



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**Curso: Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto**

**Disciplina: Análise Espacial de Dados Geográficos (SER-301)**

**Professores Responsáveis: Dr. Eduardo G. Camargo e Dr. Antônio Miguel Vieira Monteiro**

**USO DE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL E SÉRIES  
TEMPORAIS DE IMAGENS LANDSAT PARA  
MONITORAMENTO A LONGO PRAZO DA  
RETRAÇÃO E EXPANSÃO DA ÁGUA DE  
SUPERFÍCIE NO RESERVATÓRIO GUANTING,  
CHINA (LI et al. 2019)**

**Thiago Bazzan**

**E-mail: [thiago.bazzan@inpe.br](mailto:thiago.bazzan@inpe.br)**

**São José dos Campos, 2019**

# 1. INTRODUÇÃO

## ***Dados de sensoriamento remoto***

- ❑ Detecção e monitoramento das águas superficiais a longo prazo aplicando MNDWI (*Modified Normalized Difference Water Index*) em imagens de satélites.

## ***Métricas de paisagem***

- ❑ Quantificação padrões de composição e configuração dos tipos de uso e cobertura da terra. Pode ser aplicado a água.

## ***Autocorrelação espacial***

- ❑ Índice Global de Moran:
  - Padrões de agrupamento de dados e tendências espaciais.

# 1. INTRODUÇÃO



## ***Objetivo:***

- Investigar se o índice Global de Moran (I) pode fornecer uma retrospectiva geral da dinâmica dos padrões de águas superficiais no processo de retração e expansão da água no reservatório de Guanting entre 1985 e 2018, comparando seu desempenho com as métricas da paisagem.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

