MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Regressão geograficamente ponderada (GWR): análise de fenômenos com heterogeneidade espacial

Click to edit Master subtitle style

Marcos Wellausen Dias de Freitas
freitas@dsr.inpe.br

Sumário

- Regressão linear
- Limitações de seu uso com dados espaciais
- Regressão espacial global
- Regressão geograficamente ponderada
- Estudo de caso
- Conclusões

Para o que o método de regressão linear pode ser usado?

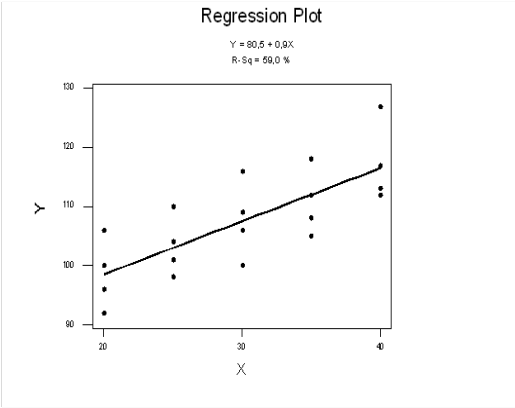
- Pesquisas e estudos que buscam modelos para a explicação do comportamento de variáveis resposta (variáveis dependentes) a partir de um conjunto de variáveis explicativas (variáveis independentes)

- Modelos permitem a predição dos valores da variável dependente a partir da seguinte função linear

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_n X_n + \varepsilon_i$$

Requisitos e ajuste dos modelos

- Requisitos principais:
  - Normalidade dos resíduos
  - Independência e distribuição idêntica (*i.i.d.*) dos resíduos
- Medidas principais de ajuste dos modelos
  - R^2
  - AIC (Akaike Information Criteria)
  - Significância das variáveis independentes é realizada com testes da estatística F a partir da análise de variância



Limitações do método de regressão em análise de fenômenos espaciais

- Um dos principais requisitos da análise de regressão é constantemente violado quando aplicado na análise de dados espaciais: a *i.i.d.*

- Questão da dependência ou autocorrelação espacial

- 1ª Lei da Geografia de Waldo Tobler: “tudo está relacionado, porém coisas próximas são mais relacionadas entre si”

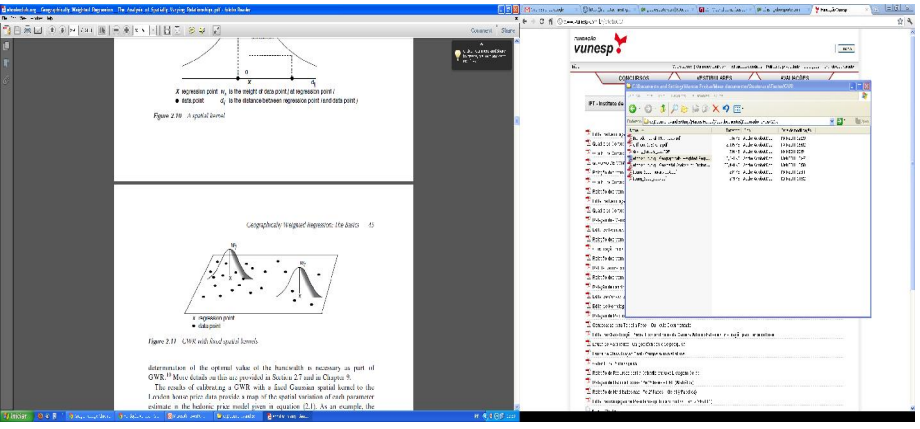
Regressão espacial global

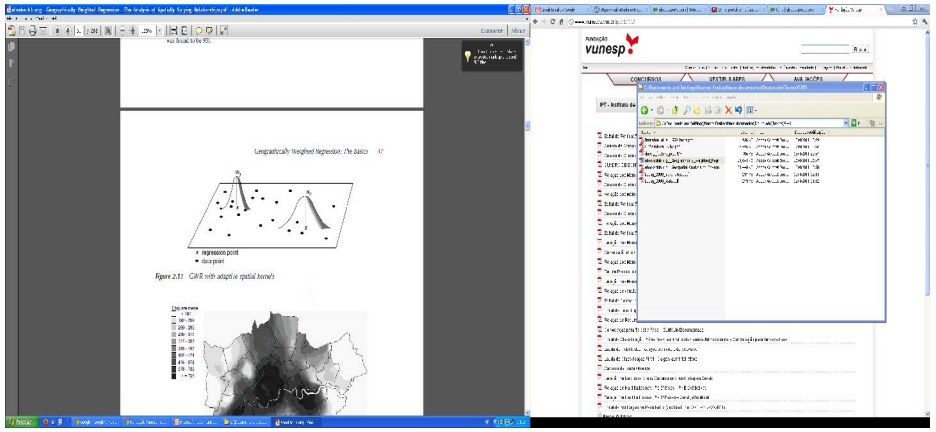
- Buscam tratar a questão da dependência espacial (autocorrelação espacial) com uma abordagem global através da inserção de parâmetros na regressão linear simples

