



14CBA
CONGRESSO BRASILEIRO DE ATUÁRIA

Desafios e avanços para estimativas de taxas de mortalidade e expectativas de vida municipais no Brasil

■ Contexto

Teorias, transições e diferenciais regionais

- Acelerada transição da mortalidade
- Mudanças no perfil das causas de morte e estrutura etária de mortalidade
- Teorias e hipóteses sobre longevidade humana
- Heterogeneidade regional e por subgrupos populacionais
- Diferenciais regionais na qualidade dos dados: análise e correção
- Diferencial por sexo: causas de morte

■ Contexto

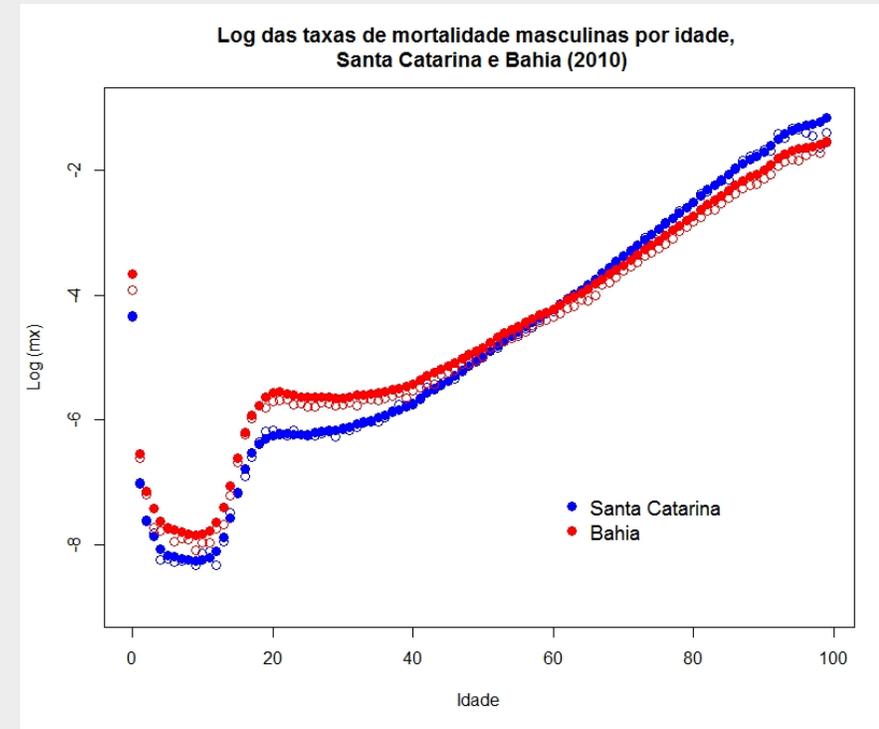
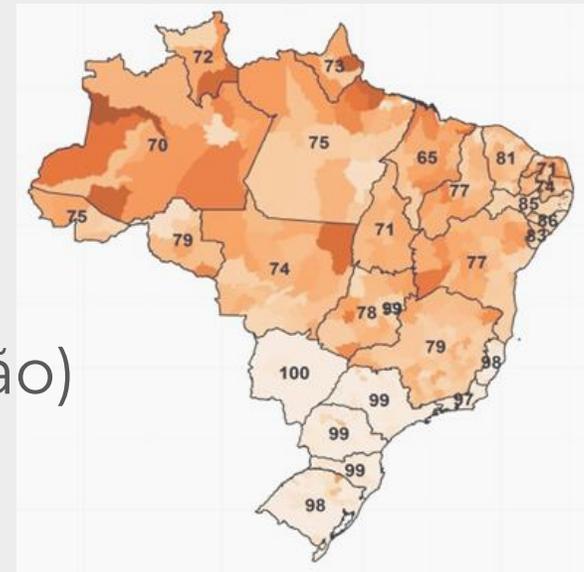
Relevância

- Estimativas e projeções de população em pequenas áreas
- Monitoramento, avaliação e acompanhamento de políticas em saúde em subpopulações nacionais
- Estimativas de tábuas de vida: risco de morte (previdência, seguros de vida, etc.)

■ Contexto

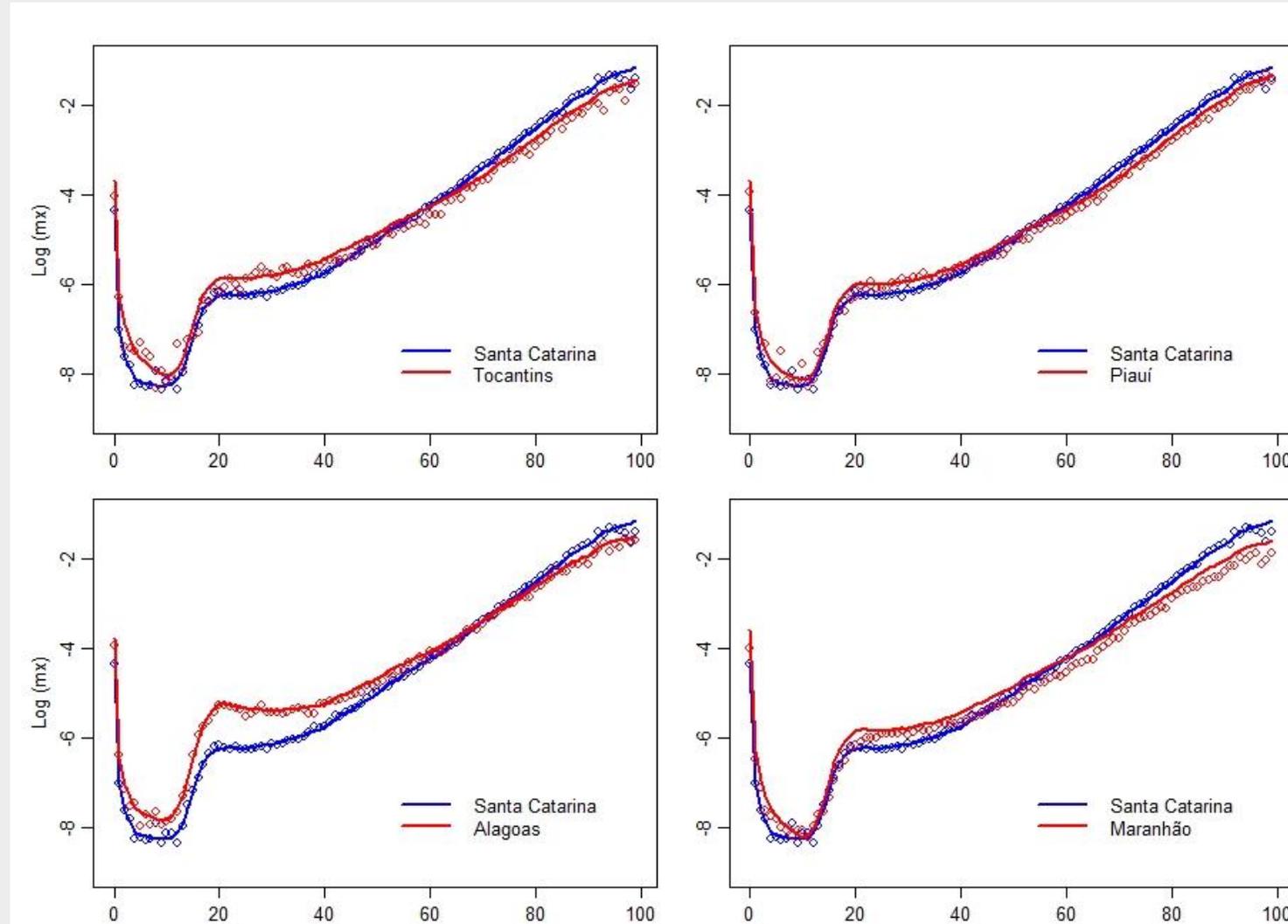
Fontes de incerteza

1. Baixa exposição (óbitos/População)
2. Erros de cobertura dos óbitos (registros vitais)
3. Erros de enumeração da população (censos demográficos)
4. Erros de declaração da idade (registros vitais e censo demográfico)
5. Crossover das taxas entre regiões após os 50 anos



