Mudanças climáticas na agricultura: uma análise dos impactos socioeconômicos potenciais nas diferentes regiões brasileiras

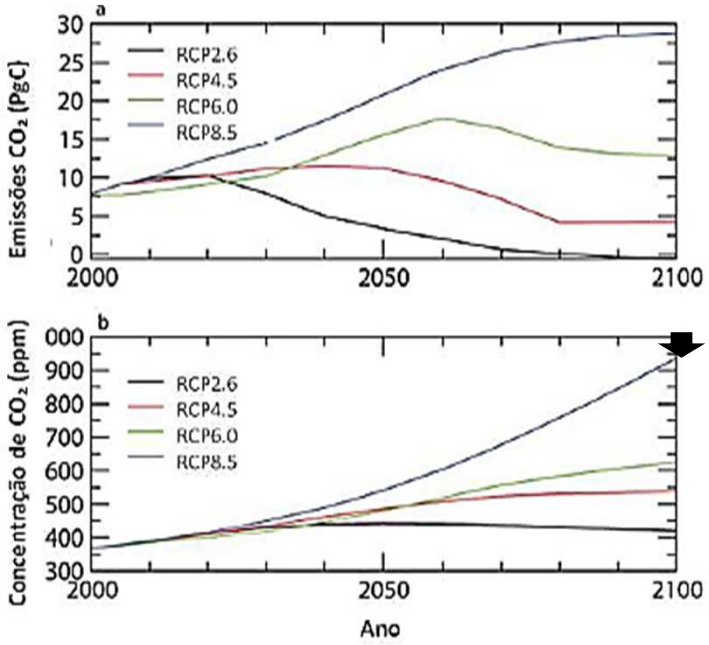
Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho

ESALQ/USP, Brazil.

1. Introdução | Motivação

- ✓ MUDANÇA CLIMÁTICA: um dos grandes desafios do séc. XXI.
- ✓ Últimos relatórios do IPCC (2007, 2014): cada vez mais evidências de elevação das temp. médias do planeta, variações nos padrões de precipitação, elevação na frequência de eventos climáticos extremos e outros fenômenos advindos do crescimento da concentração atmosférica de GEE.