- Pressuposto básico: homogeneidade ou estacionariedade espacial, sem a presença de agrupamentos e hot-spots

Regressão geograficamente ponderada (GWR)

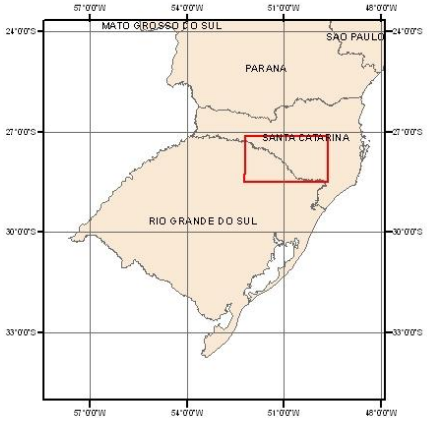
- Método de regressão espacial local com o pressuposto de que o espaço é heterogêneo ou não-estacionário e a relação entre as variáveis dependentes e independentes assume padrões mais ou menos regionalizados
- Realiza uma regressão local para cada unidade de análise levando em conta os vizinhos com base num kernel fixo ou adaptativo





Estudo de caso

- Aplicação em estudo a respeito das mudanças de uso e cobertura da terra no Alto Uruguai (RS-SC) entre os anos de 2002 e 2008



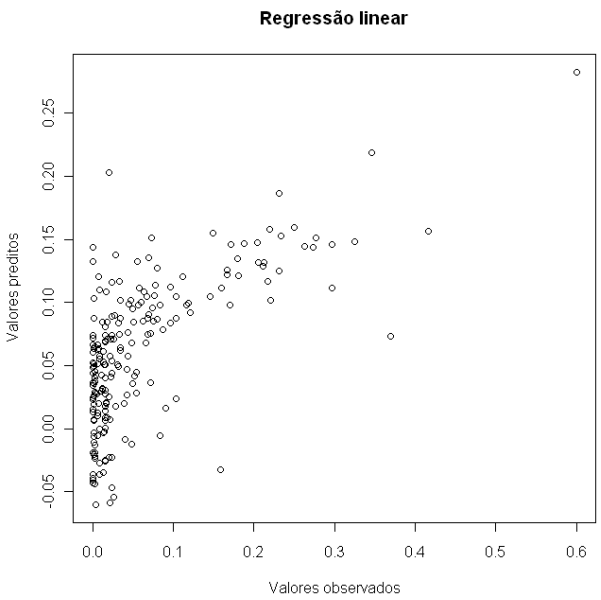
Variáveis

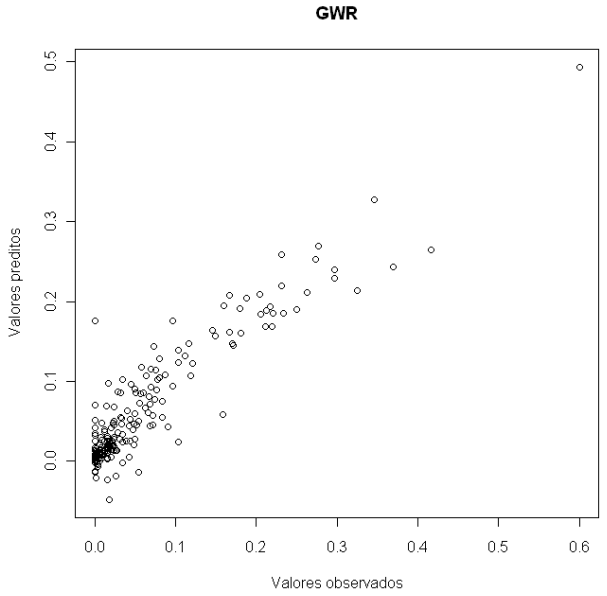
- Variável dependente: processo de intensificação
- Variáveis independentes:
  - Declividade
  - Densidade de bordas das manchas de cobertura
  - Índice de retalhamento (*splitting index*)
  - Densidade populacional
  - População economicamente ativa
  - Distâncias a estradas
  - Distâncias a rios

Resultados (ajuste dos modelos)