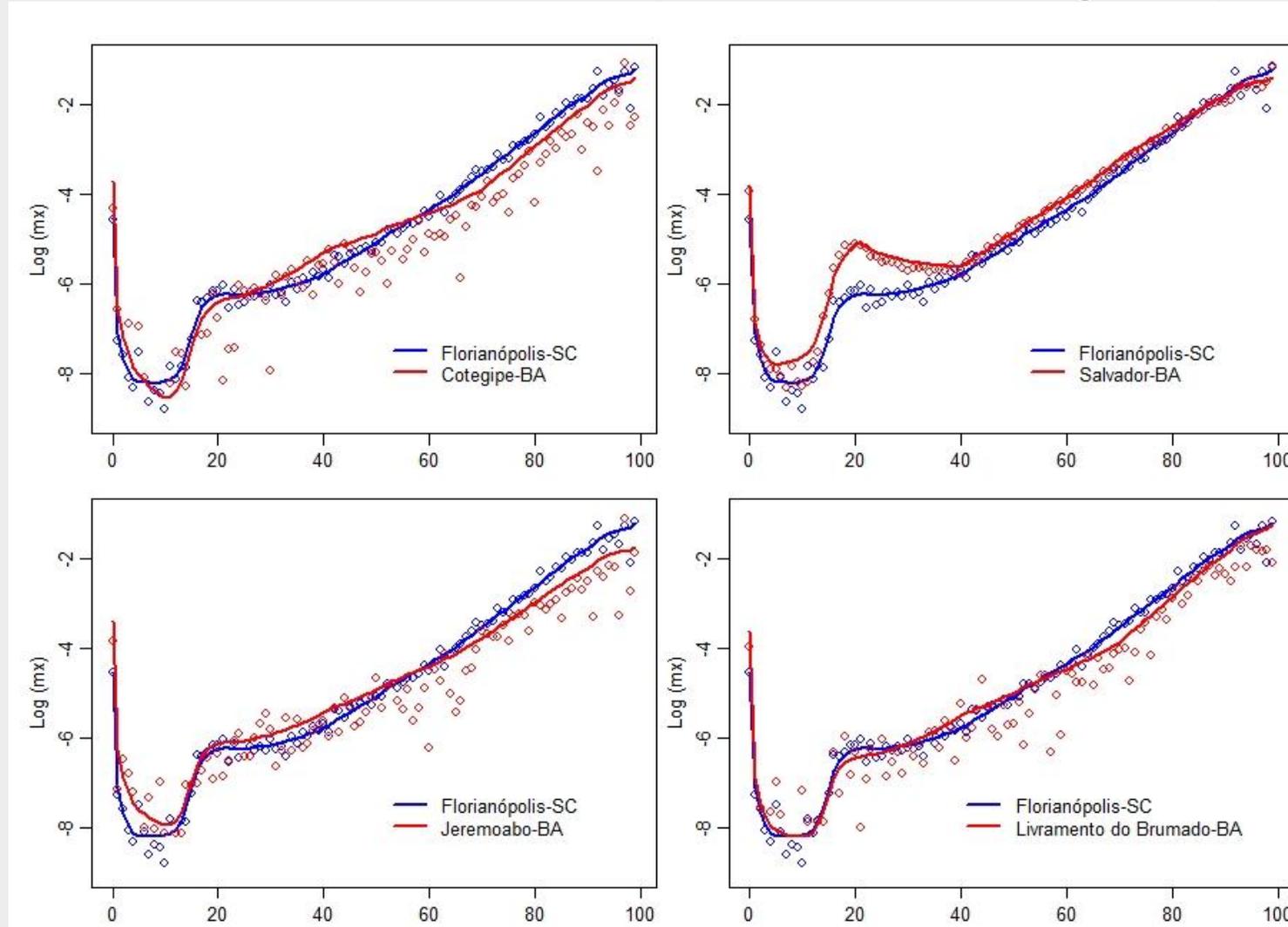
■ Contexto

Fontes de incerteza: crossover (entre UFs)



Contexto

Fontes de incerteza: crossover (entre microrregiões)



■ Dados

Óbitos:

- Ministério da Saúde: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/Datasus)
- IBGE: Registro Civil (RC)
- Censos demográficos: 2010 e 2022

População:

- IBGE: Censos demográficos:

Cobertura:

- 2010: Busca Ativa de Óbitos com estimativas para todos os municípios
- 2015 a 2022: IBGE (Resultados Preliminares para UFs e municípios)
- Métodos de Distribuição dos Óbitos: várias publicações

■ Método: Regressão Topals

Lidando com a baixa exposição (óbitos/População)

- Padronização indireta (tradicional):

FREIRE, F.H.M.A.; QUEIROZ, B. L.; LIMA, E. E. C.; GONZAGA, M.R.; SOUZA, F. H. Mortality Estimates and Construction of Life Tables for Small Areas in Brazil-2010. In: Population Association of America - The 2015 Annual Meeting, 2015, San Diego.

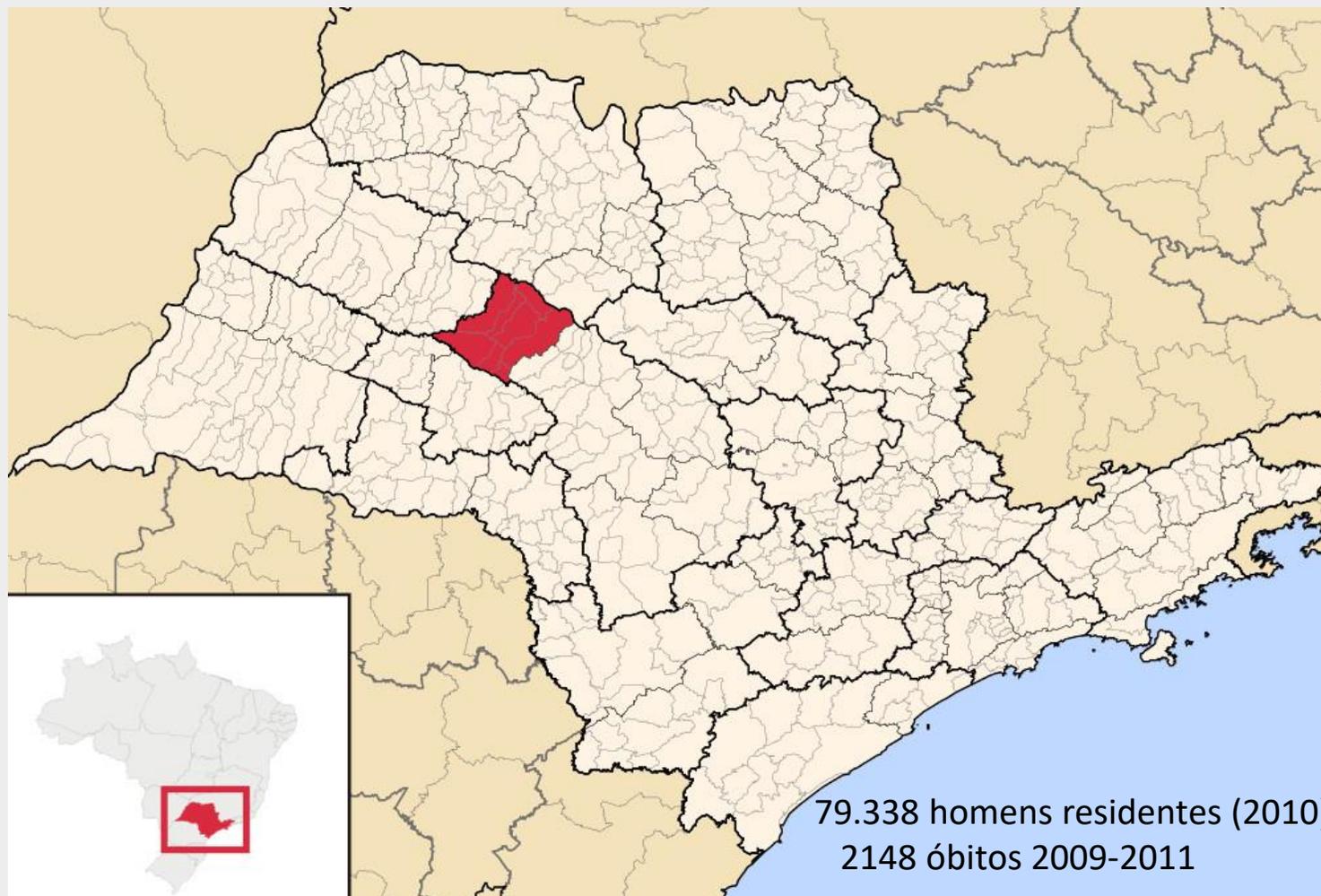
QUEIROZ, B.L; LIMA, E.E.C.; FREIRE, F.H.M.A.; GONZAGA, M.R. Adult mortality estimates for small areas in Brazil, 1980-2010: a methodological approach. Lancet (British edition), v. 381, p. S120, 2013

- Regressão Topals (Probabilístico):