Aumento provável da temperatura em relação aos níveis pré-industriais

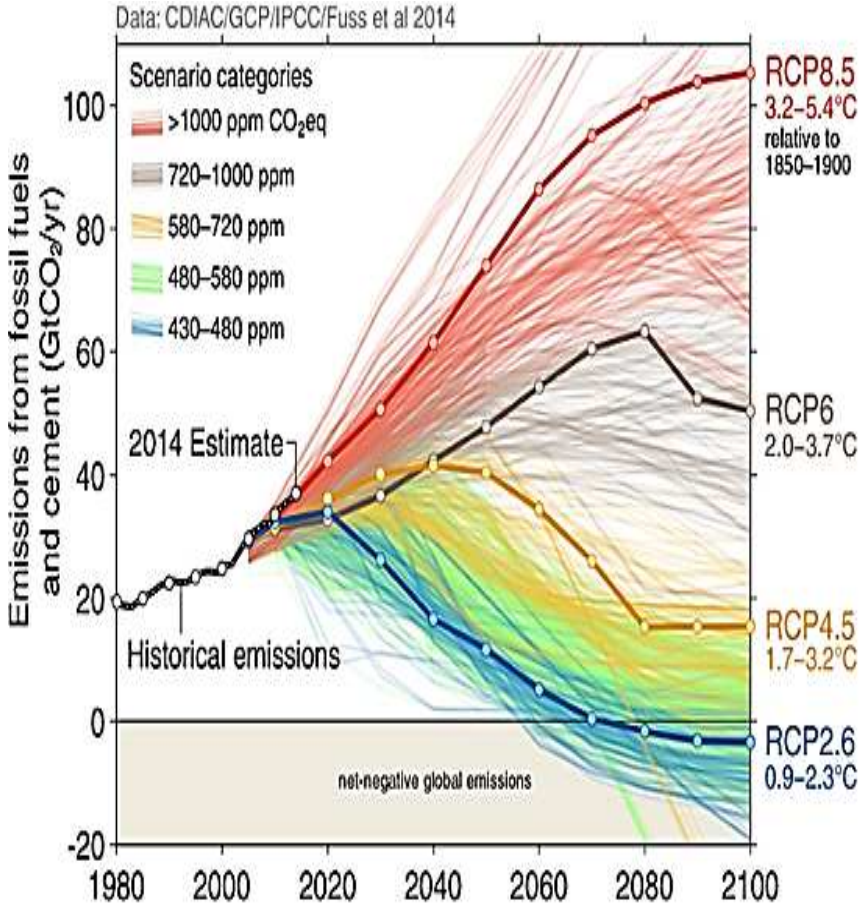


Fonte: Adaptado de IPCC (2014a).
Obs: 1 PgC = 1 bilhão de toneladas de carbono.

Introdução | Motivação

- ✓ Os 4 cenários mais recentes do 5º *Assessment Report – Representative Concentration Pathways* (RCP) - RCP2.6, RCP4.5, RCP.6.0 e RCP8.5 – reforçam projeções de elevação das temperaturas médias do planeta até 2100.

- ✓ Elevação provável entre 2081-2100 frente a 1986-2005 deverá ser de 0,3º. C a 1,7º. C no cenário mais brando (RCP.2.6), e de 2,6º. C a 4,8º. C no mais severo (RCP.8.5).