Regression model	R^2	AIC	DF	Residuals Moran's I
Global OLS	0.427	-514.93	201	0.15*
GWR	0.853	-752.47	144.35	-0.019

* p-value ≤ 0.001, $\alpha = 0.05$



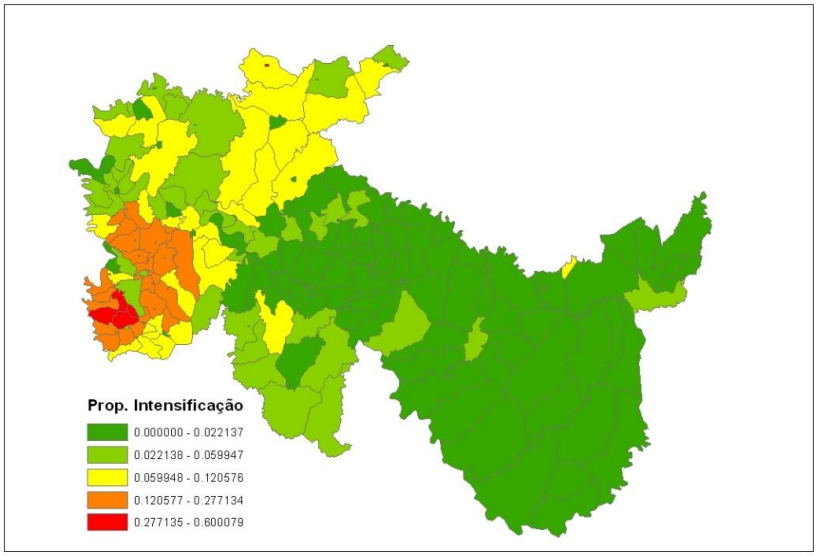


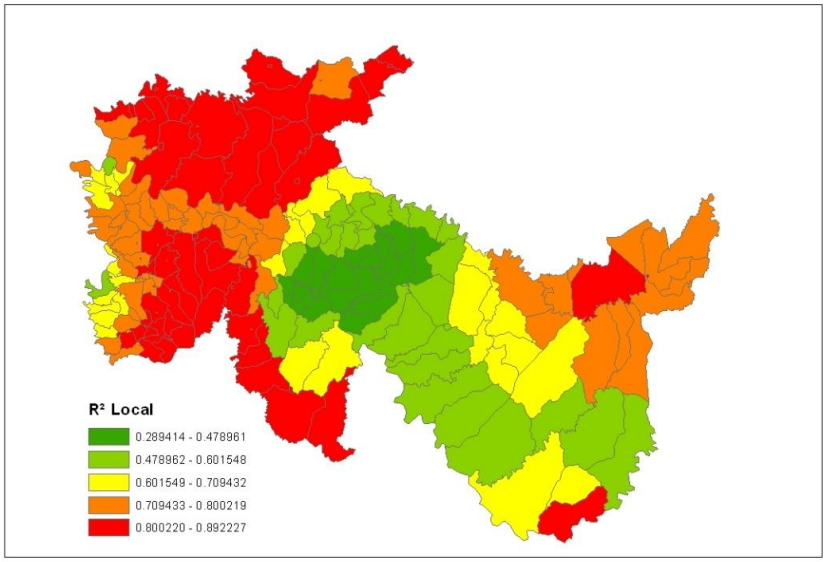
Parâmetros dos modelos

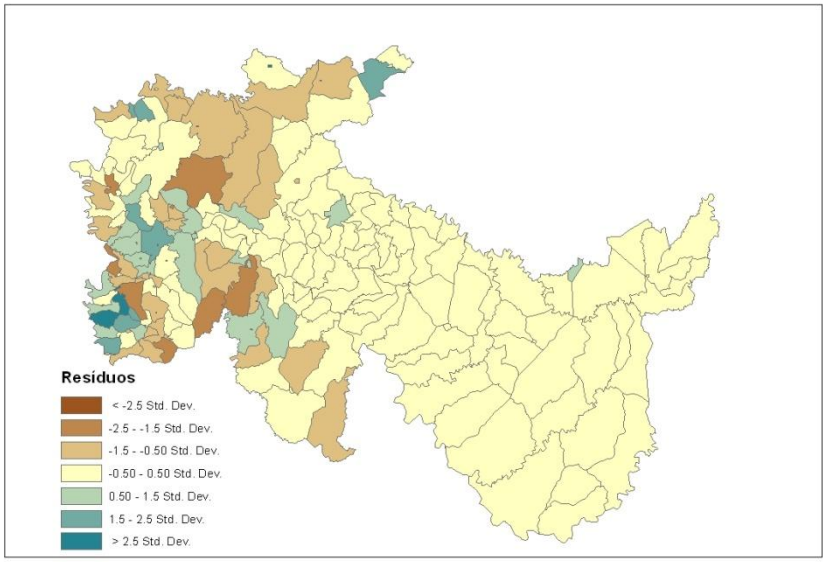
Parameter	Intensification	
	OLS	GWRmediana
Intercept	0.101	0.1
DEC_MED	-3.60E-03	-6.70E-03
ED	-1.10E-03	-4.10E-04
SPLIT	-1.00E-04	-6.7e-5
DENS_POP	-1.00E-04	-9.50E-05
POP_15_64	3.40E-03	2.10E-03
DIST_ROD	0	-3.60E-05
DIST_RIOS	-4.00E-04	-5.50E-04