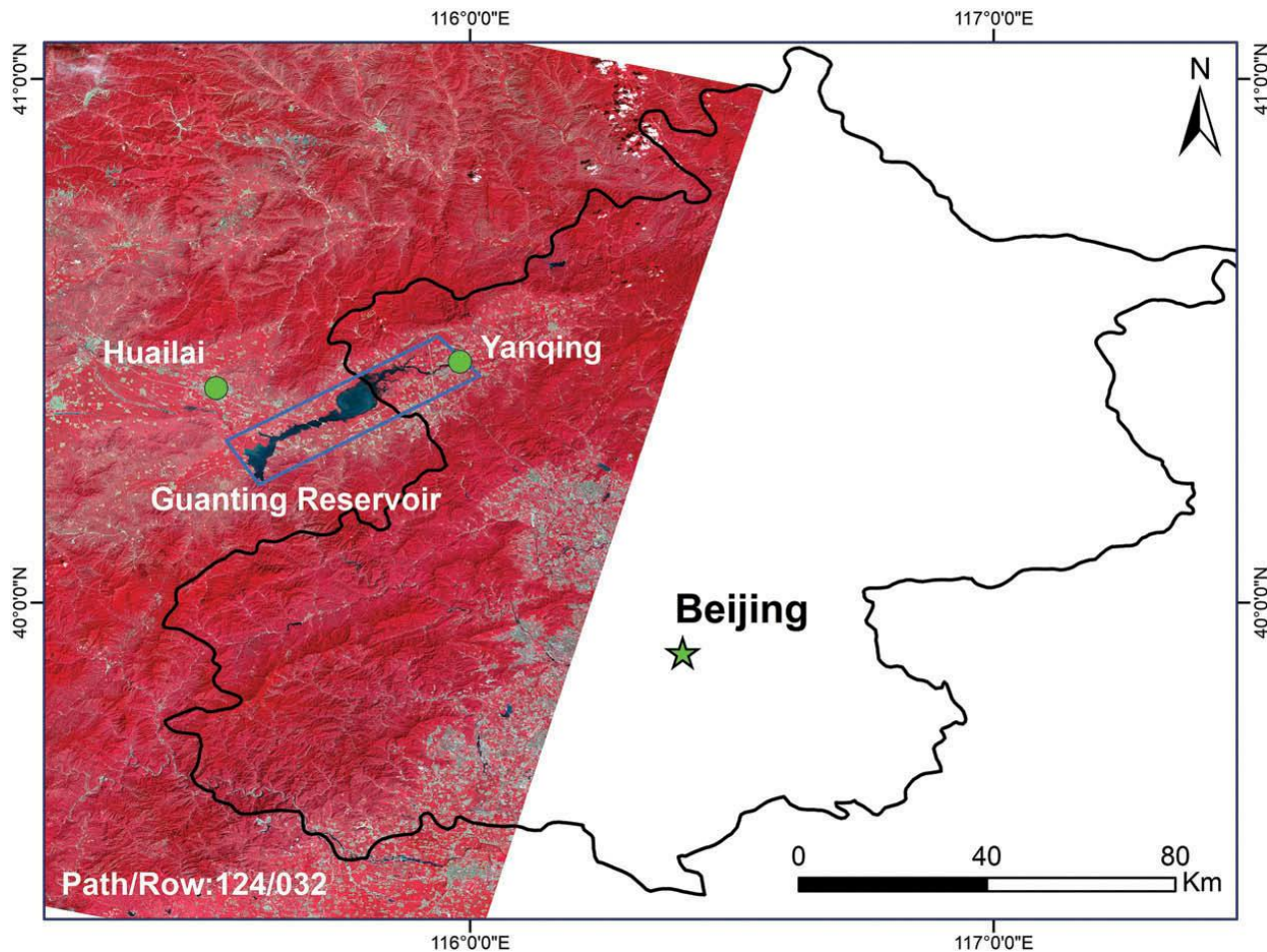


Figura 1. Localização geográfica do reservatório\* de Guanting.

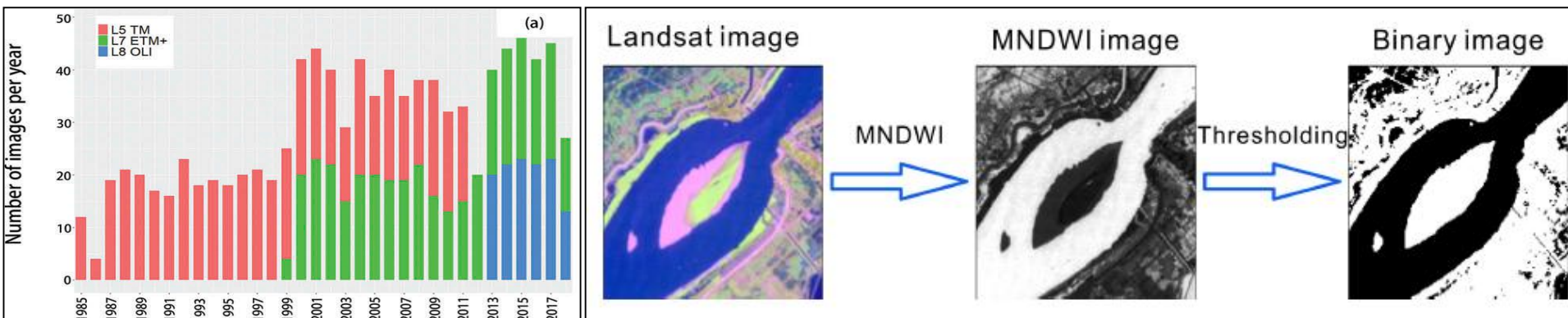
\*As análises estatísticas foram realizadas na área correspondente ao retângulo azul.

# 3. MATERIAIS E MÉTODOS

## 3.1 Composições MNDWI anuais

- ❑ Aplicação de MNDWI em cada imagem de 1985 a 2018 para produzir a série temporal anual.

- ❑ 
$$MNDWI = \frac{\text{Green} - SWIR1}{\text{Green} + SWIR1}$$



## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.2 Índice de autocorrelação espacial

- ❑ Índice Global de Moran: calculado no pacote raster em R.
- ❑ Valor de autocorrelação espacial por ano. Varia de -1 a 1.

