5: 2041-2070	-284	-422	-396	77

Precipitação média diária

Analisando os dados de precipitação por média diária e estação, as projeções dos modelos indicam desde normalidade, à redução das chuvas de verão (DJF) em Salvador (Tabela 6 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Este sinal de redução das chuvas no verão está presente principalmente no cenário pessimista de maior concentração dos gases de efeito estufa, RCP8.5, em ambos modelos globais. No outono (MAM), as projeções do Eta-HadGEM2-ES mantém a redução das chuvas, entretanto, as projeções do Eta-MIROC5 iniciam o século XXI com aumento das chuvas; somente a

partir do segundo período, de 2041-2070, passam para redução das chuvas até o final do século XXI. Essa redução das chuvas no outono é mais evidente nas projeções do Eta-MIROC5 no RCP8.5. No inverno (JJA), as projeções de mudanças variam de normalidade até pequena redução das chuvas. Na primavera (SON), as projeções dos modelos indicam redução das chuvas com padrão bastante semelhante entre as rodadas forçadas pelos dois modelos climáticos globais.

Tabela 6: Anomalia da precipitação média diária em Salvador em relação ao período 1961-2005

Cenário	RCP 4.5 (otimista)			RCP 8.5 (pessimista)		
	2011-2040	2041-2070	2071-2100	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Trimestre/modelo						
DJF/HadGEM2-ES	-10%	5%	-26%	-28%	-41%	-66%
DJF/MIROC5	-26%	-15%	-18%	-6%	-22%	-35%
JJA/HadGEM2-ES	-15%	14%	-19%	-23%	-11%	-22%
JJA/MIROC5	18%	8%	6%	2%	1%	-18%

Número máximo de dias consecutivos com chuva no ano (CWD)

Em geral, observa-se redução de dias consecutivos de chuva, em especial no caso do modelo Eta-HadGEM2-ES, tanto para a média quanto para o máximo. No modelo Eta-MIROC5, no entanto, os máximos dos dias consecutivos com chuva no ano e conseqüentemente a variabilidade aumenta no período de 2041-2070 nos dois cenários (4.5 e 8.5) indicando um potencial aumento de anos com eventos pluviométricos mais extremos (Tabela 7).

Tabela 7: Absoluto e anomalia do número máximo de dias consecutivos com chuva no ano (CWD)

	Absoluto mm					Anomalia mm			
	Média	Min.	Max.	Desv. padr.		Média	Min.	Max.	Desv. padr.
HADGEM2-ES									
1961-2005	19.22	9	55	8.30					
4.5: 2006-2040	16.91	6	57	8.92	4.5: 2006-2040	-2.31	-3	2	0.62
4.5: 2041-2070	17.37	9	50	8.97	4.5: 2041-2070	-1.85	0	-5	0.67
8.5: 2006-2040	16.29	5	42	7.35	8.5: 2006-2040	-2.93	-4	-13	-0.95
8.5: 2041-2070	13.77	8	22	3.78	8.5: 2041-2070	-5.45	-4	-33	-4.52
MIROC5									
1961-2005	17.79	9	30	5.71					
4.5: 2006-2040	16.80	7	31	5.58	4.5: 2006-2040	-0.99	-2	1	-0.13
4.5: 2041-2070	16.83	9	42	7.81	4.5: 2041-2070	-0.96	0	12	2.10
8.5: 2006-2040	15.00	7	27	4.64	8.5: 2006-2040	-2.79	-2	-3	-1.07
8.5: 2041-2070	17.80	7	38	8.47	8.5: 2041-2070	0.01	-2	8	2.76

Número de dias no ano com chuva acima de 10mm (R10mm)

Em todos os modelos, cenários e períodos observa-se redução de dias com chuva acima de 10mm sendo mais expressivo no modelo Eta-HadGEM2-ES. A variabilidade entre os anos aumenta em todos

os casos, menos no segundo período do cenário 8.5 (pessimista) no caso do modelo Eta-HadGEM2-ES. O modelo Eta-MIROC5 mostra um aumento da variabilidade mais expressivo do que o modelo Eta-HadGEM2-ES (Tabela 8).

Tabela 8: Absoluto e anomalia do número de dias no ano com chuva acima de 10mm (R10mm)

Absoluto (dias)					Anomalia (dias)				
	Médio	Min.	Max.	Desv. padr.		Média	Min.	Max.	Desv. padr.
HADGEM2-ES					HADGEM2-ES				
1961-2005	57.04	34	96	14.37					
4.5: 2006-2040	45.66	18	86	15.92	4.5: 2006-2040	-11	-16	-10	2
4.5: 2041-2070	47.33	22	95	15.34	4.5: 2041-2070	-9	-12	-1	1
8.5: 2006-2040	40.17	9	71	14.77	8.5: 2006-2040	-16	-25	-25	0
8.5: 2041-2070	40.03	13	61	11.70	8.5: 2041-2070	-17	-25	-35	-3
MIROC5					MIROC5				
1961-2005	56.80	38	79	10.25					
4.5: 2006-2040	56.23	31	86	14.66	4.5: 2006-2040	-1	-7	7	4
4.5: 2041-2070	47.07	17	73	13.04	4.5: 2041-2070	-10	-21	-6	3
8.5: 2006-2040	51.97	21	72	14.14	8.5: 2006-2040	-5	-17	-7	4
8.5: 2041-2070	46.17	27	69	10.23	8.5: 2041-2070	-11	-11	-10	0

Número de dias no ano com chuva acima de 20mm (R20mm)

Como no caso da variável R10mm, observa-se em geral redução de dias com chuva acima de 20mm, menos no primeiro período do cenário otimista do modelo Eta-MIROC5 (Tabela 9). Os dias máximos com chuva acima de 20mm por ano aumentam potencialmente no segundo período do cenário 4.5 em ambos os modelos. A variabilidade aumenta mais no modelo Eta-MIROC5.