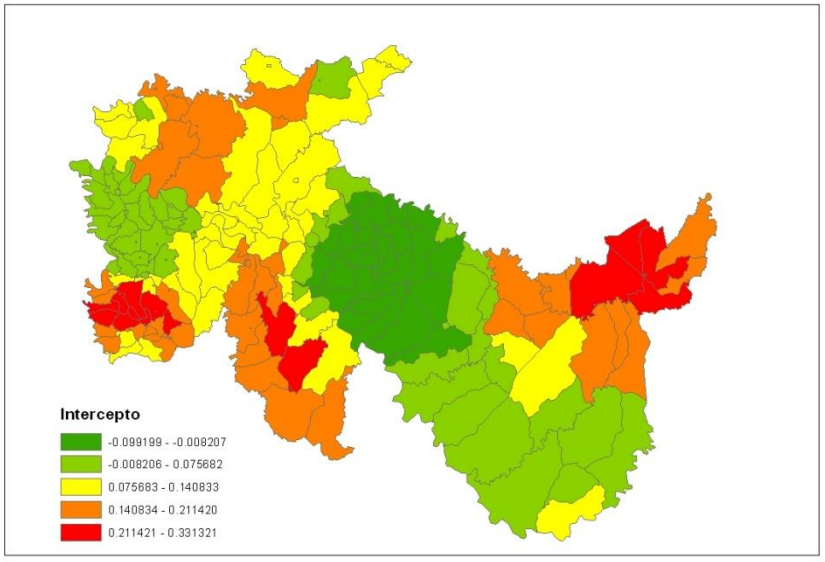
$\alpha = 0.001$

Mapeamentos de diagnóstico do modelo

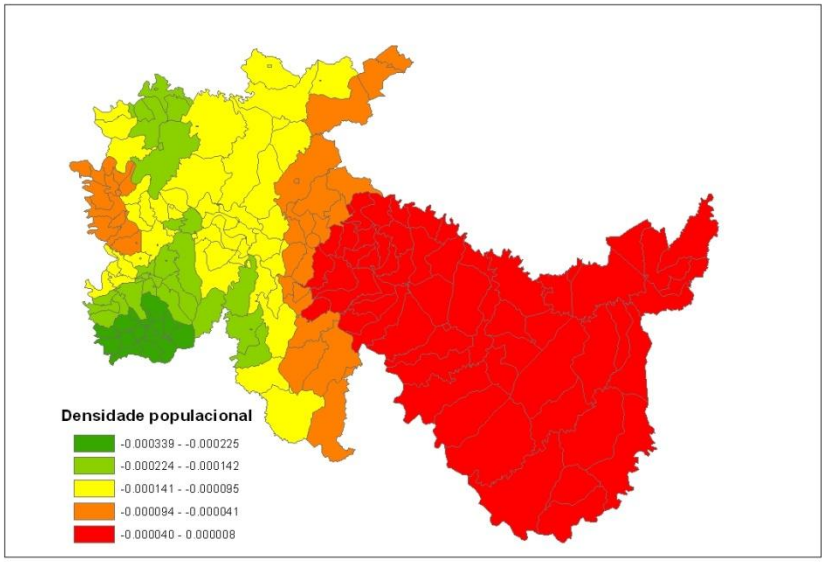