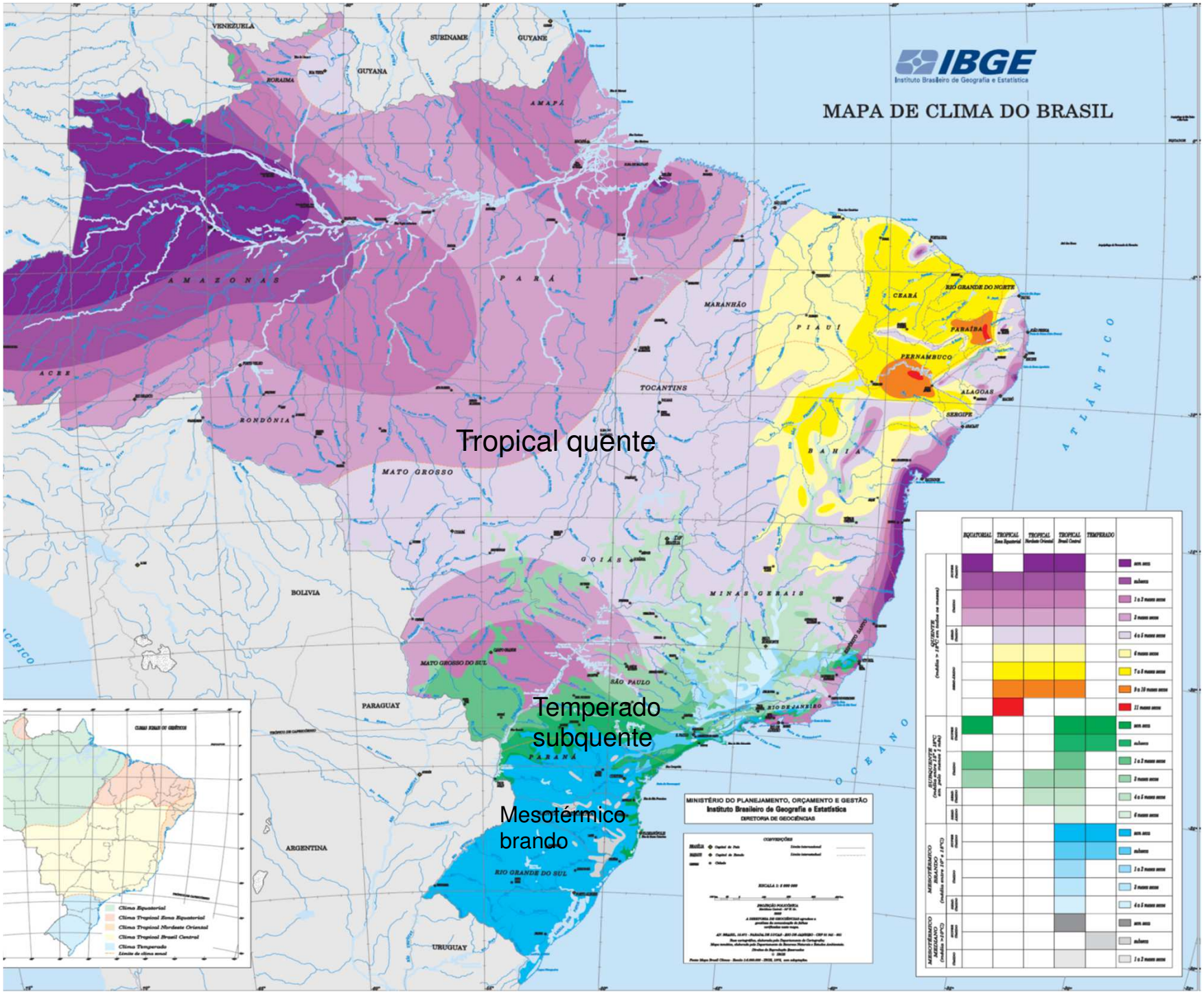


1. Introdução | Motivação

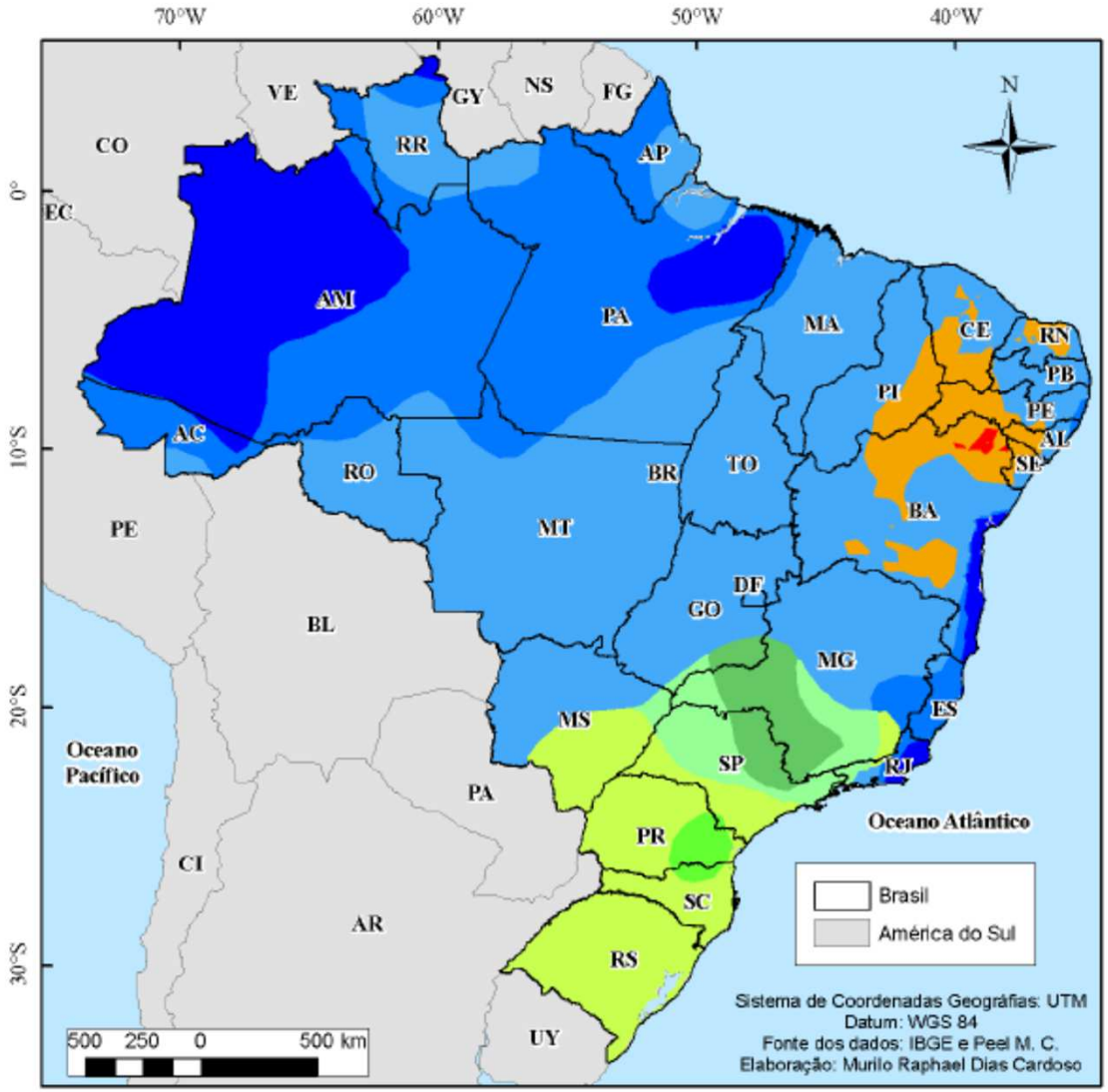
- ✓ As MCs podem trazer sérias consequências econômicas e sociais.
- ✓ **Setor agrícola:** frequentemente apontado como *o mais vulnerável*.
- ✓ Segundo o Prof. Carliton V. Santos (UFGD) há 'Quatro consensos' na *literatura internacional* sobre MC e agricultura:

1. *impactos diferenciados*: áreas tropicais e subtropicais mais afetadas (PEDs)
2. *poucos estudos focam países em desenvolvimento* (PEDs)
3. *modelos de EGC têm sido amplamente empregados* devido à sua capacidade de tratar a economia como um sistema completo e interdependente
4. *raros os estudos país-específicos, para PEDs, usando modelos de EGC.*

Conforme Chalise et al. (2017), modelos computáveis de EG multirregionais englobando vários países ou grupos de países têm sido frequentemente usados na literatura internacional para abordar as ligações entre mudança climática, agricultura e o restante da economia. O elevado grau de agregação regional desses modelos, contudo, torna-os incapazes de lidar com as implicações país-específicas da mudança climática (Chalise et al., 2017).


IBGE
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAPA DE CLIMA DO BRASIL
Tropical quente
Temperado subquente
Mesotérmico brando
VENEZUELA
SURINAME
GUYANE
GUYANA
RORAIMA
AMAPÁ
AMAZONAS
PARÁ
ACRE
RONDÔNIA
MARANHÃO
PIAUÍ
CEARÁ
RIO GRANDE DO NORTE
PARAÍBA
PERNAMBUCO
ALAGOAS
SERGIPE
BAHIA
TOCANTINS
MATO GROSSO
GOIÁS
MINAS GERAIS
MATO GROSSO DO SUL
SÃO PAULO
RIO DE JANEIRO
PARANÁ
RIO GRANDE DO SUL
BOLIVIA
PARAGUAY
ARGENTINA
URUGUAY
ATLÂNTICO
OCEANO
MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS
EQUATORIAL
TROPICAL
TEMPERADO

Climas do Brasil: Classificação de Köppen



Classificação Climática: Köppen

- Af - Clima tropical úmido ou Clima Equatorial
- Am - Clima de monção
- Aw - Clima Tropical com Estação seca no inverno
- BSh - Clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude
- BWh - Clima das regiões desérticas quentes de baixa latitude e altitude
- Cfa - Clima temperado úmido com Verão quente
- Cfb - Clima temperado úmido com Verão temperado
- Cwa - Clima temperado úmido com Inverno seco e Verão quente
- Cwb - Clima temperado úmido com Inverno seco e Verão temperado

1. Introdução | Motivação

- ✓ No Brasil, avaliações prévias utilizaram modelos de EGC interregional bottom-up estáticos e cenários derivados do 4º. Assessment Report (AR) do IPCC (2007).

- ✓ Novos resultados: cenários para a agricultura derivados das projeções climáticas globais do mais recentes – 5º. *Assessment Report* (AR5, 2014). Incorporam avanços e melhorias frequentes adicionados a esses modelos. Trabalho de pós-doutorado do Prof. Cárliton Santos, UFPG, na ESALQ/USP.

- ✓ Inclusão de chuvas nos modelos usados pela Embrapa.