Tabela 9: Absoluto e anomalia do número de dias no ano com chuva acima de 20mm (R20mm)

Absoluto (dias)					Absoluto (dias)				
	Médio	Min.	Max.	Desv. padr.		Média	Min.	Max.	Desv. padr.
HADGEM2-ES					HADGEM2-ES				
1961-2005	28.11	12	49	8.74					
4.5: 2006-2040	23.09	7	46	10.16	4.5: 2006-2040	-5	-5	-3	1
4.5: 2041-2070	23.73	9	59	9.86	4.5: 2041-2070	-4	-3	10	1
8.5: 2006-2040	13.80	0	35	8.07	8.5: 2006-2040	-14	-12	-14	-1
8.5: 2041-2070	12.97	2	28	6.00	8.5: 2041-2070	-15	-12	-21	-3
MIROC5					MIROC5				
1961-2005	27.51	15	44	6.71					
4.5: 2006-2040	27.43	16	44	8.39	4.5: 2006-2040	-0.08	1	0	2
4.5: 2041-2070	24.73	10	50	9.28	4.5: 2041-2070	-2.78	-5	6	3
8.5: 2006-2040	25.83	5	39	9.27	8.5: 2006-2040	-1.68	-10	-5	3
8.5: 2041-2070	24.43	9	43	7.65	8.5: 2041-2070	-3.08	-6	-1	1

Número de dias no ano com chuva acima de 25mm (R25mm)

Em todos os casos observa-se redução da média de dias anuais com precipitação acima de 25mm (mais expressivo no modelo Eta-HadGEM2-ES) (Tabela 10). Porém, potencialmente vai ter anos com mais dias de chuvas acima de 25mm (aumento do máximo) e consequentemente uma maior variabilidade em quase todos os cenários e modelos sendo que esse aumento é mais expressivo no segundo período no caso do cenário otimista em ambos os modelos.

Tabela 10: Absoluto e anomalia do número de dias no ano com chuva acima de 25mm (R25mm)

Absoluto (dias)					Anomalia (dias)				
	Médio	Min.	Max.	Desv. padr.		Média	Min.	Max.	Desv. padr.
HADGEM2-ES					HADGEM2-ES				
1961-2005	21.49	9	35	7.07					
4.5: 2006-2040	17.69	4	37	8.14	4.5: 2006-2040	-4	-5	2	1
4.5: 2041-2070	18.13	5	48	8.29	4.5: 2041-2070	-3	-4	13	1
8.5: 2006-2040	16.89	0	42	9.33	8.5: 2006-2040	-5	-9	7	2
8.5: 2041-2070	15.40	4	34	7.06	8.5: 2041-2070	-6	-9	-1	0
MIROC5					MIROC5				
1961-2005	20.64	9	31	5.47					
4.5: 2006-2040	21.51	10	38	7.76	4.5: 2006-2040	1	1	7	2
4.5: 2041-2070	19.73	6	43	8.24	4.5: 2041-2070	-1	-3	12	3
8.5: 2006-2040	19.89	4	33	7.82	8.5: 2006-2040	-1	-5	2	2
8.5: 2041-2070	18.90	8	32	6.28	8.5: 2041-2070	-2	-1	1	1

Máxima precipitação anual em 1 dia (RX1day)

No caso da variável da chuva máxima em um dia, observa-se redução da média com aumento da variabilidade no caso do modelo Eta-HadGEM2-ES, em especial no cenário 4.5, mas aumento da média, máxima e variabilidade no caso do modelo Eta-MIROC5 (Tabela 11).

Tabela 11: Absoluto e anomalia da máxima precipitação anual em 1 dia (RX1day)

Absoluto (mm)					Anomalia (mm)				
	Médio	Min.	Max.	Desv. padr.		Média	Min.	Max.	Desv. padr.
HADGEM2-ES					HADGEM2-ES				
1961-2005	93	59	151	25					
4.5: 2006-2040	91	41	164	31	4.5: 2006-2040	-2	-18	14	6
4.5: 2041-2070	89	41	149	26	4.5: 2041-2070	-4	-18	-2	1
8.5: 2006-2040	87	25	150	32	8.5: 2006-2040	-6	-34	0	8
8.5: 2041-2070	91	46	151	31	8.5: 2041-2070	-2	-34	1	7
MIROC5					MIROC5				
1961-2005	95	64	151	24					
4.5: 2006-2040	104	54	164	30	4.5: 2006-2040	10	-10	12	6
4.5: 2041-2070	114	59	183	34	4.5: 2041-2070	19	-5	32	10
8.5: 2006-2040	102	48	151	31	8.5: 2006-2040	7	-16	0	7
8.5: 2041-2070	108	57	169	30	8.5: 2041-2070	13	-7	18	6