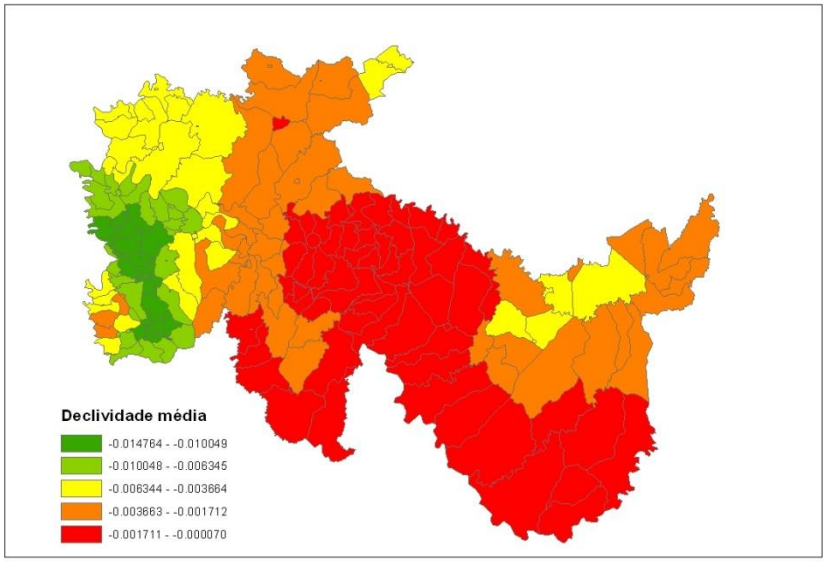


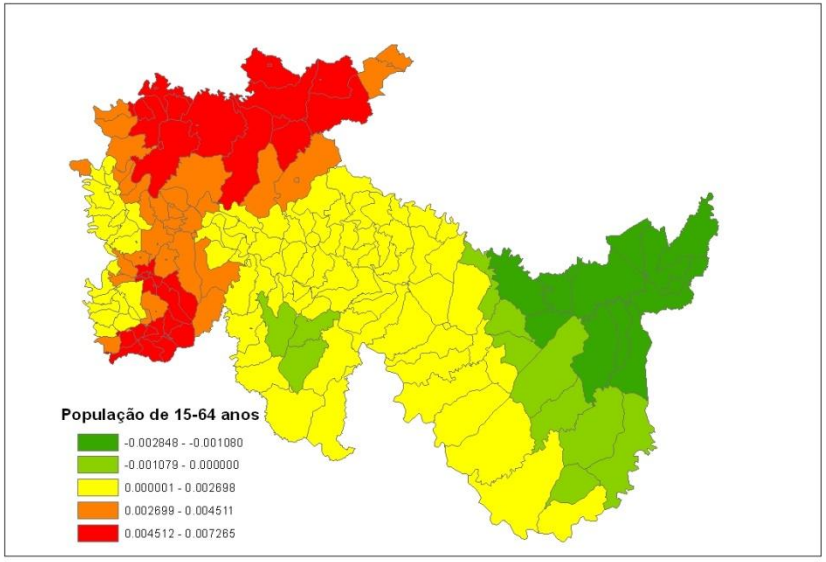


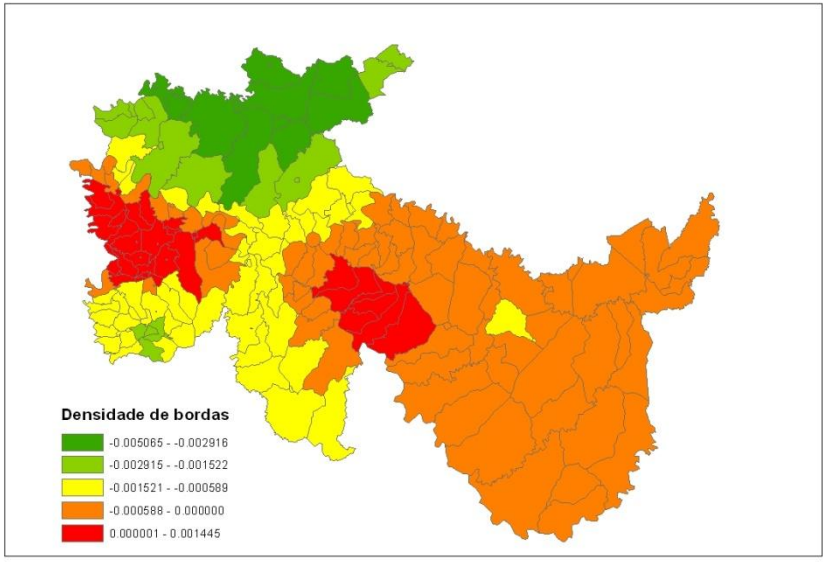


Mapeamentos dos parâmetros (1)