❑ Equação: 
$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \right) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (i \neq j)$$

**n** é o número de localizações em cada uma das composições MNDWI anuais;

**$x_i$  e  $x_j$**  representam os valores de MNDWI na posição i e j, respectivamente;

**$\bar{x}$**  é o valor médio do MNDWI em todas as áreas;

**$w_{ij}$**  representa a proximidade espacial entre as áreas i e j.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.3 Métricas de paisagem

- Descrevem o alongamento, a fragmentação e a complexidade da paisagem aquática versus não aquática.
- Calculadas no software Fragstats 4.2.

**Table 1.** Landscape metrics used in this study.

Metric (Abbreviation)	Description	Units	Range
Percentage ( <b>PLAND</b> )	Proportional abundance of water patches in study area	%	(0, 100)
Edge density ( <b>ED</b> )	Total length of patch edges in study area, per hectare	m ha <sup>-1</sup>	≥0
Area-weighted mean related circumscribing circle ( <b>CIRCLE_AM</b> )	Assessing shape based on the ratio of patch area to the area of the smallest circumscribing circle, for each patch in study area.	No unit	(0, 1)
Landscape division index ( <b>DIVISION</b> )	Probability that two randomly chosen pixels in study area are not situated in the same patch	Proposition	(0, 1)

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### **3.4 Análise estatística e comparativa**

Normalização das métricas da paisagem e do Índice Global de Moran do MNDWI:

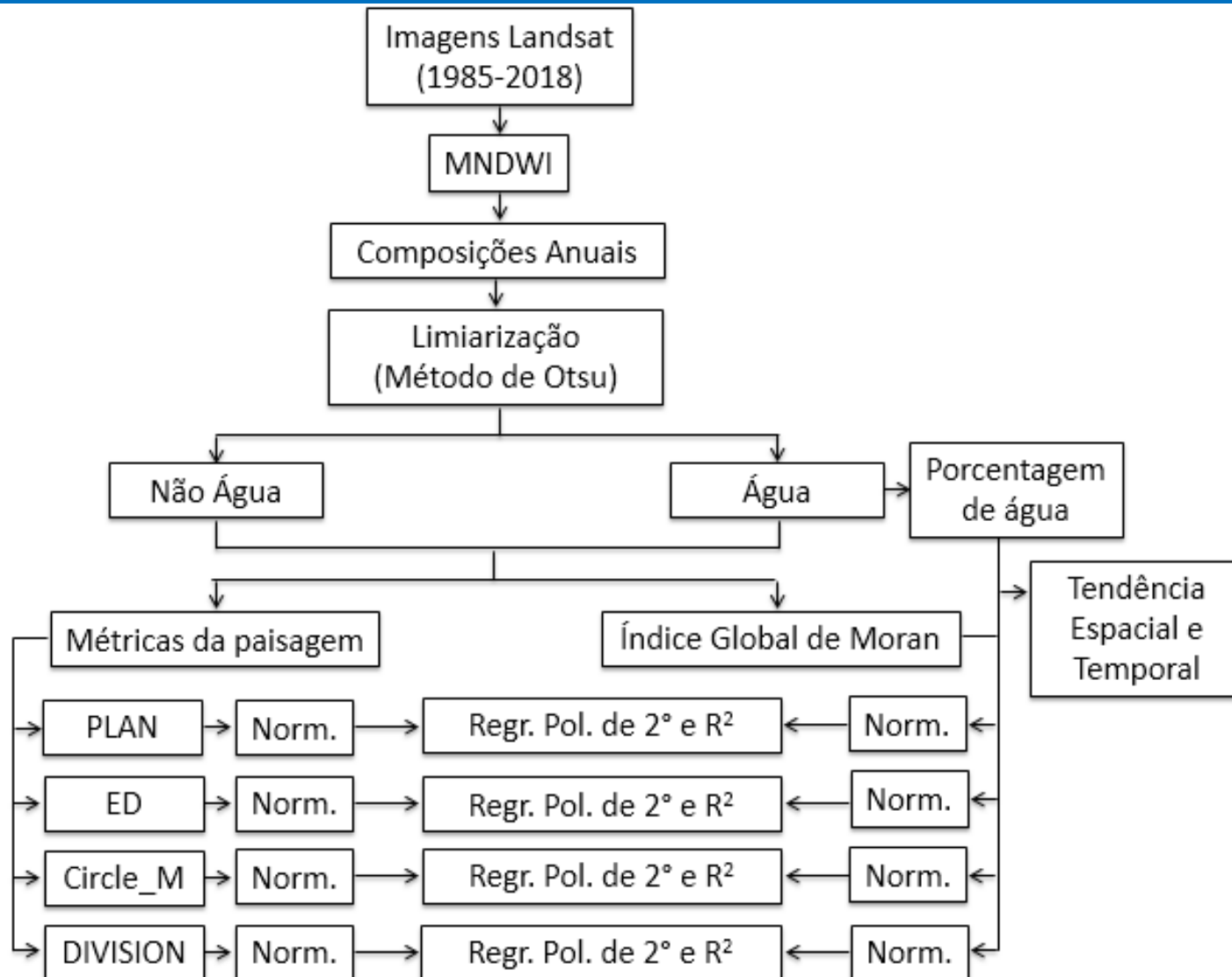
- ❑ Método min-max para garantir que os valores variem de 0 a 1.