Máxima precipitação anual em 5 dias consecutivos (RX5day)

A variável de precipitação acumulada em cinco dias consecutivos se comporta de forma parecida do que a variável *RX1day*: No caso do modelo Eta-HadGEM2-ES redução do volume de chuva em 5 dias consecutivos e aumento ligeiro da variabilidade (menos no segundo período do cenário 8.5) e aumento da média, máxima e variabilidade em todos os períodos e cenários no modelo Eta-MIROC5 (Tabela 12).

Tabela 12: Absoluto e anomalia da máxima precipitação anual em 5 dias consecutivos (RX5day)

Absoluto (mm)					Anomalia (mm)				
	Médio	Min.	Max.	Desv. padr.		Média	Min.	Max.	Desv. padr.
HADGEM2-ES					HADGEM2-ES				
1961-2005	224	132	436	69					
4.5: 2006-2040	219	75	565	92	4.5: 2006-2040	-4	-57	130	23
4.5: 2041-2070	215	101	359	75	4.5: 2041-2070	-9	-31	-76	5
8.5: 2006-2040	200	54	438	82	8.5: 2006-2040	-24	-77	2	13
8.5: 2041-2070					8.5: 2041-2070	-224	-77	-436	-69
MIROC5					MIROC5				
1961-2005	234	145	375	58					
4.5: 2006-2040	258	113	667	131	4.5: 2006-2040	24	-32	291	73
4.5: 2041-2070	272	145	532	117	4.5: 2041-2070	38	-1	156	59
8.5: 2006-2040	240	73	549	94	8.5: 2006-2040	6	-72	174	36
8.5: 2041-2070	251	145	459	86	8.5: 2041-2070	17	0	83	28

Precipitação anual dividida pelo número de dias com chuva (SDII)

Essa variável mostra que potencialmente vai ter dias com chuva mais concentrada (aumento do máximo e variabilidade em todos os casos), se bem que no caso do modelo Eta-HadGEM2-ES a média diminui (Tabela 13).

Tabela 13: Absoluto e anomalia da precipitação anual dividida pelo número de dias com chuva (SDII)

Absoluto (mm)					Anomalia (mm)				
	Médio	Min.	Max.	Desv. padr.		Média	Min.	Max.	Desv. padr.
HADGEM2-ES					HADGEM2-ES				
1961-2005	12.0	8.8	15.6	1.8					
4.5: 2006-2040	10.9	6.7	17.3	2.4	4.5: 2006-2040	-1.1	-2.1	1.7	0.6
4.5: 2041-2070	11.3	7.2	18.5	2.4	4.5: 2041-2070	-0.7	-1.6	2.9	0.6
8.5: 2006-2040	10.5	5.1	16.8	2.9	8.5: 2006-2040	-1.6	-3.7	1.2	1.1
8.5: 2041-2070	10.3	5.7	15.4	2.2	8.5: 2041-2070	-1.7	-3.7	-0.2	0.4
MIROC5					MIROC5				
1961-2005	12.0	8.6	17.0	1.9					
4.5: 2006-2040	12.5	8.6	18.2	2.4	4.5: 2006-2040	0.5	0.0	1.2	0.5
4.5: 2041-2070	12.5	9.1	21.4	2.8	4.5: 2041-2070	0.5	0.5	4.4	0.9
8.5: 2006-2040	12.5	7.3	17.6	2.2	8.5: 2006-2040	0.5	-1.3	0.6	0.2
8.5: 2041-2070	12.6	8.4	17.8	2.2	8.5: 2041-2070	0.6	-0.2	0.8	0.3

Precipitação total anual dos dias em que a chuva excedeu o percentil 95 (R95p)

Essa variável da precipitação anual total dos dias em que a precipitação foi maior ou igual ao percentil 95 de todos os dias úmidos do ano, com chuvas maiores ou iguais à 1mm, observa-se no modelo Eta-HadGEM2-ES redução da média e mínimo, mas aumento do máximo e da variabilidade no caso do segundo período do cenário 4.5 e no primeiro período do cenário 8.5. No modelo Eta-MIROC5 a média aumenta no primeiro período do cenário 4.5 como o máximo (que aumenta também no segundo período do 4.5) e aumento a variabilidade. Em todos os outros observa-se redução dos valores (Tabela 14).