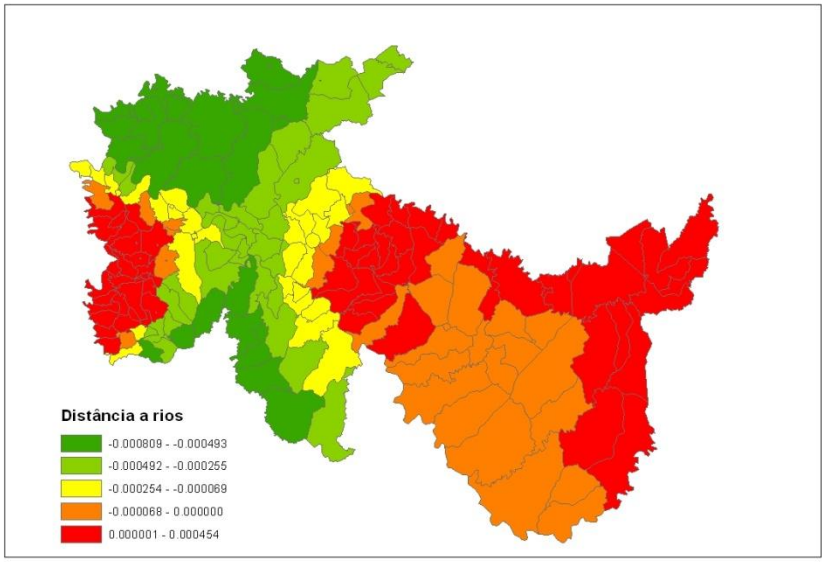


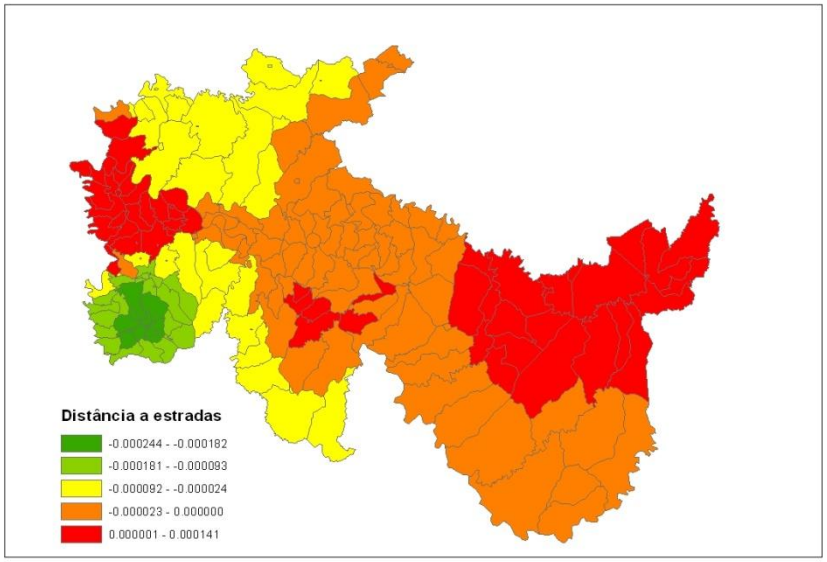


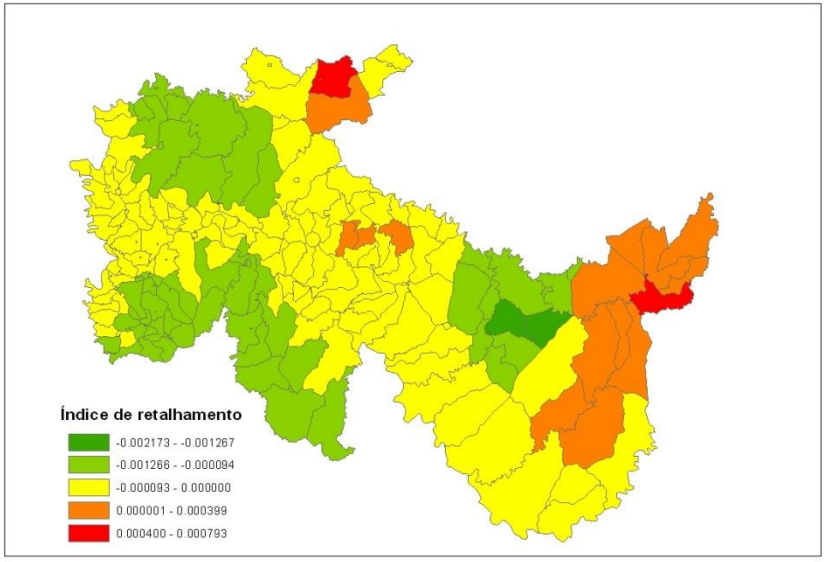




Mapeamentos dos parâmetros (2)