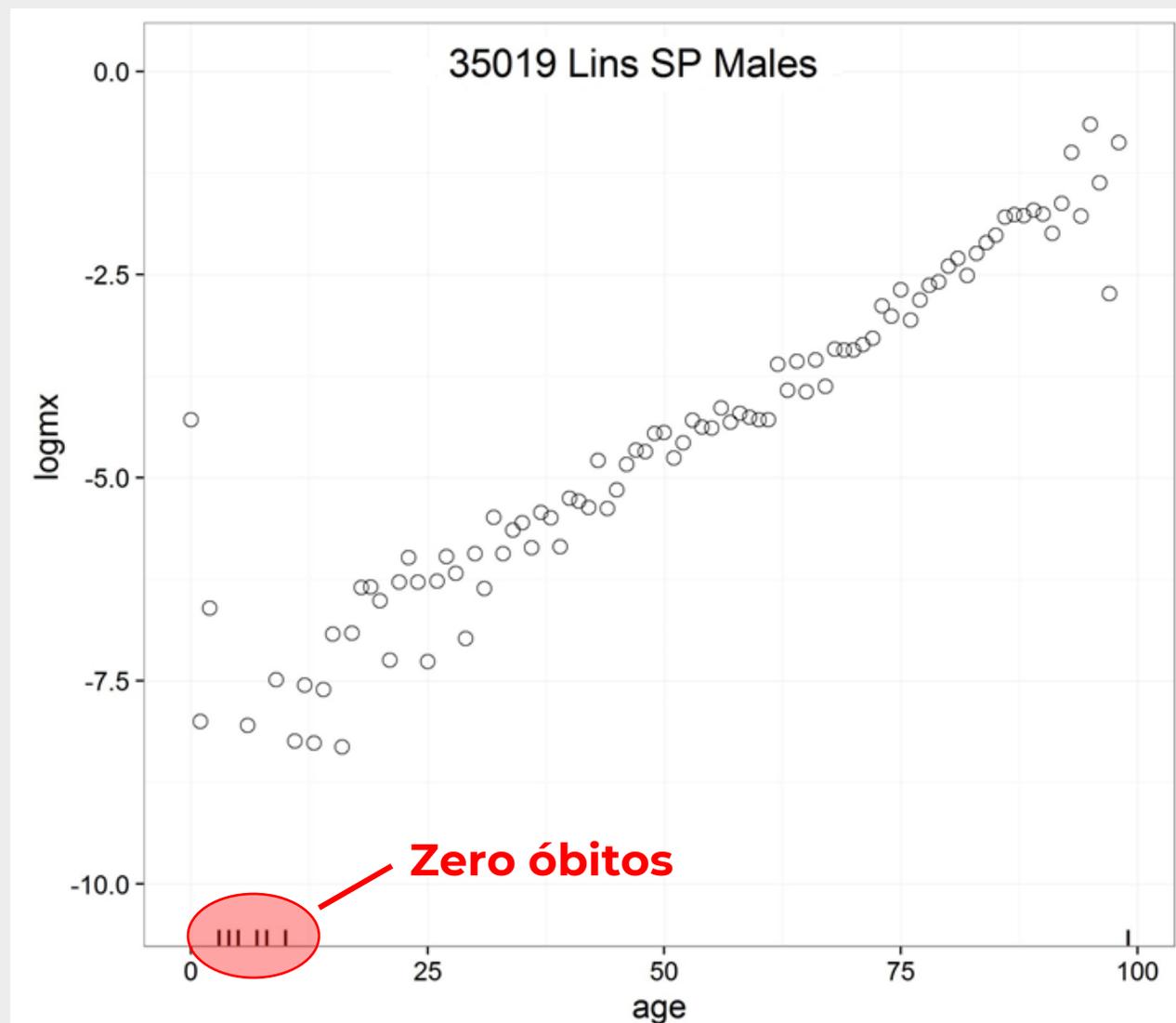
GONZAGA, MR; SCHMERTMANN, C.P. Estimating age- and sex-specific mortality rates for small areas with TOPALS regression: An application to Brazil in 2010. Revista Brasileira de Estudos de População 33(3):629-652, 2016.

■ Método: Regressão Topals

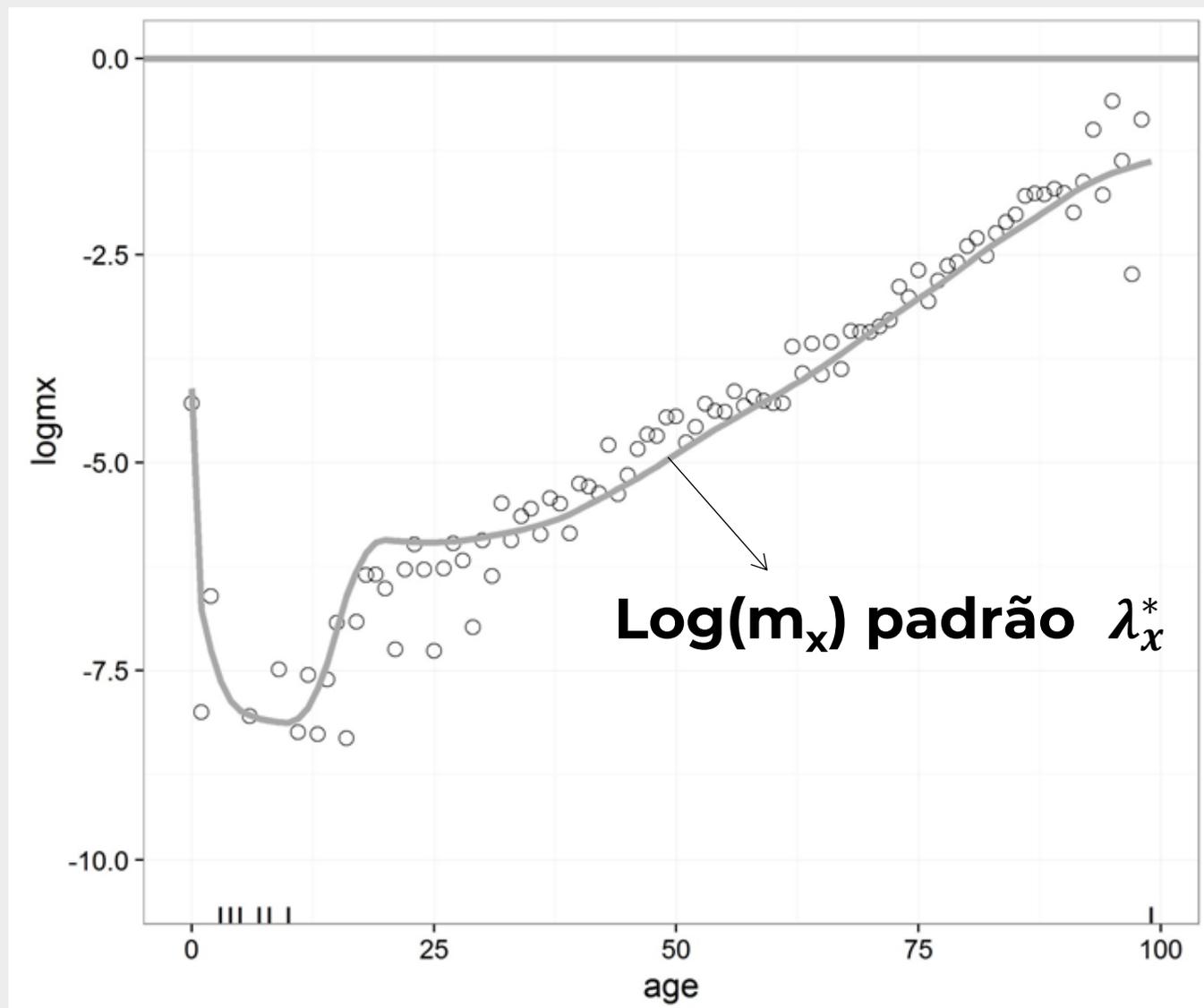
Exemplo: Microrregião de LINS SP (35019)