Tabela 14: Absoluto e anomalia da precipitação total anual dos dias em que a chuva excedeu o percentil 95 (R95p)

Absoluto (mm)					Anomalia (mm)				
	Médio	Min.	Max.	Desv. padr.		Média	Min.	Max.	Desv. padr.
HADGEM2-ES					HADGEM2-ES				
1961-2005	538	135	1275	289					
4.5: 2006-2040	409	0	1233	256	4.5: 2006-2040	-129	-135	-42	-33
4.5: 2041-2070	415	0	1574	314	4.5: 2041-2070	-123	-135	299	25
8.5: 2006-2040	398	0	1776	371	8.5: 2006-2040	-140	-135	501	81
8.5: 2041-2070	381	46	1168	288	8.5: 2041-2070	-157	-135	-108	-2
MIROC5					MIROC5				
1961-2005	534	118	1074	240	4.5: 2006-2040	117	21	559	148
4.5: 2006-2040	651	139	1633	388	4.5: 2006-2040	-34	-49	208	-28
4.5: 2041-2070	617	90	1841	360	4.5: 2041-2070	-76	-91	-441	-78
8.5: 2006-2040	575	48	1192	310	8.5: 2006-2040	-116	-82	-315	-83
8.5: 2041-2070	535	57	1318	305	8.5: 2041-2070	-651	-139	1633	-388

Precipitação total anual dos dias em que a chuva excedeu o percentil 99 (R99p)

Tabela 15: Absoluto e anomalia da precipitação total anual dos dias em que a chuva excedeu o percentil 99 (R99p)

Absoluto (mm)					Anomalia (mm)				
	Médio	Min.	Max.	Desv. padr.		Média	Min.	Max.	Desv. padr.
HADGEM2-ES					HADGEM2-ES				
1961-2005	160	0	682	159					
4.5: 2006-2040	133	0	849	173	4.5: 2006-2040	-26	0	167	14
4.5: 2041-2070	134	0	737	168	4.5: 2041-2070	-25	0	55	9
8.5: 2006-2040	140	0	1017	203	8.5: 2006-2040	-20	0	335	43
8.5: 2041-2070	126	0	630	151	8.5: 2041-2070	-33	0	-52	-9
MIROC5					MIROC5				
1961-2005	157	0	501	136					
4.5: 2006-2040	277	0	1083	287	4.5: 2006-2040	121	0	582	151
4.5: 2041-2070	270	0	843	226	4.5: 2041-2070	114	0	342	89
8.5: 2006-2040	236	0	913	235	8.5: 2006-2040	80	0	411	99
8.5: 2041-2070	239	0	852	230	8.5: 2041-2070	82	0	350	94

A variável da R99p mostra claramente um potencial aumento de eventos extremos de precipitação. Em ambos os modelos observa-se um aumento no máximo e na variabilidade: Redução da média, aumento do máximo e da variabilidade sendo que esse aumento é mais expressivo no modelo Eta-MIROC5. No modelo Eta-MIROC5 a média também aumenta enquanto no Eta-HadGEM2-ES diminui (Tabela 15).

5.3 Impactos biofísicos potenciais

O estudo “Impactos da Mudança do Clima na Mata Atlântica”⁴ publicado pelo Ministério do Meio Ambiente mostra a modelagem de impactos biofísicos potenciais na Mata Atlântica, cujo resumo se apresenta nos itens a seguir:

Inundações

O método de modelagem do índice de inundações usou além de dados do ambiente físico como a ordem dos cursos d’água, declividade e distancia horizontal e vertical em relação aos cursos d’água os seguintes valores dos extremos de chuva foram utilizados para descrever as relações causa-efeito entre fatores climáticos e ocorrências de alagamento:

- R10: número de dias com precipitação maior ou igual a 10mm;
- R95p: precipitação anual total dos dias em que a precipitação foi maior ou igual ao percentil 95 de todos os dias úmidos do ano, com chuvas maiores ou iguais à 1mm;
- RX5day: máxima precipitação anual em 5 dias consecutivos;
- CWD: número máximo de dias úmidos consecutivos no ano.

Pela modelagem feita do estudo, observa-se uma redução em torno de 10% das inundações no modelo climático Eta-HadGEM2-ES no cenário otimista e de 16% no cenário pessimista. Já no modelo climático Eta-MIROC5 a modelagem indica um quadro mais estável no cenário otimista e uma leve diminuição até -5% até 2070 no cenário pessimista (Tabela 16).

Tabela 16: Variação (%) do índice de inundação em comparação a linha de base 1960-2005

Cenário	RCP 4.5 (otimista)			RCP 8.5 (pessimista)		
	2011-2040	2041-2070	2071-2100	2011-2040	2041-2070	2071-2100
HadGEM2-ES	-11%	-10%	-15%	-16%	-16%	-17%
MIROC5	2%	-2%	-1%	-3%	-5%	-10%

No entanto, o geotécnico da CODESAL confirmou em entrevista que a variável mais importante é o da concentração de precipitação em um dia (*RX1day*) que mostra em especial no modelo Eta-MIROC5 um potencial aumento no máximo indicando um maior risco de inundações e alagamentos.

4

Deslizamento

O método de modelagem do índice de deslizamentos usou além de variáveis de declividade e erodibilidade do solo para caracterizar a sensibilidade física das áreas as seguintes variáveis de precipitação:

- Média mensal de chuva;
- Média anual de chuva;
- R10: número de dias com precipitação maior ou igual a 10mm.