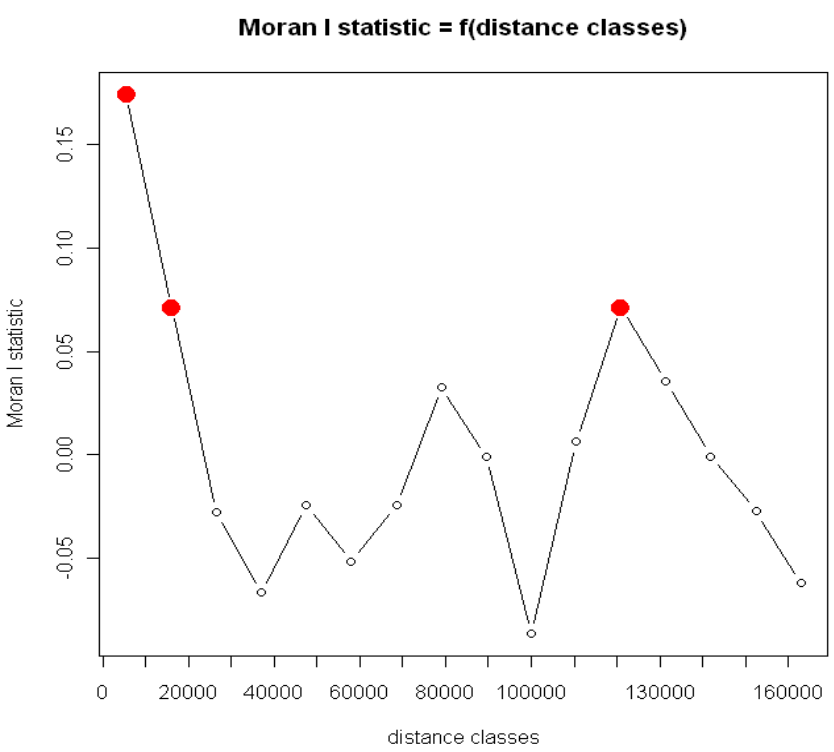




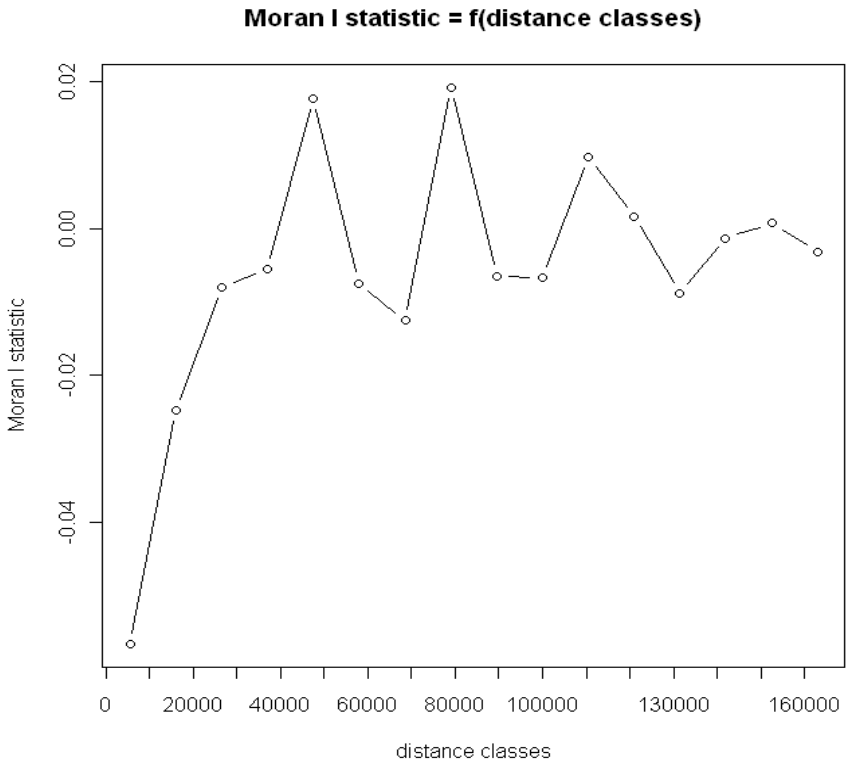
Testes (autocorrelação espacial)

- Correlogramas (Moran's I)

Regressão linear



GWR



$\alpha = 0.05$

Testes (não-estacionaridade espacial)