■ Método: Regressão Topals

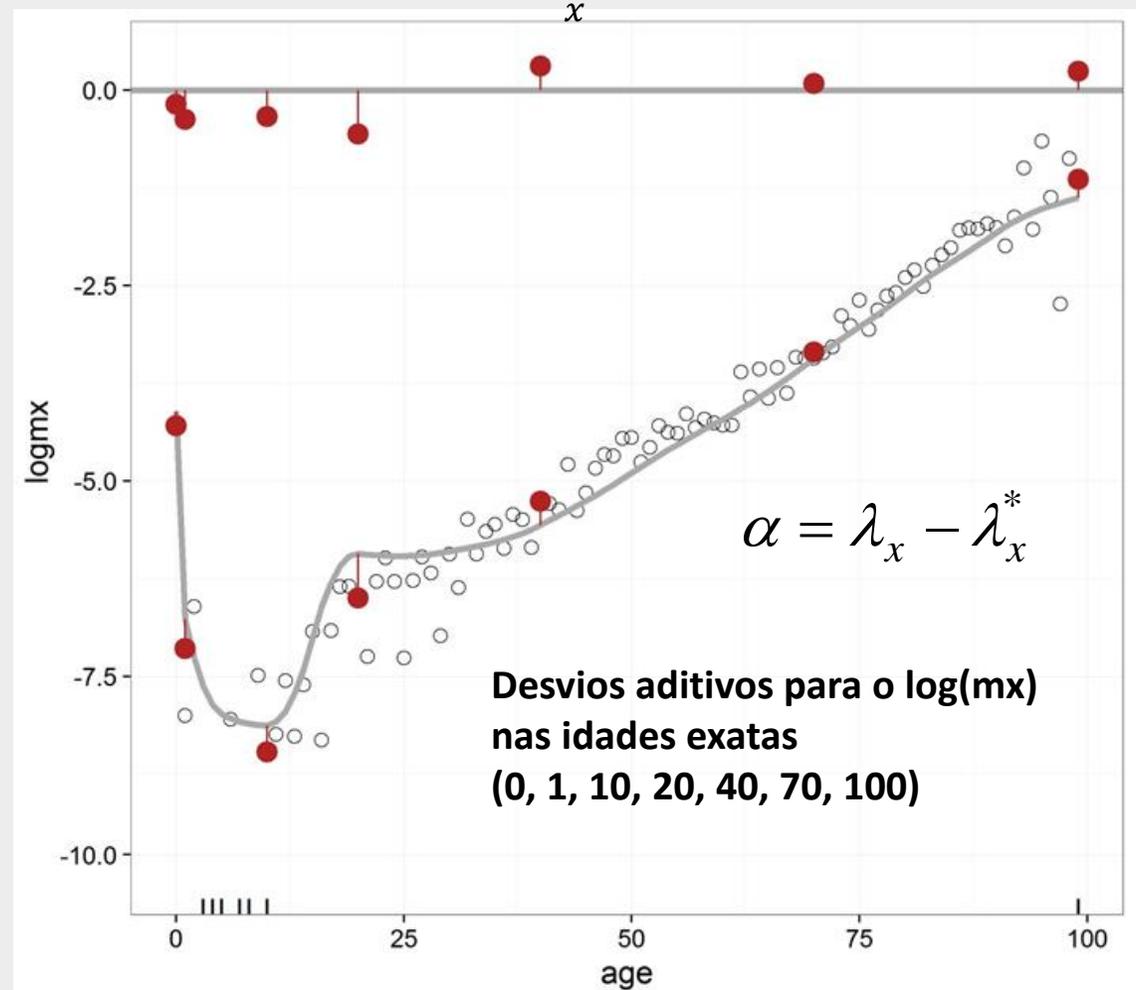


■ Método: Regressão Topals

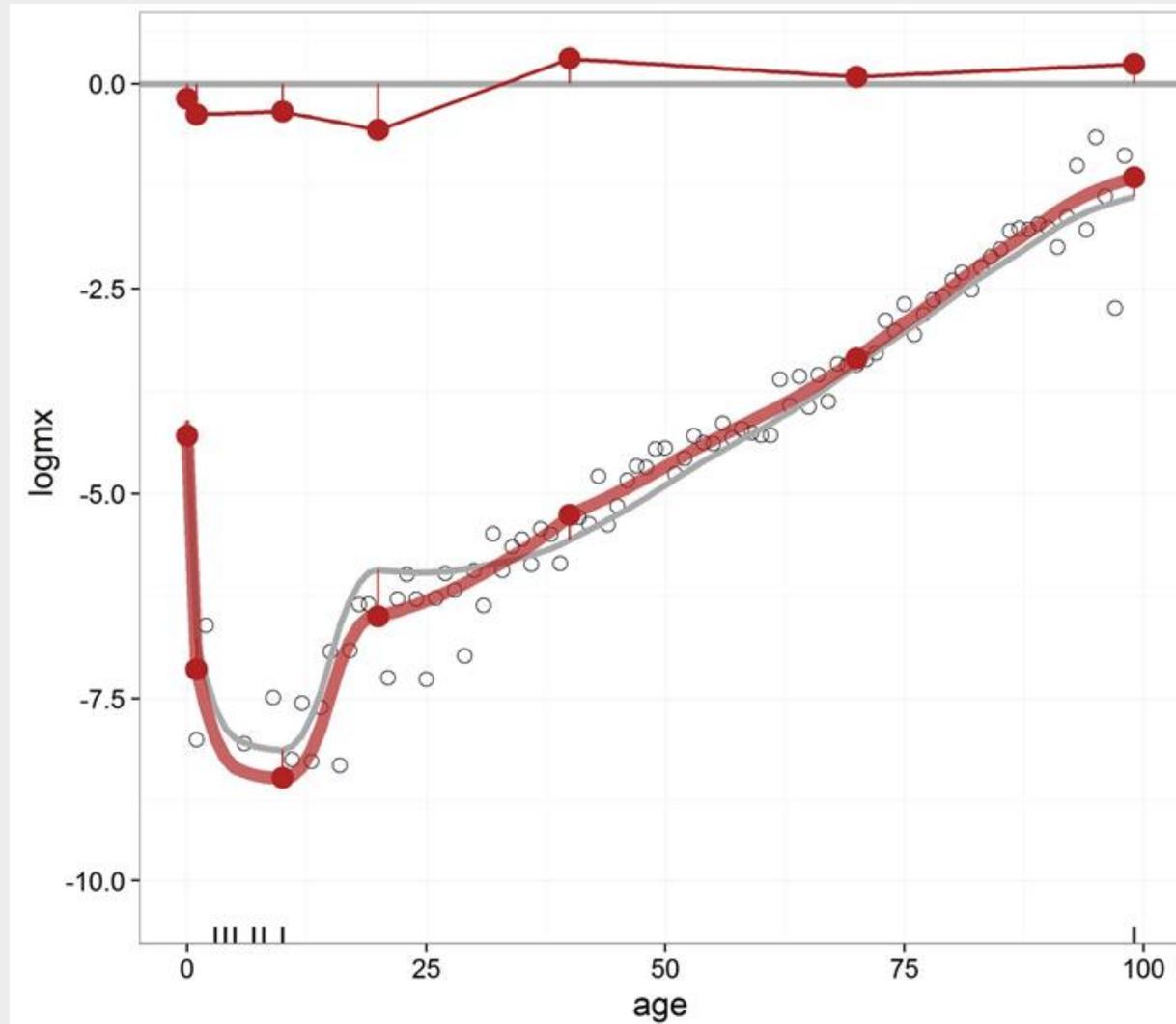


■ Método: Regressão Topals

$$\log L(\alpha) = \text{constante} + \sum_x \{D_x \lambda_x(\alpha) - N_x \exp[\lambda_x(\alpha)]\}$$