Pela modelagem feita do estudo, observa-se um leve aumento do índice de deslizamento de até 3% modelo climático HadGEM2-ES até 2070 no cenário otimista e uma redução de até -5% no cenário pessimista para o verão. O modelo climático MIROC5 para essa época já mostra uma redução de até -7%. Para a época de Junho a Agosto, o modelo climático HadGEM2-ES mostra uma leve redução até 3% no cenário otimista e um aumento de até 4% no cenário pessimista no caso do período até 2070. O modelo MIROC5 mostra para o inverno um aumento de até 15% no caso cenário otimista até um aumento de 9% no caso pessimista até 2070 respectivamente (Tabela 17abaixo).

Tabela 17: Variação (%) do índice de deslizamento em comparação a linha de base 1960-2005

Cenário	RCP 4.5 (otimista)			RCP 8.5 (pessimista)		
	2011-2040	2041-2070	2071-2100	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Trimestre/modelo						
DJF/HadGEM2-ES	0%	3%	-3%	-3%	-5%	-9%
DJF/MIROC5	-7%	-3%	-4%	0%	-4%	-7%
JJA/HadGEM2-ES	-2%	-3%	-3%	-4%	4%	0%
JJA/MIROC5	15%	12%	8%	5%	9%	-4%

Embora não se contesta geralmente a metodologia aplicada no estudo “Impactos da Mudança do Clima na Mata Atlântica”, as variáveis climáticas aplicadas para a modelagem dos deslizamentos foram duvidadas por vários especialistas e decidiu-se de realizar uma entrevistas e oficina de análise das variáveis climáticas dos modelos climáticos a fim de verificar as variáveis mais pertinentes para a avaliação do risco climático em relação a deslizamentos. Nessa oficina as seguintes variáveis foram identificadas para melhor indicar o risco de deslizamento que depende tanto da duração das chuvas (saturação da água no solo) tanto de chuvas extremas:

- Número máximo de dias consecutivos com chuva no ano (CWD)
- Número de dias no ano com chuva acima de 20 mm (R20mm)
- Número de dias no ano com chuva acima de 25mm (R25mm)
- Máxima precipitação anual em 5 dias consecutivos (RX5day)
- Precipitação total anual dos dias em que a chuva excedeu o percentil 95 (R95p)

Conforme a análise dessas variáveis tanto da quantidade de chuva máxima quanto de dias consecutivos, as projeções climáticas potencialmente indicam um aumento da exposição climática já que a tendência é ter mais eventos extremos tanto de volume quanto de duração. No entanto, ficou claro que isso só diz respeito ao sinal climático e sua probabilidade e que à base dessa informação não tem como quantificar a alteração do grau de risco já que essa avaliação depende de outras informações

e análise, em especial em relação a textura, porosidade, densidade e espessura do solo, além de outros fatores de risco.

5.4 Sumário

As projeções climáticas não deixam dúvidas de que:

- a temperatura em geral, a frequência de noites quentes e a duração de ondas de calor vão aumentar reforçando potencialmente a ilha de calor já existente na cidade de Salvador;
- a precipitação média anual tem tendência de redução, com aumento na variabilidade interanual, mas que de um lado períodos sem chuva se tornarão mais longos e do outro lado eventos extremos diários de chuva vão acontecer com acumulados cada vez maiores;
- as esses sinais climáticos indicam um aumento potencial do risco de inundações e deslizamentos.

6. Impactos potenciais e vulnerabilidade às mudanças do clima em comunidades em Salvador

Analisando as informações e dados levantados segue a descrição resumida dos impactos potenciais e vulnerabilidades às mudanças do clima em comunidades em Salvador.

6.1. Abastecimento de água

As comunidades em Salvador potencialmente sofrerão com a falta de abastecimento de água já que as projeções das mudanças do clima indicam uma redução da chuva no interior do estado onde tem os reservatórios e bacias que alimentam eles (exposição alta). Como a população das comunidades vai sofrer em primeiro lugar com a falta de água porque distribuição da água não é igual (cortes de abastecimento ocorrem em primeiro lugar nas comunidades) e conseqüentemente sua sensibilidade é alta. A capacidade de adaptação é baixa porque a falta de abastecimento depende de fatores externos da comunidade e assim o potencial de amenizar o impacto potencial é baixo. Captar a água de chuva nos telhados parece inviável porque as casas ou tem fornecimento por “gato” (ligações clandestinas) ou o volume pago pela tarifa mínima é suficiente. Os dois casos não geram incentivos de economia na conta de água e conseqüentemente implantar um sistema de captação.

O impacto potencial no abastecimento não foi levado para frente dentro do estudo porque o potencial de reduzir o risco dentro da comunidade é bem limitado.