Objetivo

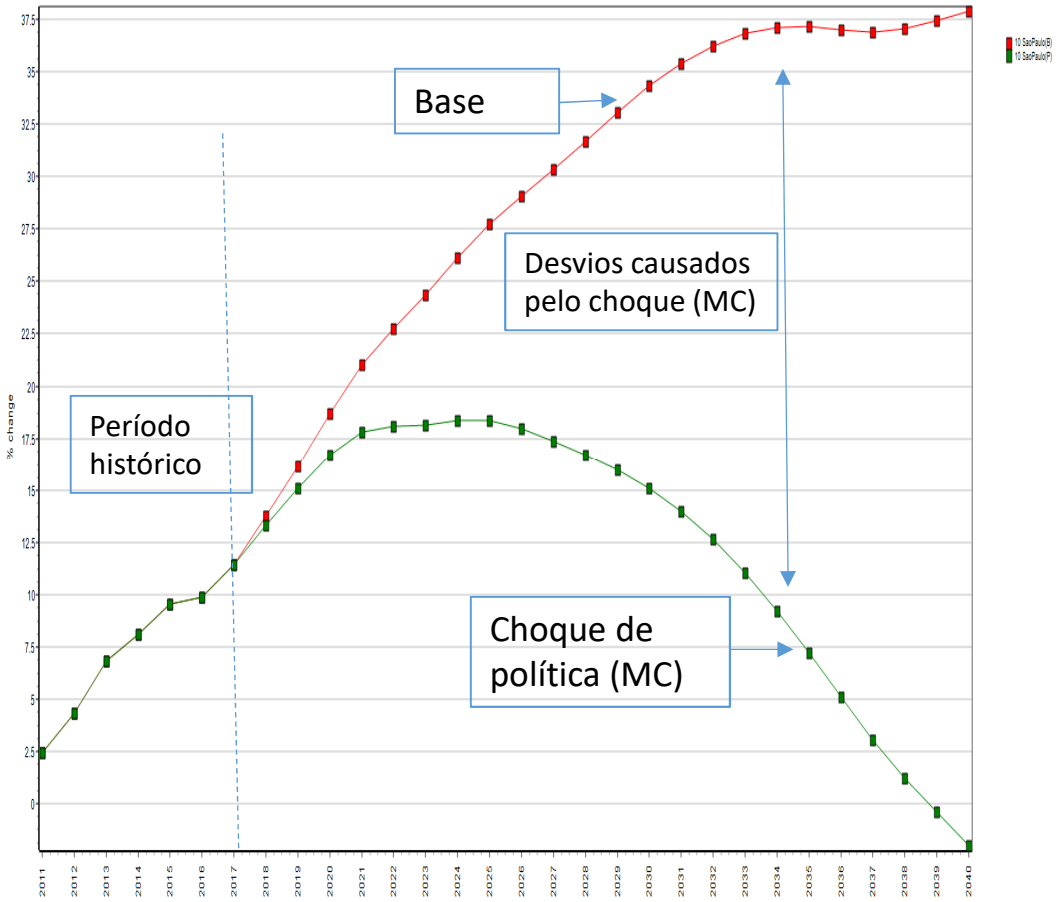
- Apresentar resultados de pesquisas sobre os impactos socioeconômicos potenciais das *mudanças climáticas* sobre a agricultura e a economia brasileira como um todo, e em suas diferentes regiões.
- Trabalhos realizados na ESALQ/USP:
  - Dados do – 5º. *Assessment Report* (AR5, 2014) do IPCC:
    - Cárliton Vieira dos Santos (Universidade Estatual de Ponta Grossa)
    - Aryeverton Fortes de Oliveira (Embrapa)
  - Dados do 4º. *Assessment Report* (AR4, 2007) :
    - Gustavo Moraes, PUC-RS.

2. Metodologia

- ✓ Estudo recente (AR5) utilizamos um modelo de EGC interregional dinâmico para a economia brasileira, denominado **TERM-BR** dinâmico.
- ✓ O modelo é do tipo Johansen, interregional, *bottom-up*, e dinâmico (dinâmica recursiva).
- ✓ 27 regiões do Brasil => posteriormente agregadas em 15 regiões.
- ✓ 136 setores => posteriormente agregados em 34 (11 da agropecuária).
- ✓ 10 tipos de famílias.
- ✓ 10 tipos de trabalhadores.
- ✓ Base de dados central: MIP 2010 e outros.
- ✓ Resolvido usando o RunDynam / GEMPACK.

3. Estratégia de Simulação e Cenários

- ✓ 3 etapas:
- ✓ Sim histórica até 2017.
- ✓ Linha de base 2018 – 2040.
- ✓ Choque de política.