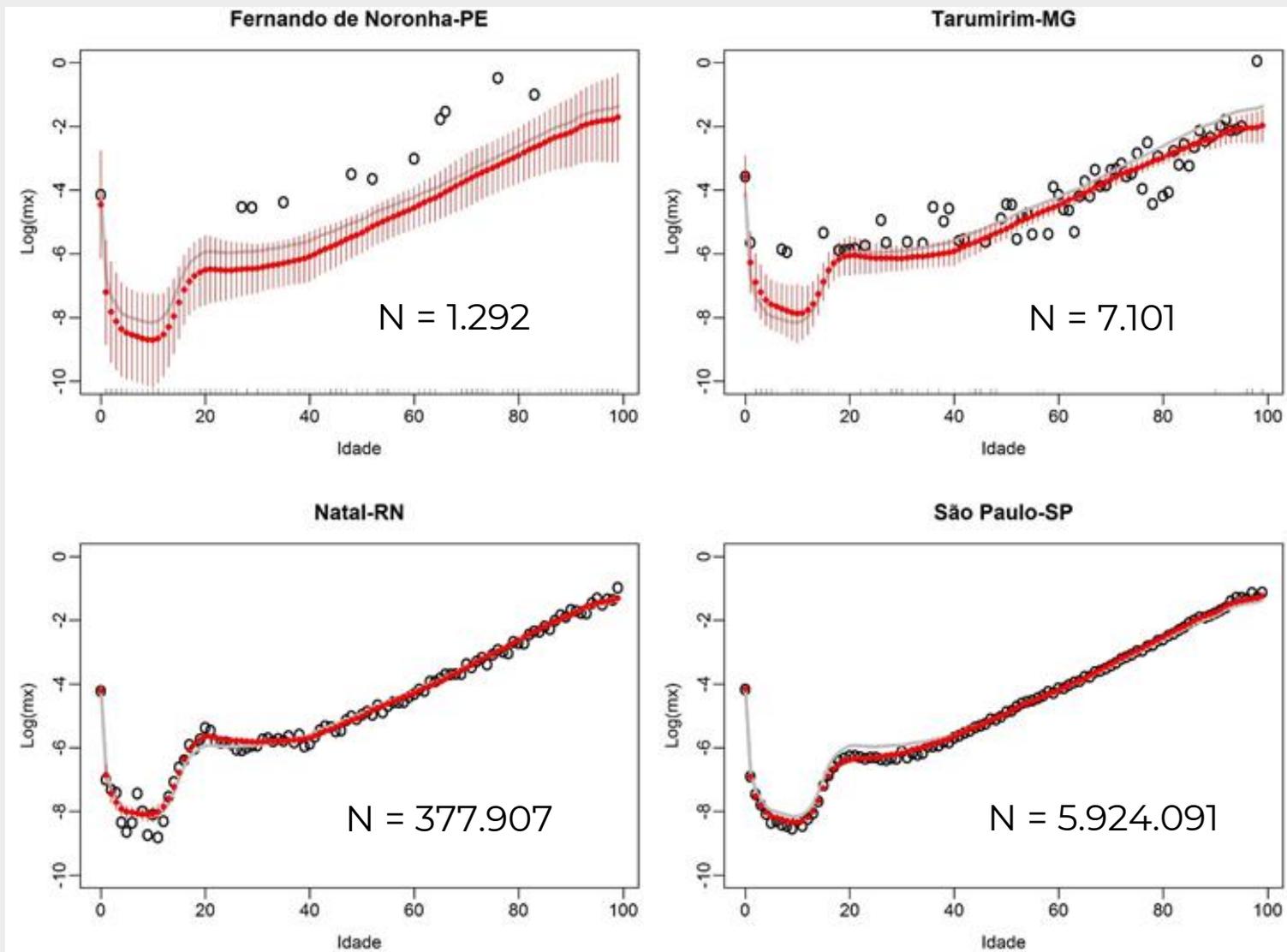
■ Método: Regressão Topals



$\text{Log}(m_x) = \text{Padrão} + \text{Spline}$

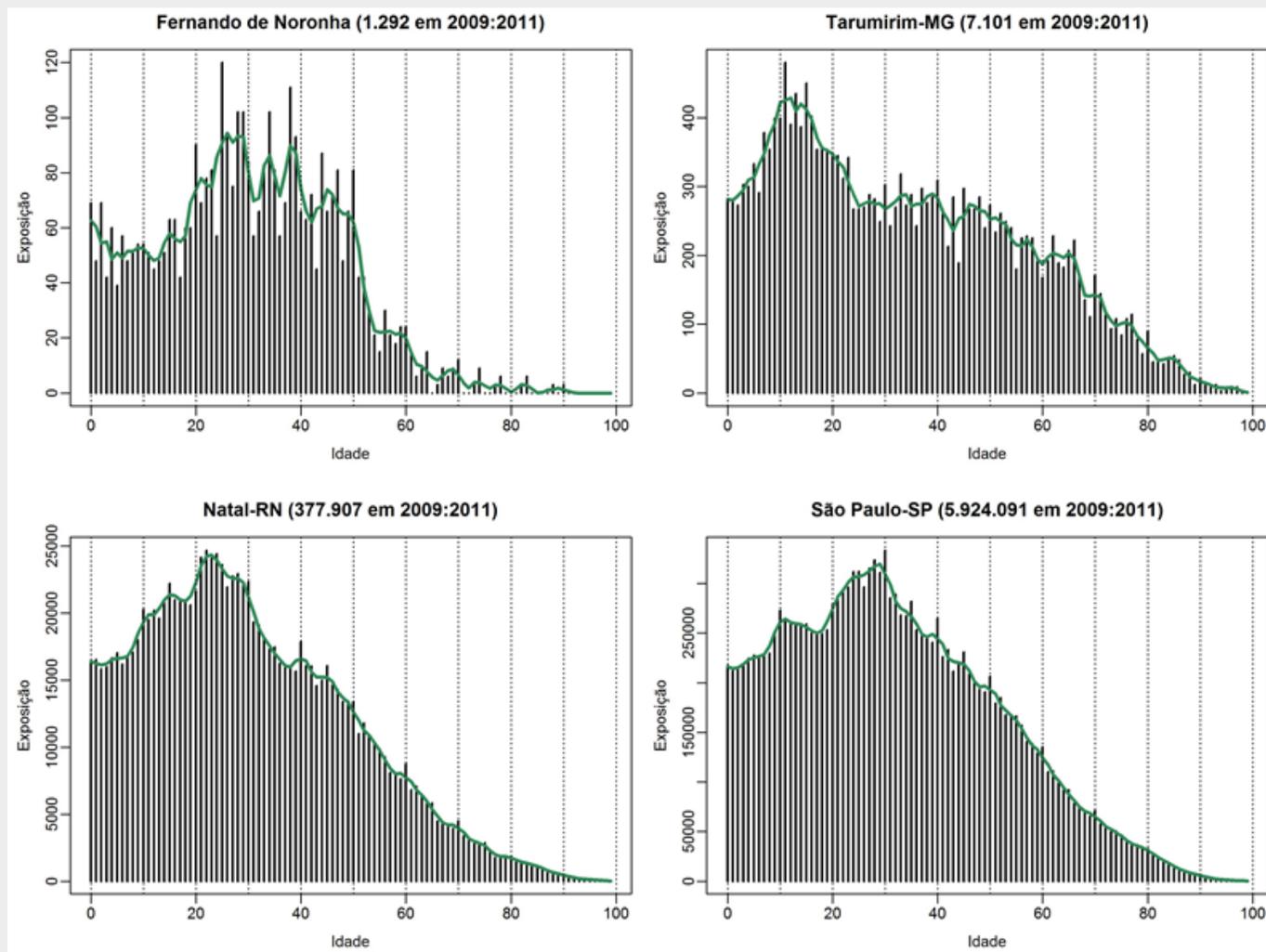
$$\lambda(\alpha)_{100 \times 1} = \lambda^*_{100 \times 1} + \mathbf{B}_{100 \times 7} \alpha_{7 \times 1}$$

■ Método: Regressão Topals



■ Método: Regressão Topals

Exposição (01/01/2009 a 31/12/2011)

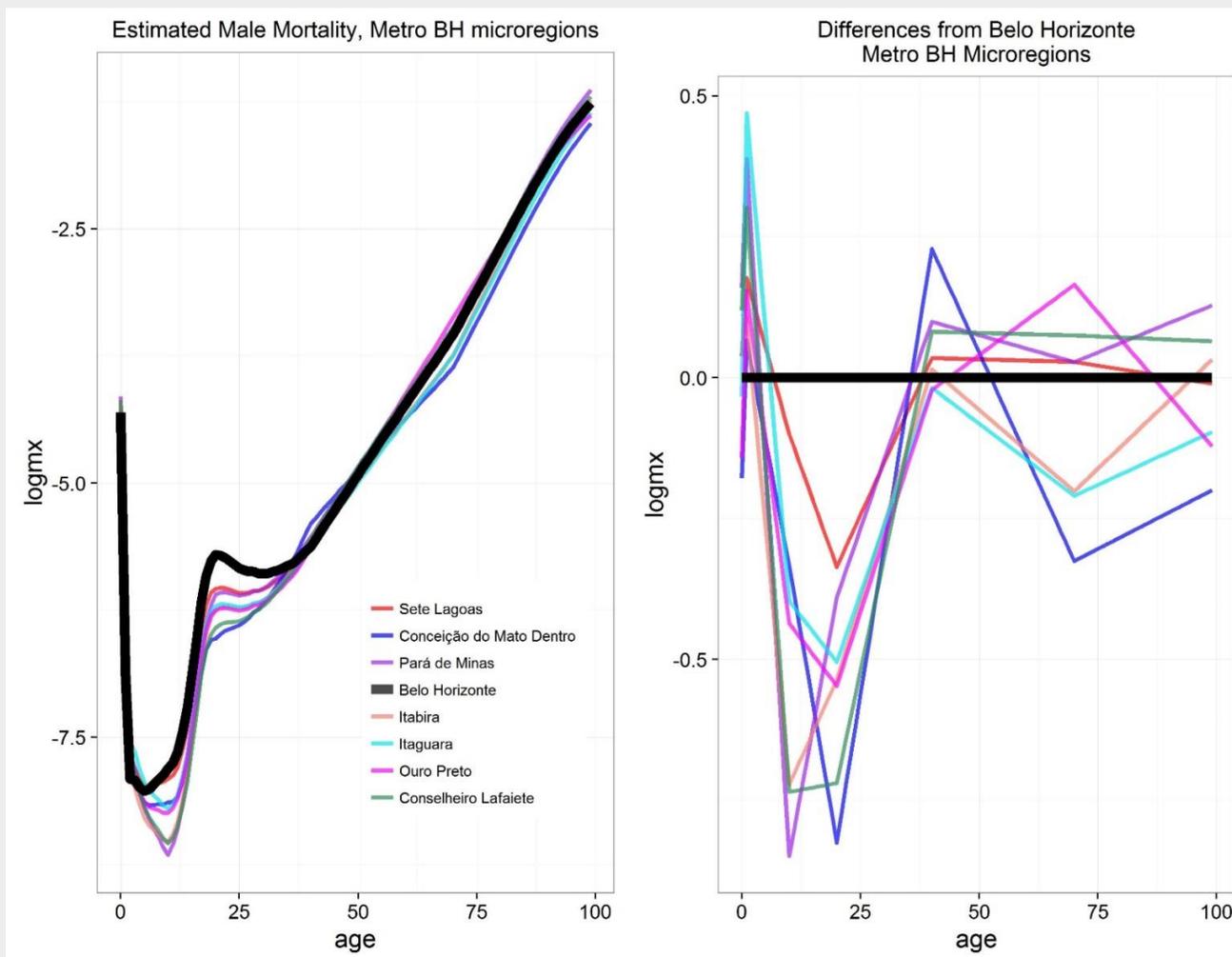


GONZAGA, MR; SCHMERTMANN, C.P.
 Estimating age- and sex-specific mortality rates for small areas with TOPALS regression: An application to Brazil in 2010.
Revista Brasileira de Estudos de População 33(3):629-652, 2016.

<http://topals-mortality.schmert.net/>

■ Método: Regressão Topals

Vantagens da Regressão Topals



GONZAGA, MR; SCHMERTMANN, C.P.
 Estimating age- and sex-specific mortality rates for small areas with TOPALS regression:
 An application to Brazil in 2010. **Revista Brasileira de Estudos de População**
 33(3):629-652, 2016.