6.2. Aumento do nível do mar

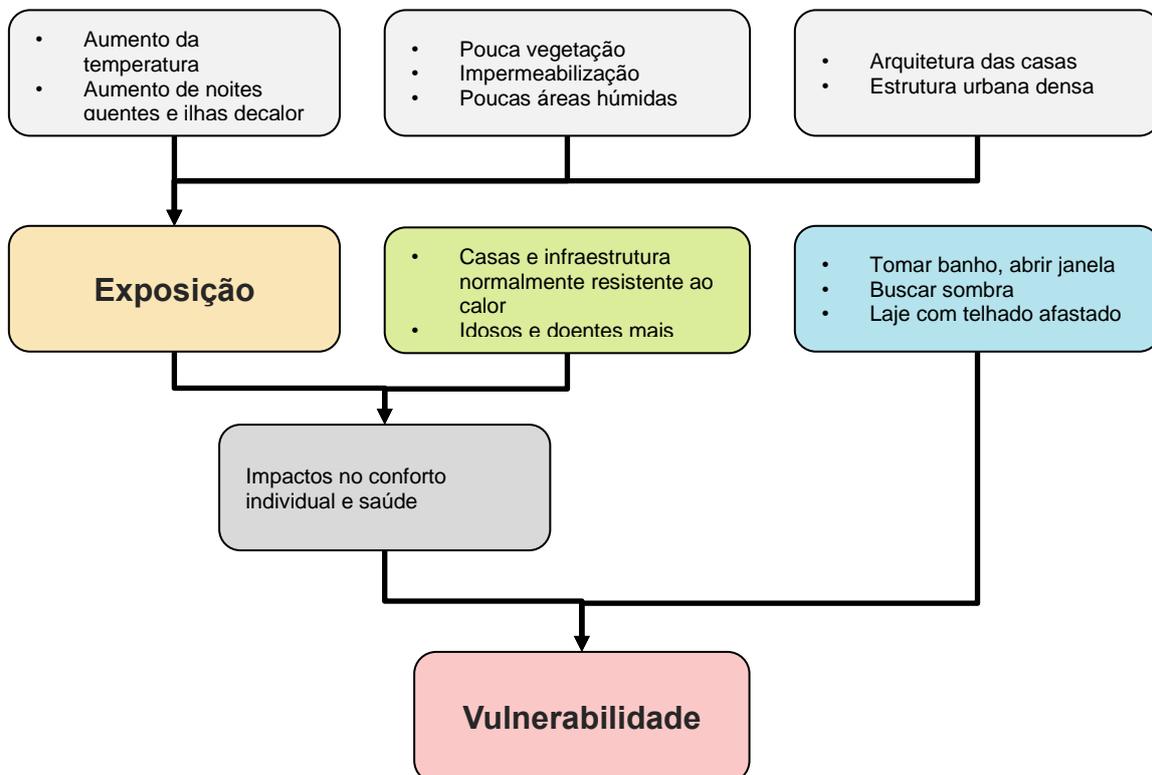
As modelagens do aumento do nível do mar preveem para a cidade de Salvador um acréscimo de 40cm até 2050 e até 1,5m no final do século XXI, fora dos 20cm que o nível do mar já subiu no século XX. Na avaliação do especialista em erosão costeira, a exposição das comunidades é baixa a média porque mesmo sendo uma cidade litorânea, ela tem poucas áreas pouco acima do nível do mar. As únicas áreas em zonas baixas se encontram em torno da Baía de Itapajipe e nos bairros de Ribeira, Bonfim, Monte Serrat, Boa Viagem e Mares na parte oeste da cidade. No litoral oceânico a erosão costeira é mais crítica, mas os prédios estão em lugares mais altos e têm as vias entre o mar e as edificações. O impacto potencial a ocorrer nessas áreas é o sumiço gradativo das faixas de areia. A solução simples, porém cara, é a recomposição com areia oriunda da Baía de Todos os Santos. Já nas áreas potencialmente afetadas dentro da Baía de Todos os Santos na parte oeste da cidade o potencial em especial de medidas baseadas em ecossistemas é reduzido porque eles não passam de serem soluções paliativas e de pouco efeito já que a plantação de mangues p.ex. não vai conter muito o avanço do

nível do mar e a erosão costeira como processo natural, se bem que essa medida possa surtir outros efeitos positivos na região.

6.3. Aumento da temperatura e ilha e ondas de calor

Os sinais climáticos provavelmente vindo com as mudanças do clima com o aumento da temperatura geral, e maior frequência e duração das ondas de calor e noites quentes colocam não só as comunidades, mas a cidade de Salvador toda em uma situação bastante exposta. Nas entrevistas e discussões nas comunidades ficou bem nítido que a população está ciente do aquecimento global e as pessoas disseram já percebendo o aumento da temperatura. Fora do sinal climático contribuem para a alta exposição das comunidades em especial a falta de vegetação em geral e áreas húmidas que potencialmente contribuiriam para amenizar a temperatura do ar por aumentar a umidade do ar. Além da falta de espaços verdes e arborização nas comunidades contribui para a alta exposição ainda a estrutura urbana densa que reduz a ventilação nas comunidades e aumenta o aquecimento do ambiente devido ao material de construção e impermeabilização do solo. Na escala das casas a própria arquitetura fortalece o aquecimento delas principalmente pelo material usado nos telhados e a localização das janelas. Quem está mais sensível à exposição são idosos e doentes que principalmente sofrem com os impactos potenciais no conforto individual e outras questões de saúde como doenças respiratórias e desafios cardiovasculares que até podem provocar um aumento de falecimentos na época de verão. Nas entrevistas e grupos focais nas comunidades ficou claro que as formas de lidar com ondas de calor e noites quentes são limitadas. Foram mencionadas principalmente medidas de melhorar o conforto térmico próprio tomando banho, abrindo a janela ou buscar sombra. Afastar a laje para favorecer a ventilação de ar foi a única medida estrutural mencionada. Figura 2 visualiza o esquema de vulnerabilidade em relação ao aumento de temperatura.