Os resultados de interesse são os *desvios* do *choque de política* em relação à linha de base.

3. Estratégia de Simulação e Cenários

- ✓ A simulação do "*choque de política*" foi baseada no conceito de *perda de área apta* (*ou de baixo risco*) para a agricultura devido à MC.
- 8 culturas: algodão, arroz, açúcar, feijão, milho, soja, sorgo e trigo
- Todos os municípios do Brasil, gerados pela Embrapa Informática Agropecuária (Aryeverton dos Santos).
- Essas culturas responderam por 83,41% de toda a área plantada com culturas temporárias e permanentes no Brasil em 2012, e por 67,81% do valor da produção agrícola.
- Ponto de partida: cenários climáticos globais. Dois modelos:
  - ❖ HadGEM-2 (Reino Unido): *Hadley Centre Global Environmental Model version 2 - Earth System*
  - ❖ MIROC5 (Japão): *Model for Interdisciplinary Research on Climate version 5*.

Conceito de perda de área apta

- Adaptado da metodologia de Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), desenvolvida pela Embrapa e aplicada no Brasil desde 1996.
- Área apta ou de baixo risco combina condições mínimas de produção e boa chance de sucesso da colheita do produto em consideração:
  - maior ou igual a 80%.
  - Caso ocorra o contrário, a área em questão é considerada de alto risco, e não adequada para determinado cultivo.
  - A partir dos critérios do ZARC, cenários futuros de risco e aptidão para cada cultura são construídos combinando aqueles municípios que há pelo menos um decênio apresentam condições de baixo risco e os solos têm boa capacidade de suporte das culturas agrícolas (argilosos e de textura média).

Estimativas de perda de área apta

- Embrapa: várias etapas metodológicas, partindo de cenários climáticos globais. No caso, os modelos globais utilizados foram:
  - o Hadley Centre Global Environmental Model version 2, (HadGEM2-ES), do Reino Unido; e o
  - Model for Interdisciplinary Research on Climate version 5 (MIROC5), do Japão.
  - Resultados refinados para as diferentes regiões do Brasil por meio da técnica de downscaling dinâmico, utilizando o modelo climático regional ETA, com resolução espacial de 20 km x 20 km (Brasil, 2016).
  - O modelo climático regionalizado ETA: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE/MCTI).

3. Estratégia de Simulação e Cenários

- ✓ Como referência para as projeções climáticas foram considerados 2 dos 4 cenários que compõem o AR5 do IPCC (IPCC, 2014):
  - RCP4.5: intermediário (menos severo) – com certa estabilização dos GEE
  - RCP8.5: pessimista (mais severo) – emissões muito altas de GEE e s/ mitigação
- ✓ As projeções da Embrapa foram feitas para todos os municípios brasileiros separadamente para cada cenário e modelo global, gerando 4 cenários de projeção:
  - HadGEM4.5
  - HadGEM8.5
  - MIROC4.5
  - MIROC8.5

Cenário Intermediário (RCP4.5)

Cenário Pessimista (RCP8.5)

Agregado: 27 regiões e depois para 15

3. Estratégia de Simulação e Cenários

Tabela 1 – Choques de variação (%) de área apta por setor e por região – Cenário Intermediário e Cenário Pessimista – (valores acumulados para 2040)