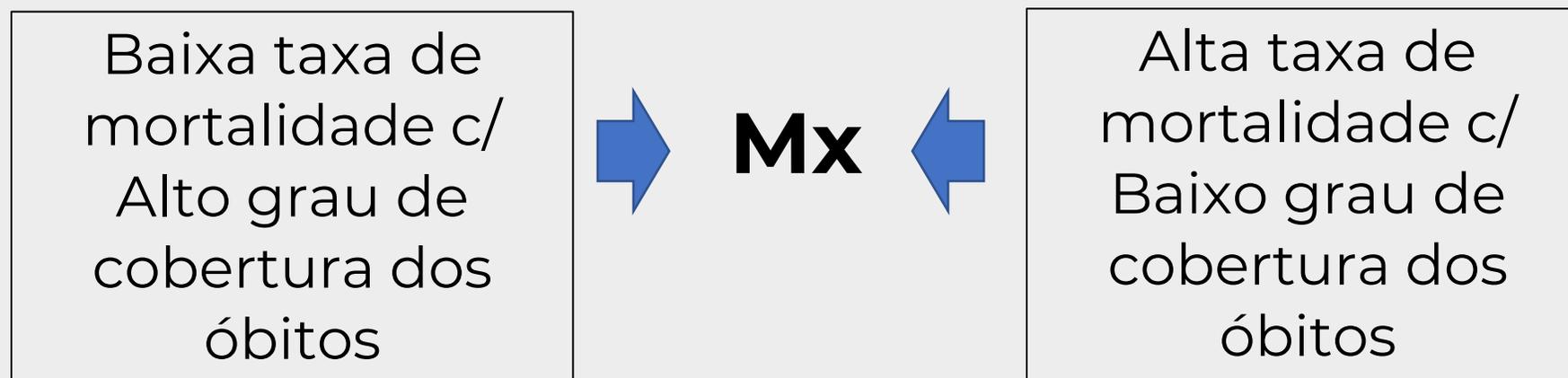
<http://topals-mortality.schmert.net/>

■ Método: Bayesiano

Lidando com duas fontes de incerteza:

Alta variabilidade nas taxas observadas e erro de cobertura no registros de óbitos por sexo e idade

- Falta de identificabilidade:



- Bayesiano: grau de cobertura mais provável (a priori)

■ Método: Bayesiano

Em cada idade x de uma localidade, observamos uma população exposta N_x e um número de óbitos registrados R_x .

O número verdadeiro de óbitos $D_x \geq R_x$ não é conhecido.



$$D_x \sim \text{Poisson}(N_x \mu_x)$$

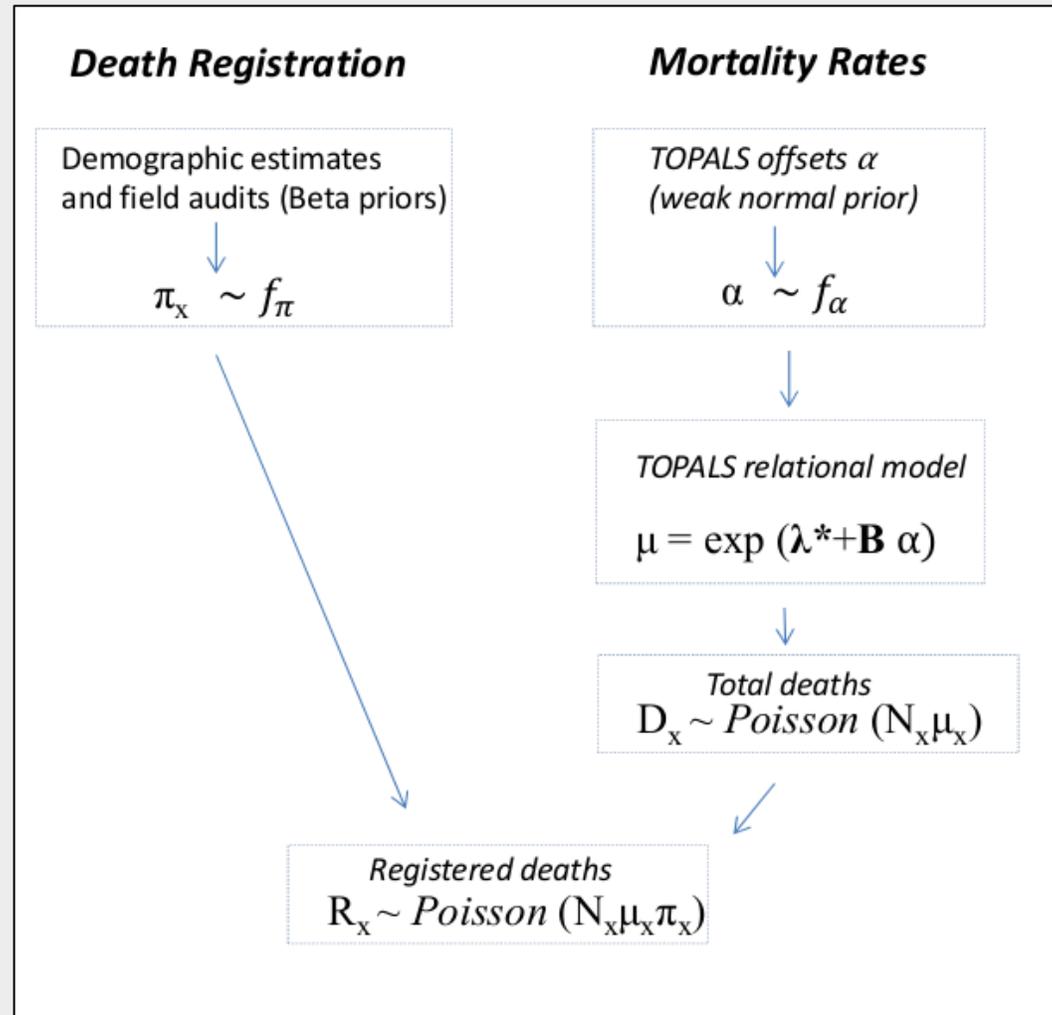
$$R_x \sim \text{Binomial}(D_x, \pi_x)$$

Implicação: $R_x \sim \text{Pois}(N_x \mu_x \pi_x)$

$$P(\alpha|R, N) = \int L(R|N, \alpha, \pi) f_\alpha(\alpha) f_\pi(\pi)$$

■ Método: Bayesiano

Modelo Bayesiano integrado para R_x



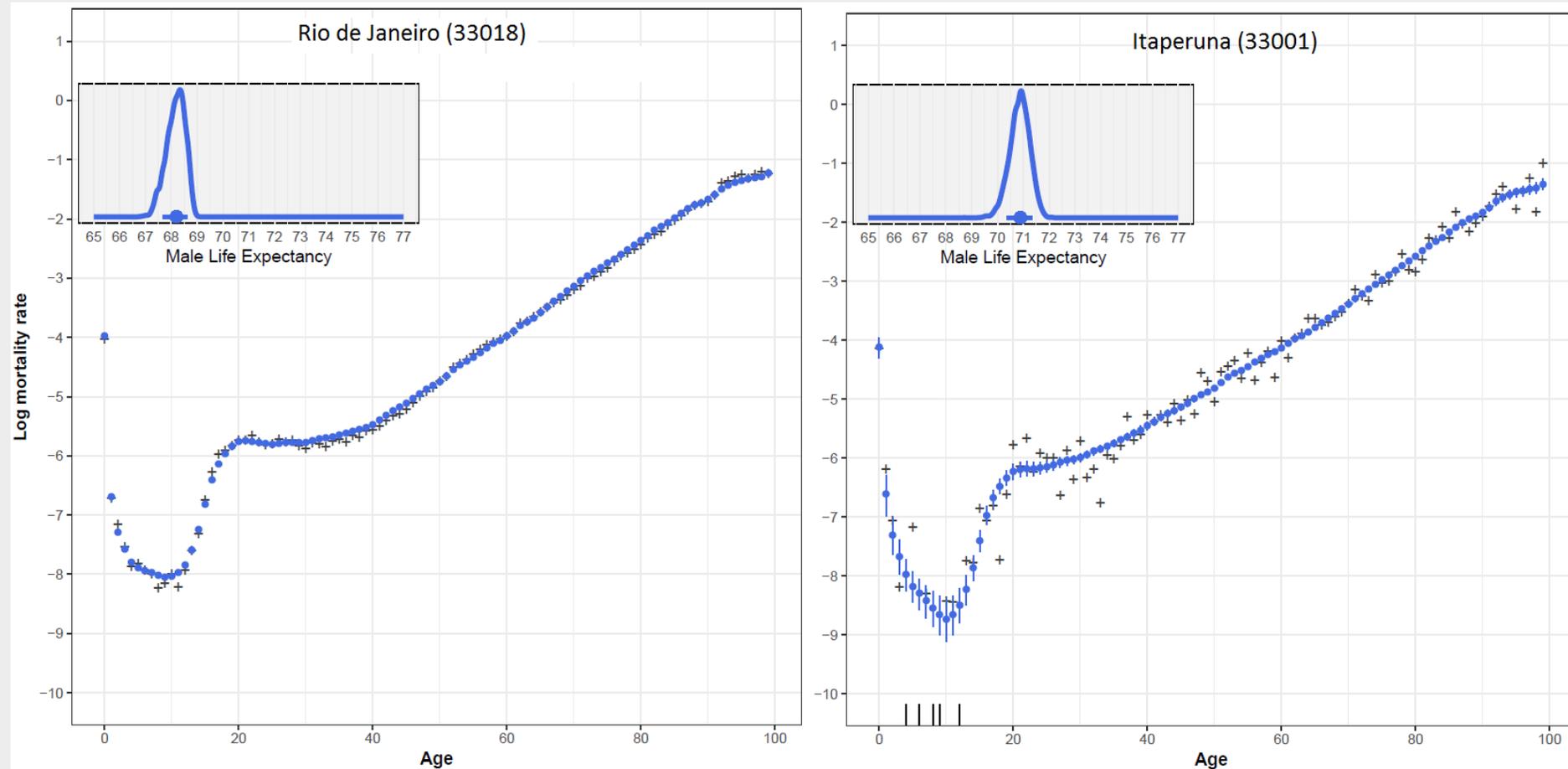
$$P(\alpha | R, N) = \int L(R | N, \alpha, \pi) f_{\alpha}(\alpha) f_{\pi}(\pi) d\pi$$

SCHMERTMANN, CARL P.; GONZAGA, MARCOS R. Bayesian estimation of age-specific mortality and life expectancy for small areas with defective vital records. **Demography**, v. 55, n. 4, p. 1363-1388, 2018.