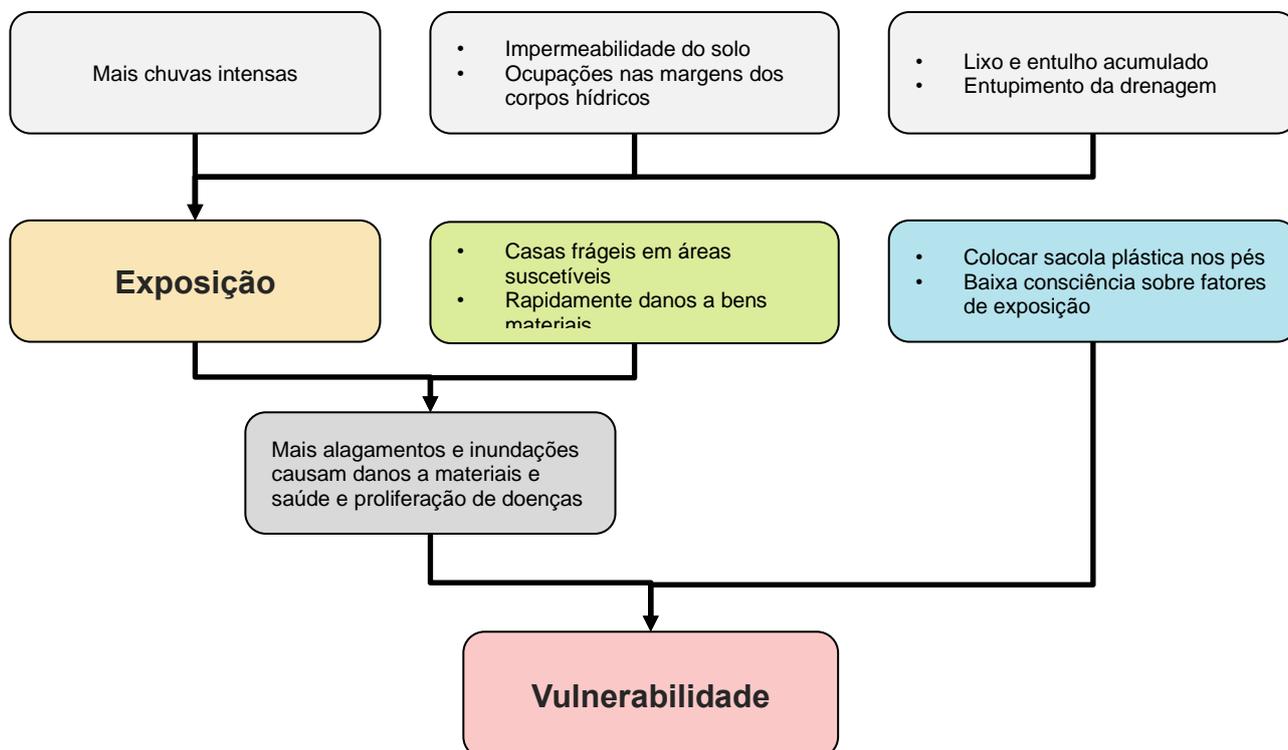
Figura 2: Esquema de vulnerabilidade em relação ao aumento de temperatura



6.4. Risco de inundações

As projeções mostram em especial com a variável *RX1day* que chuvas intensas vão aumentar devido às mudanças do clima o que consequentemente gera mais inundações e alagamentos se nada for feito para reduzir os outros fatores de risco e reduzir a sensibilidade. Esses outros fatores de risco de inundações em comunidades que contribuem para a exposição alta, além das moradias nas áreas alagáveis, são o lixo e entulho acumulado que entope a drenagem e a alta impermeabilidade do solo que reduz o tempo de concentração de água nas áreas alagáveis, ou seja, a água escorre mais rapidamente para as áreas de concentração. Como a arquitetura e os materiais de construção das casas são mais frágeis e pouco impedem a entrada de água nas casas, bens materiais são bastante sensíveis e rapidamente afetados pelas inundações. A população exposta às inundações também sofre com doenças distribuídas com a água muitas vezes contaminada por esgoto e vetores de doenças como leptospirose. A capacidade de adaptação de lidar com o risco de inundações e seus impactos pela própria comunidade é bastante baixa já as únicas medidas aplicadas são mitigadoras dos efeitos como colocar sacolas plásticas nos pés e tentar impedir a entrada da água nas casas. Como se podia ver bem nas visitas nas comunidades existe uma baixa consciência sobre os fatores de exposição, em especial a construção em áreas suscetíveis. No entanto, nas reuniões em Beira Dique os presentes mostraram alta percepção sobre a questão do lixo acumulado na drenagem, mas não estavam cientes do desafio da alta impermeabilização do solo. Figura 3 visualiza o esquema de vulnerabilidade em relação a inundações.