Regiões	Cenário Intermediário (RCP4.5)						Cenário Pessimista (RCP8.5)					
	Setores						Setores					
	ArrozTrigOut	MilhoGrao	AlgodHerb	CanaDeAcucar	SojaGrao	OutLavTemp	ArrozTrigOut	MilhoGrao	AlgodHerb	CanaDeAcucar	SojaGrao	OutLavTemp
ParaRond	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RestN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MaraToc	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,24	0,00	-0,06	0,00	0,00	0,00	-3,88	0,00
Piaui	-19,89	+1,21	-6,20	-3,36	-23,09	-2,45	-44,02	+20,46	-19,55	-19,72	+25,62	-10,30
RestNE	-10,91	-0,69	+1,04	-0,46	-24,97	+0,47	-16,97	+2,74	+0,51	-0,34	+8,99	+3,95
PernAlag	-11,56	-2,77	-1,92	-0,86	0,00	+0,88	-1,00	+16,84	-2,53	-1,99	0,00	+7,81
Bahia	-33,50	-28,56	-25,18	-24,72	-17,71	-14,01	-11,83	+22,85	-19,97	-22,65	+148,66	+5,16
MinasG	-12,02	-15,16	-11,49	1,94	-28,77	-10,83	-9,53	-0,45	-17,35	-4,04	-26,32	-15,61
RestSE	-59,26	-41,36	0,00	-19,38	0,00	-13,95	-66,73	-0,05	0,00	-24,75	0,00	-16,66
SaoPaulo	-31,86	-17,35	-0,99	+1,08	-49,54	-5,09	-29,96	0,00	-0,55	+1,08	-39,97	-3,25
Parana	-19,00	-12,82	0,00	+82,94	-90,50	-6,28	-28,48	0,00	0,00	+82,94	-48,85	-6,97
RestS	0,00	0,00	0,00	+82,94	-64,59	0,00	0,00	0,01	0,00	+82,94	232,52	0,00
MtGrSul	-26,71	-19,92	-0,01	0,00	-68,97	-5,92	-25,15	-0,01	0,00	0,00	-41,43	-2,83
MtGrosso	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,19	0,00
RestCO	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,13	0,00	-0,05	0,00	0,00	0,00	-2,53	0,00

Fonte: Cálculos próprios dos autores.

Nota: ArrozTrigOut (Arroz, trigo e outros cereais); MilhoGrao (Milho em grão); AlgodHerb (Algodão herbáceo e outras fibras); CanaDeAcucar (Cana-de-açúcar); SojaGrao (Soja em grão); OutLavTemp (Outros produtos da lavoura temporária).

4. Resultados (Principais)

	AR5	AR5	AR4*	AR4*
Variáveis	Cenário Intermediário (RCP4.5) 2040	Cenário Pessimista (RCP8.5) 2040	Cenário A2/20 (sem adaptação)	Cenário B2/70 (com adaptação)
Consumo real das famílias	-0,12	-0,07	-0,70	-2,09
Investimento real	-0,18	-0,10		
Exportações (volume)	-0,42	+0,15		
Importações (volume)	-0,30	+0,10		
PIB real	-0,15	-0,04	-0,28	-1,12
Salário real	-0,05	-0,09	-0,53	-1,81
Estoque de capital	-0,08	-0,03		

* - Ferreira Filho e Moraes (2014)

Os resultados de interesse são os *desvios* do *choque de política* em relação à linha de base.

4. Resultados (AR5)

Tabela 4 – Variação (%) na produção dos setores da agricultura (valores acumulados até 2040)

Setores da Agricultura	Cenário Intermediário (RCP4.5)	Cenário Pessimista (RCP8.5)
ArrozTrigOut	+6,77	-10,48
MilhoGrao	+2,28	-0,45
AlgodHerb	-1,47	-3,05
CanaDeAcucar	+3,89	+2,01
SojaGrao	-30,26	+0,24
OutPrLavTemp	+2,29	-1,54
CafeGrao	+2,42	+0,83
OutPrLavPerm	+1,02	-1,02

Fonte: Resultados do modelo.

4. Resultados (Principais)

Variação % no PIB regional.

	AR5	AR5	AR4	AR4
Região	Cenário Intermediário (RCP4.5) 2040	Cenário Pessimista (RCP8.5) 2040	Cenário A2/20 (sem adaptação)	Cenário B2/70 (com adaptação)
ParaRond	-0,01	+0,02		
RestN	0,00	+0,01		
MaraToc	-0,03	-0,02		
Piaui	-0,11	+0,02	-12,06	-16,39
RestNE	-0,04	-0,01		
PernAlag	-0,02	-0,07		
Bahia	-0,20	+0,03	-1,57	-2,34
MinasG	-0,03	-0,04	+0,19	-0,88
RestSE	-0,09	-0,06		
SaoPaulo	-0,04	-0,01	+1,05	+0,50
Parana	-1,24	+0,07	-0,73	-3,88
RestS	-0,09	-0,23		
MtGrSul	-1,98	-0,83	-7,19	-9,11
MtGrosso	-0,37	-0,09	-8,48	-11,20
RestCO	0,00	-0,01	+0,12	-1,46*

* - Goiás.