<http://mortality-subregistration.schmert.net/>

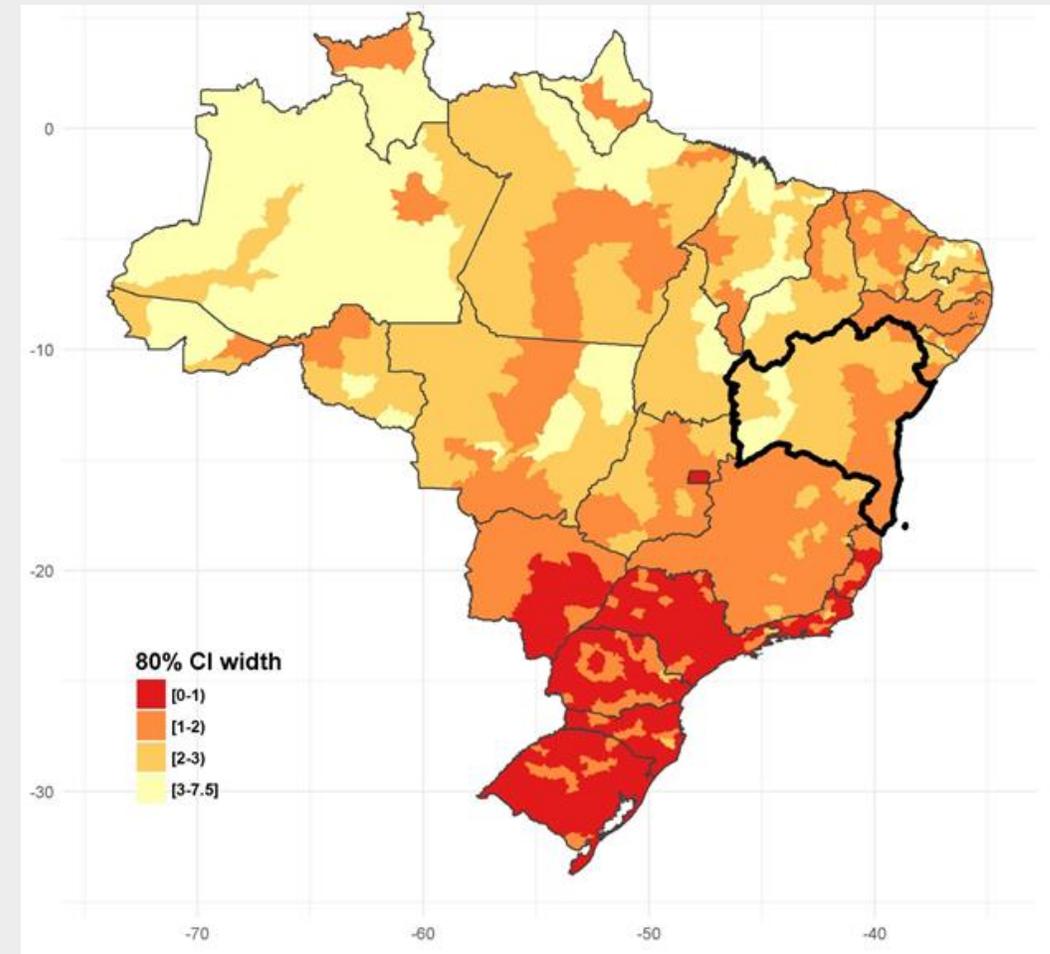
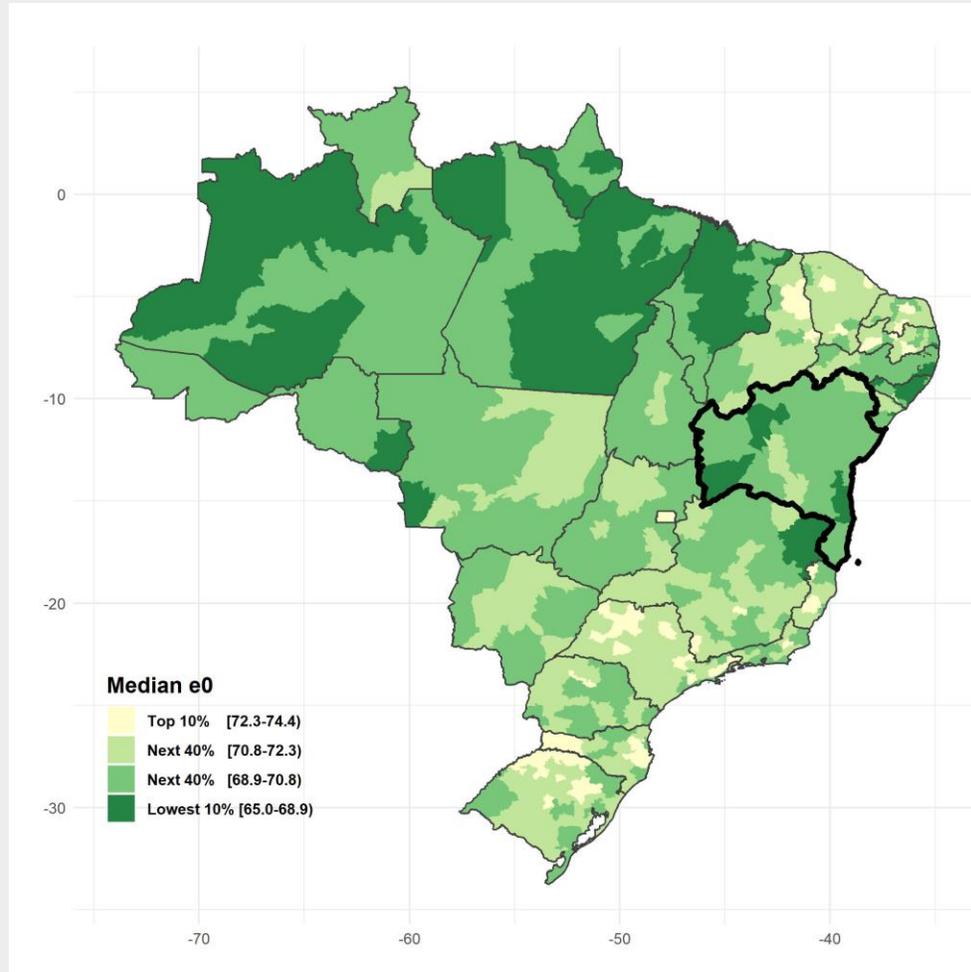
■ Método: Bayesiano

Distribuição a posteriori para a expectativa de vida ao nascer e taxas de mortalidade masculinas para as microrregiões do Rio de Janeiro e Itaperuna (2010)