Figura 3: Esquema de vulnerabilidade em relação a inundações

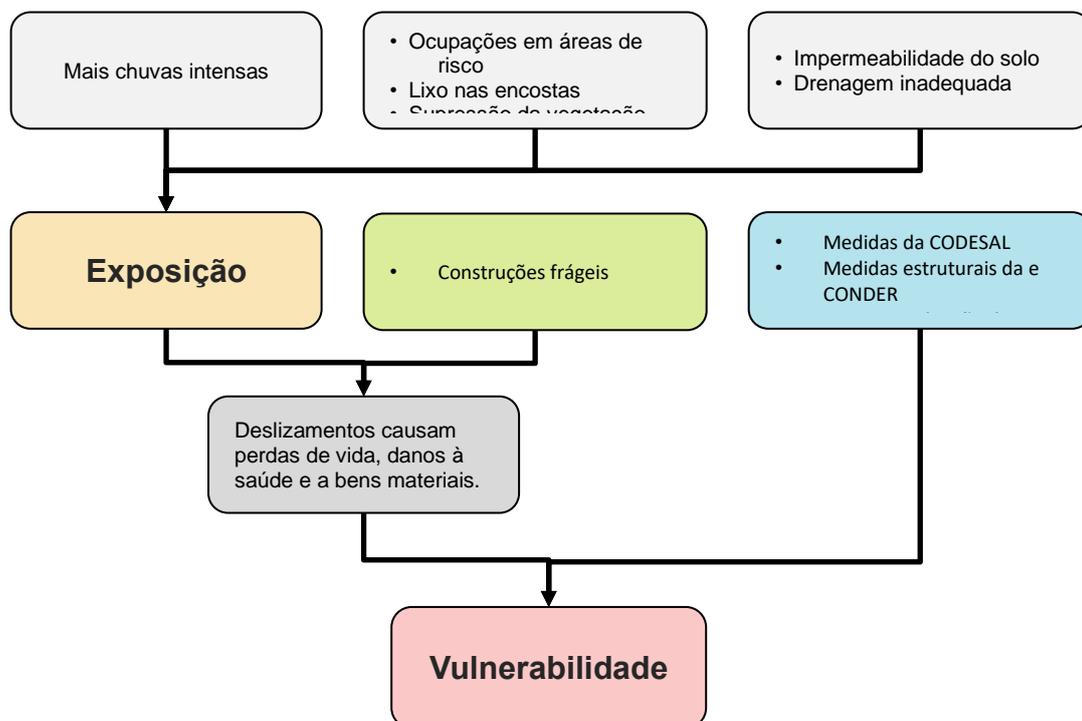


6.5. Risco de deslizamentos

A avaliação dos sinais climáticos em relação ao risco de deslizamento é um pouco controversa já que de um lado as projeções indicam um aumento de chuvas intensas que potencialmente aumentam o risco de movimentos de massa, mas do outro lado há uma tendência de redução de dias consecutivos

de chuvas que podem até contribuir para uma leve redução do risco de deslizamentos. Fora do aumento de eventos pluviométricos intensos contribuem para a exposição o fato de que existem casas e seus habitantes expostos em áreas de risco de deslizamento como principal fator de risco. Além disso, lixo nas encostas e drenagem informal inadequado que direciona a água e esgoto para as encostas são fatores que podem desencadear movimentos de massa. Vegetação degradada e inadequada como bananeiras também contribuem para o risco de deslizamento já que falta o sistema de raízes da vegetação para segurar o solo e aumenta a erosão superficial. A sensibilidade em relação a deslizamentos é alta já que as construções nas comunidades normalmente são frágeis. Os impactos potenciais dos deslizamentos são muito graves já podem causar perda de vidas e a destruição completa de edificações e demais infraestrutura. Além das medidas preventivas da CODESAL como as contenções de encostas, sistemas de alerta, implementação de rotas de fuga e NUPEDECs, a própria comunidade não vê como poderia contribuir na prevenção do risco de deslizamentos. A população das áreas pesquisadas apontou nas oficinas unicamente soluções do poder público para a redução do risco de deslizamentos. Figura 4 visualiza o esquema de vulnerabilidade em relação a deslizamentos.

Figura 4: Esquema de vulnerabilidade em relação a deslizamentos



6.6. Sumário

As análises de impactos potenciais e vulnerabilidades mostram que:

- vários sinais climáticos deixam as comunidades de Salvador expostas reforçando riscos ambientais já existentes;
- as construções em lugares indevidos e a degradação do meio ambiente de várias formas são os fatores principais que contribuem para a exposição;
- as comunidades são especialmente sensíveis devido às construções frágeis e condições socioeconômicas;

- a população da comunidade exerce poucas as atividades para se adaptar e reduzir os riscos, enquanto as medidas do poder público focam em medidas estruturais de engenharia cinza e de preparação e resposta a desastres.

7. Próximos passos

Seguindo o ciclo AbE apresentado como metodologia geral do presente estudo os próximos passos da consultoria são:

- Identificar potenciais medidas de adaptação com foco em AbE incl. exemplos e experiências de outros lugares.
- Planejar a próxima visita que visa:
 - Aprofundar a análise e preencher lacunas na identificação de medidas potenciais.
 - Entrevistas, oficina, visitas de campo e grupos focais nas comunidades (impedimentos e responsabilidades)
 - Aplicar a lente climática nos PAEs de Beira Dique e Padre Ugo.