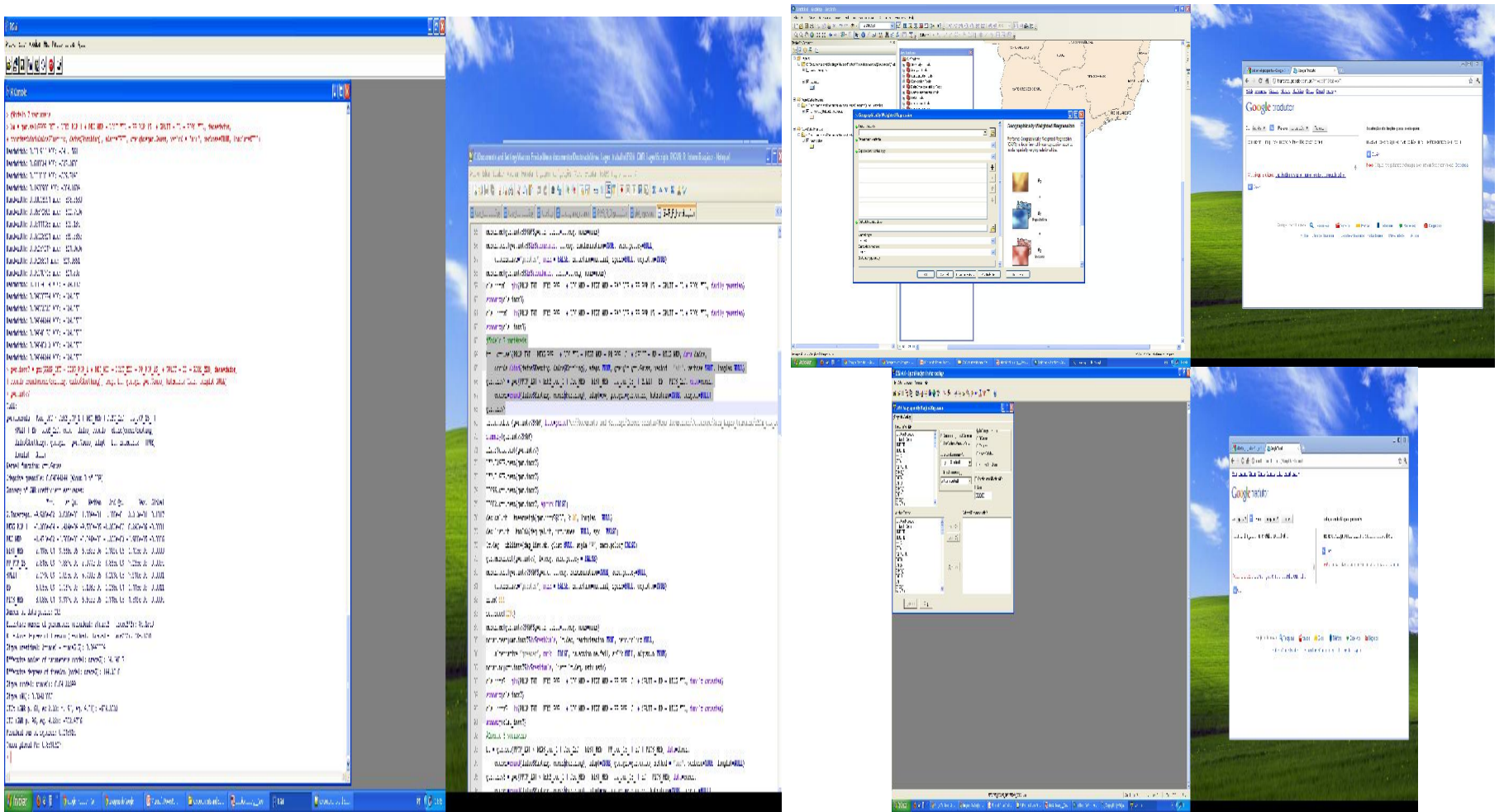
Leung et al. (2000) F(3) test

	F statistic	Numerator	d.f.	Denominator d.f.	Pr(>)	
(Intercept)	0.839252	32.121800	151.55	0.7136		DENS_POP
5.536674	27.648018	151.55	1.804e-12	***		DEC_MED
3.305809	58.014755	151.55	2.375e-09	***		DIST_MED
6.965223	34.589945	151.55	< 2.2e-16	***		PR_POP_15
2.584856	48.293848	151.55	5.958e-06	***		SPLIT
0.030516	2.895351	151.55	0.9917			ED
5.096762	42.443768	151.55	5.018e-14	***		RIOS_MED
2.748292	59.785372	151.55	3.412e-07	***		

Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Onde posso rodar modelos GWR?

- R (pacote spgwr), ArcGIS 9.3/10 e SAM 4.0



Conclusões

- O método GWR permite a realização de estudos de fenômenos com diferentes níveis de heterogeneidade espacial
- Mapeamentos de diagnóstico e dos parâmetros permitem novas interpretações e *insights* de padrões espaciais
- Podem ser (e são cada vez mais...) utilizados em pesquisas das mais diversas áreas científicas, porém apresenta também potencialidade para uso pelo setor privado e governamental em estudos com modelos para a tomada de decisões