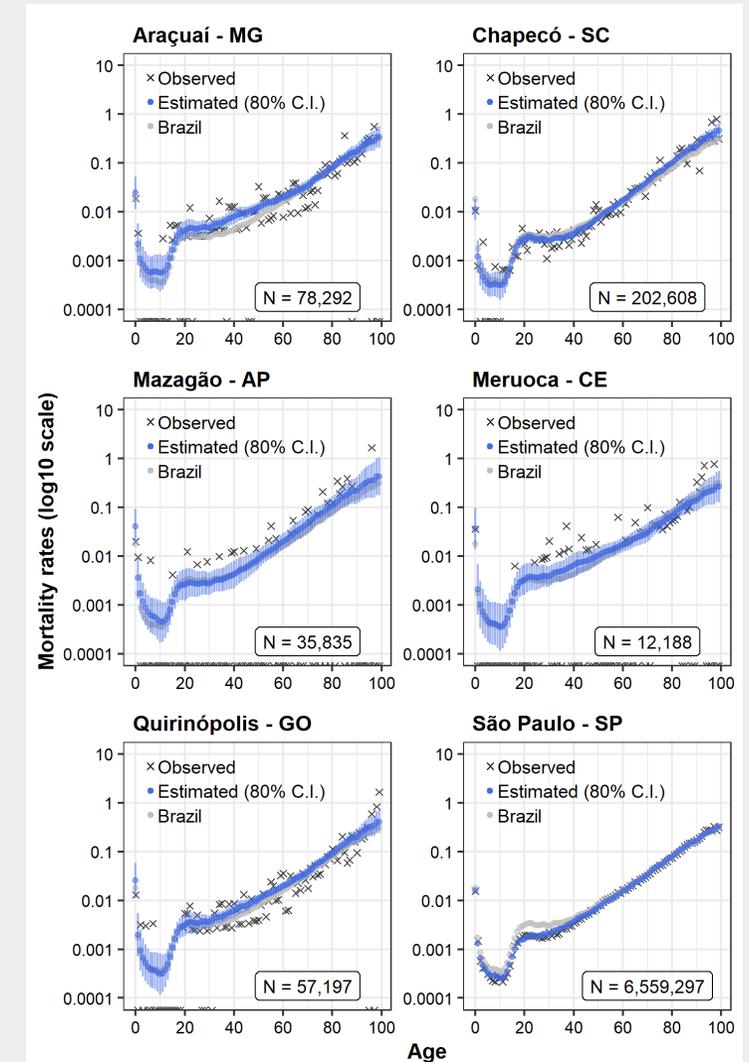
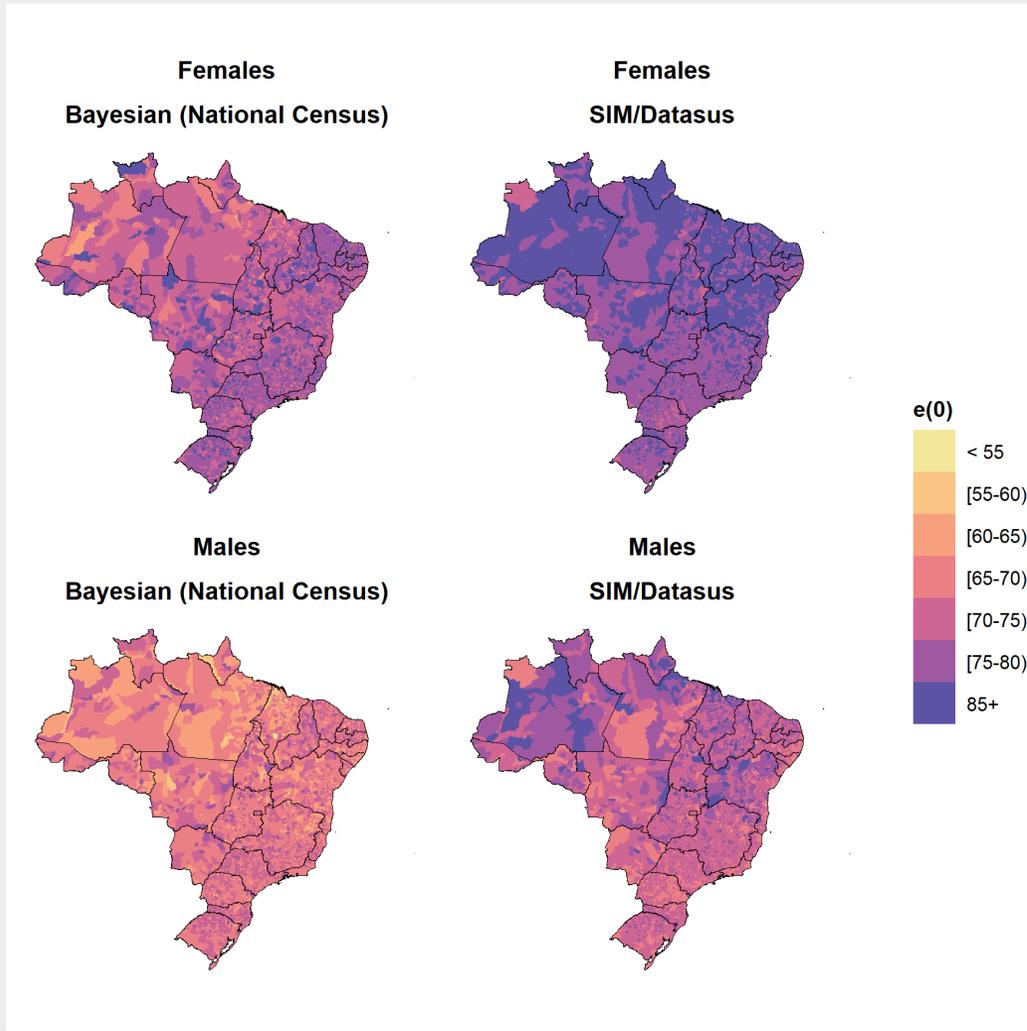
■ Método: Bayesiano

Expectativa de vida ao nascer (Medianas a posteriori) e amplitude do intervalo de 80% de credibilidade, microrregiões brasileiras em 2010



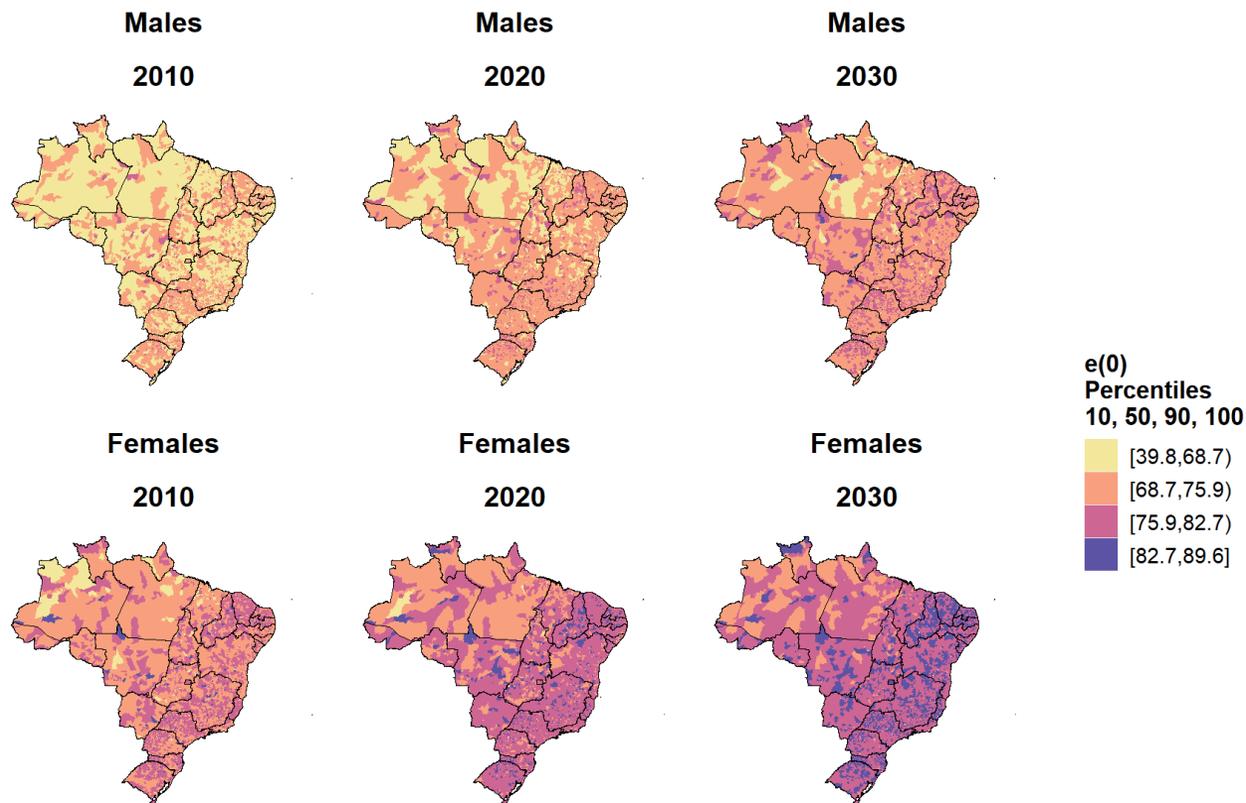
Método: Bayesiano + AD-HOC

Expectativa de vida ao nascer municipais em 2010 com correção e sem correção



Método: Bayesiano + AD-HOC

Expectativa de vida ao nascer municipais corrigidas (2010:2030)



Gonzaga, M.R., Queiroz, B.L., Freire, F.H. et al. Estimation and probabilistic projection of age- and sex-specific mortality rates across Brazilian municipalities between 2010 and 2030. **Population Health Metrics** 22, 9 (2024). <https://doi.org/10.1186/s12963-024-00329-x>

■ Método: Bayesiano + AD-HOC

Como os erros de declaração da idade, cobertura dos óbitos e enumeração da população interagem e afetam as taxas de mortalidade e expectativa de vida?

Schmertmann, Queiroz and Gonzaga (2024). Data errors in mortality estimation: Formal demographic analysis of under-registration, under-enumeration, and age misreporting. **Demographic Research**, v. 51, n. 9. DOI: [10.4054/DemRes.2024.51.9](https://doi.org/10.4054/DemRes.2024.51.9)

- Os erros variam consideravelmente por idade;
- Erros de declaração da idade afetam muito pouco as taxas e a expectativa de vida;
- Erros de cobertura e enumeração tem maior efeito que erros de declaração da idade
- Juntos ou isolados, a magnitude desses erros não explicam completamente o crossover.

■ Considerações Finais

- Heterogeneidades regionais e socioeconômicas nos níveis de mortalidade por sexo e idade:
 - Impacto nas políticas de saúde.
 - Impacto nos cálculos atuariais.
- Padrão de mortalidade nas idades mais avançadas:
 - Pode variar regionalmente e por subgrupos populacionais.
 - Importante incorporar os erros nas estimativas.
 - Importância dos testes de aderência.



14CBA
CONGRESSO BRASILEIRO DE ATUÁRIA

Marcos R. Gonzaga
Universidade Federal do Rio
Grande do Norte, Natal (Brazil)
marcos.gonzaga@ufrn.br

Obrigado!