4. Resultados (AR5)

Tabela 6 – Variação (%) no emprego e no salário real médio regional (valores acumulados até 2040)

Região	Cenário Intermediário (RCP4.5)		Cenário Pessimista (RCP8.5)	
	Emprego	Salário real	Emprego	Salário real
ParaRond	+0,01	+0,02	+0,01	+0,02
RestN	0,00	+0,02	0,00	0,00
MaraToc	0,00	-0,08	0,00	-0,01
Piaui	-0,01	-0,15	0,00	-0,01
RestNE	0,00	-0,02	0,00	-0,07
PernAlag	0,00	-0,01	0,00	-0,12
Bahia	-0,01	-0,25	0,00	-0,01
MinasG	0,00	-0,03	0,00	-0,12
RestSE	0,00	-0,06	0,00	-0,13
SaoPaulo	0,00	-0,04	0,00	-0,07
Parana	+0,03	-0,12	+0,05	+0,40
RestS	+0,01	+0,12	-0,03	-0,43
MtGrSul	-0,06	-1,12	-0,02	-0,53
MtGrosso	-0,07	-0,98	-0,01	-0,18
RestCO	+0,01	+0,02	0,00	-0,04

Fonte: Resultados do modelo.

Deve-se ressaltar que o emprego regional não necessariamente acompanha a variação projetada para o PIB regional, pois a composição da produção regional, assim como a demanda de trabalho por atividade, difere entre as regiões.

4. Resultados (AR5)

Tabela 7 – Variação (%) no consumo real das famílias por região e por categorias de renda (valores acumulados para 2040) – Cenário Intermediário (RCP4.5)

Regiões	POF1	POF2	POF3	POF4	POF5	POF6	POF7	POF8	POF9	POF10
ParaRond	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,04	-0,04
RestN	-0,05	-0,04	-0,04	-0,05	-0,04	-0,05	-0,04	-0,06	-0,04	-0,04
MaraToc	-0,17	-0,17	-0,16	-0,15	-0,16	-0,16	-0,14	-0,15	-0,15	-0,13
Piaui	-0,22	-0,23	-0,23	-0,23	-0,23	-0,22	-0,24	-0,23	-0,23	-0,22
RestNE	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,09	-0,09	-0,10	-0,09	-0,09	-0,09
PernAlag	-0,05	-0,06	-0,07	-0,06	-0,07	-0,08	-0,07	-0,08	-0,08	-0,08
Bahia	-0,33	-0,33	-0,34	-0,32	-0,32	-0,33	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32
MinasG	-0,12	-0,09	-0,10	-0,10	-0,06	-0,11	-0,10	-0,10	-0,10	-0,09
RestSE	-0,13	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12	-0,13	-0,12	-0,11	-0,13	-0,13
SaoPaulo	-0,10	-0,09	-0,08	-0,06	-0,11	-0,11	-0,11	-0,10	-0,11	-0,10
Parana	0,12	-0,18	-0,14	-0,14	-0,22	-0,18	-0,22	-0,26	-0,13	-0,14
RestS	+0,10	+0,09	+0,09	+0,07	+0,07	+0,06	+0,10	+0,10	+0,04	+0,07
MtGrSul	-1,29	-1,32	-1,28	-1,27	-1,31	-1,25	-1,30	-1,14	-1,25	-1,20
MtGrosso	-1,12	-1,11	-1,11	-1,11	-1,10	-1,11	-1,15	-1,14	-1,15	-1,09
RestCO	-0,01	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,03	-0,02	-0,04	-0,03	-0,04

Fonte: Resultados do modelo.

5. Conclusões

- ✓ A MC deverá provocar **retração no nível de atividade econômica no Brasil** em ambos os cenários, comparativamente ao cenário de referência (baseline).
- ✓ As **quedas** deverão ser **modestas** e maiores no Cenário Intermediário (RCP4.5).
- ✓ **Perdas maiores** para as regiões mais dependentes da agricultura, em especial da cultura da soja.
- ✓ Impactos negativos mais intensos sobre trabalhadores e famílias mais pobres, especialmente das regiões CO e parte do NE.
- ✓ Os impactos são muito menos negativos no AR5 do que no AR4. Grande incerteza associada a estes resultados.

- Obrigado.

- Email: jbsferre@usp.br