Relações estatísticas entre as métricas da paisagem e do Índice Global de Moran do MNDWI:

- ❑ Regressão polinomial de segundo grau e coeficiente de determinação ( $R^2$ ).



### 3. MATERIAIS E MÉTODOS



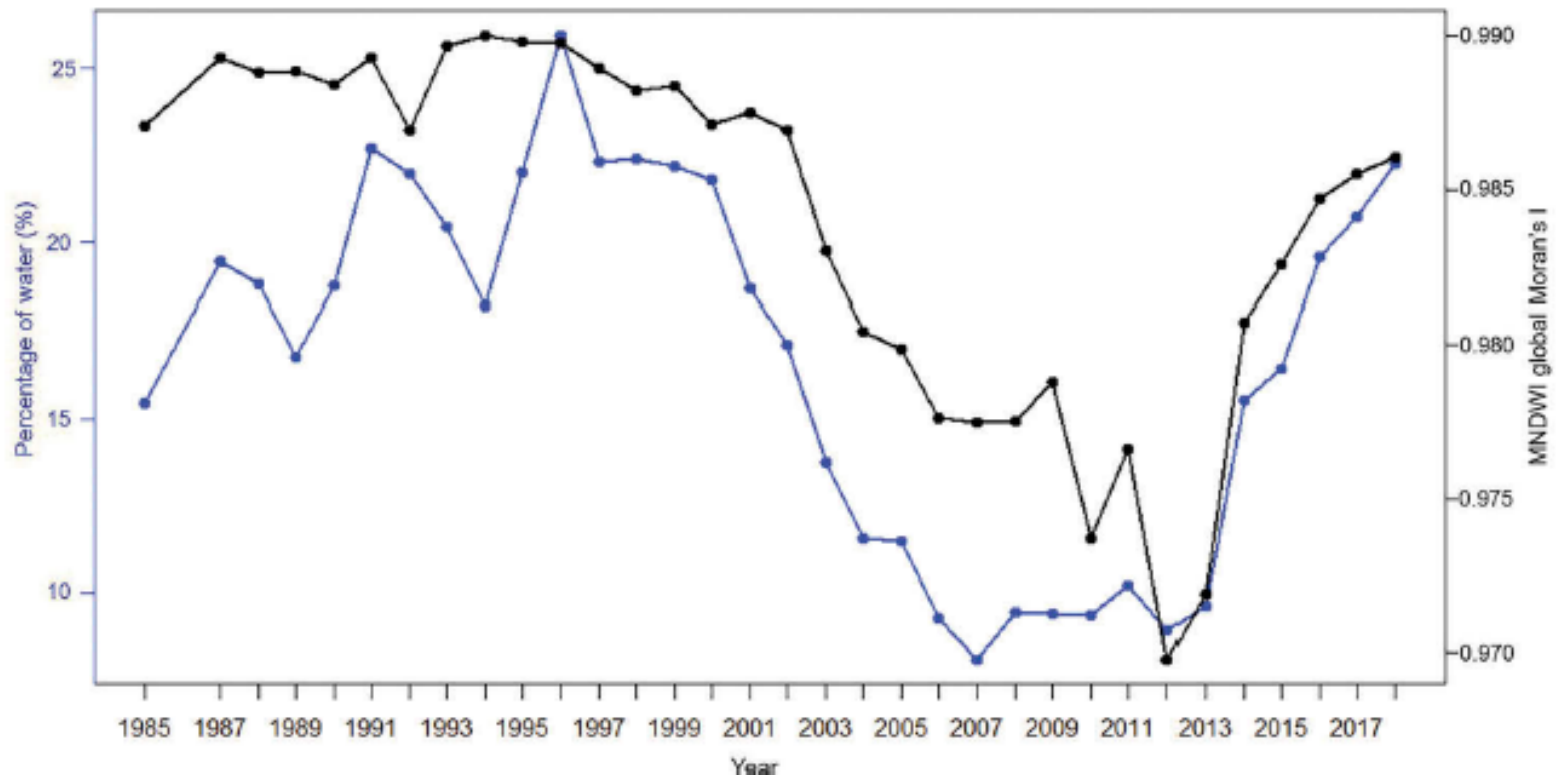
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Relação entre Índice Global de Moran do MNDWI e métricas da paisagem:

- ❑ Valores do Índice Global de Moran próximos de 1.
- ❑ As águas mantiveram padrões de *cluster* (agrupamento) durante todo o período do estudo.
- ❑ A variação total do Índice Global de Moran no MNDWI foi semelhante com a tendência de porcentagem da água.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Variação temporal da porcentagem de água (linha azul) e dos valores do Índice Global de Moran do MNDWI (linha preta).

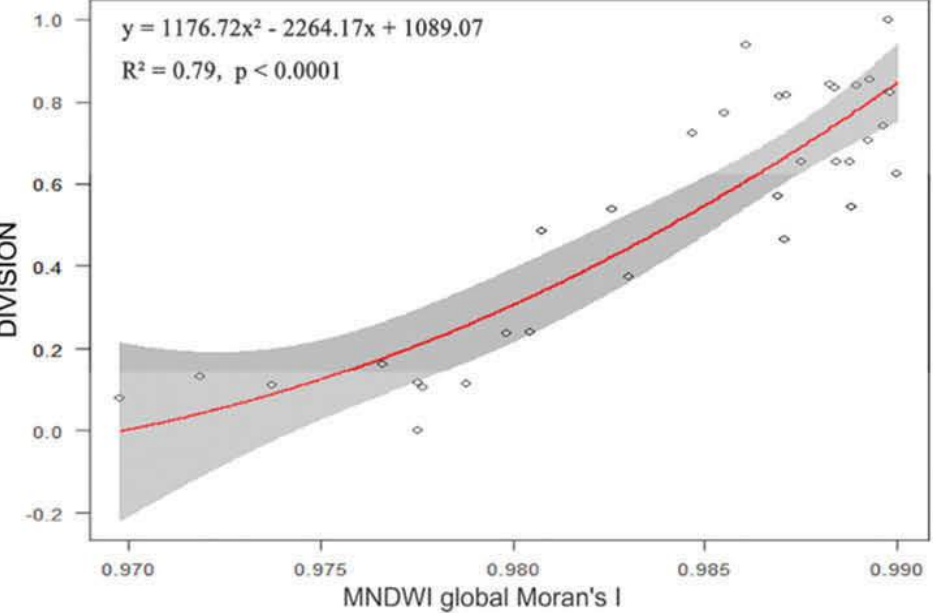
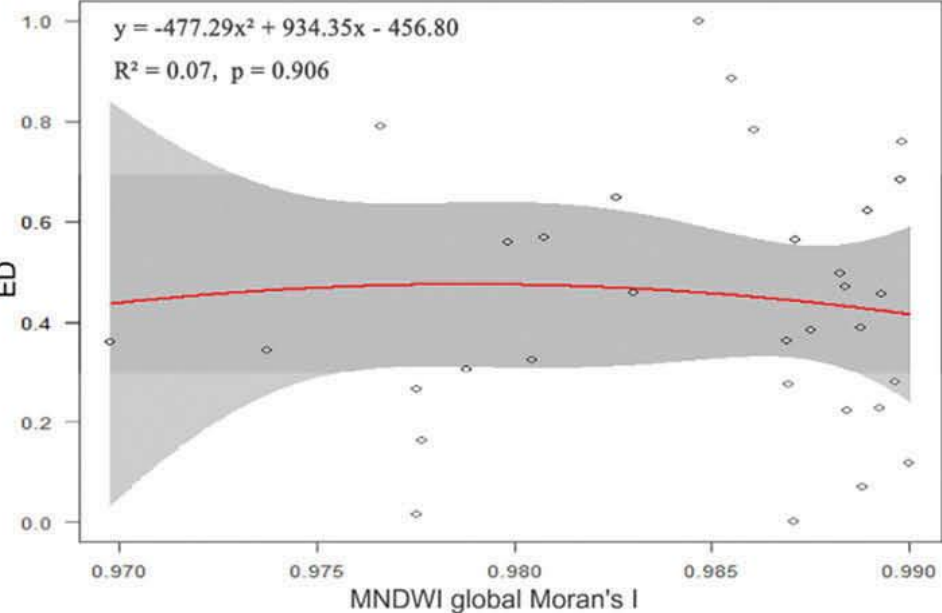
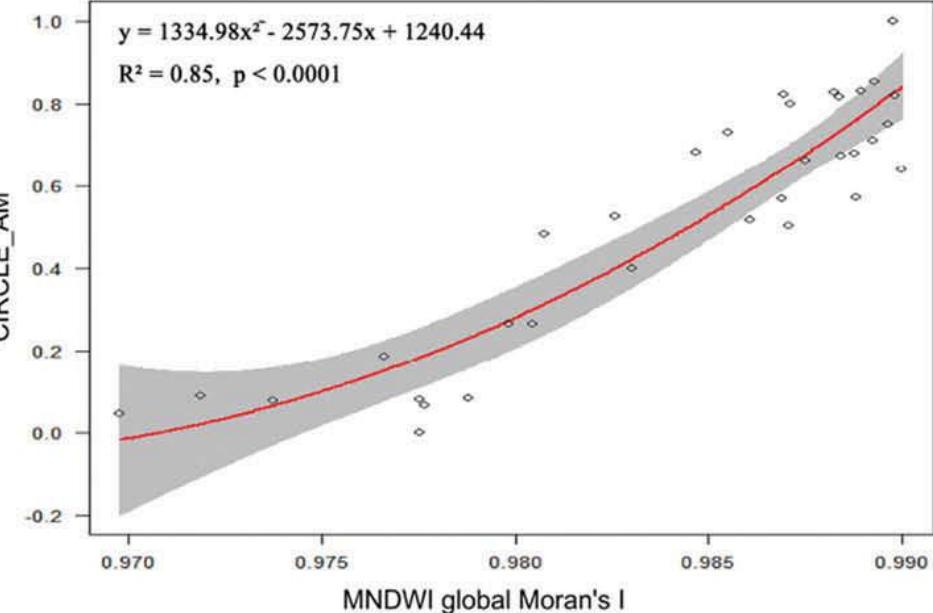
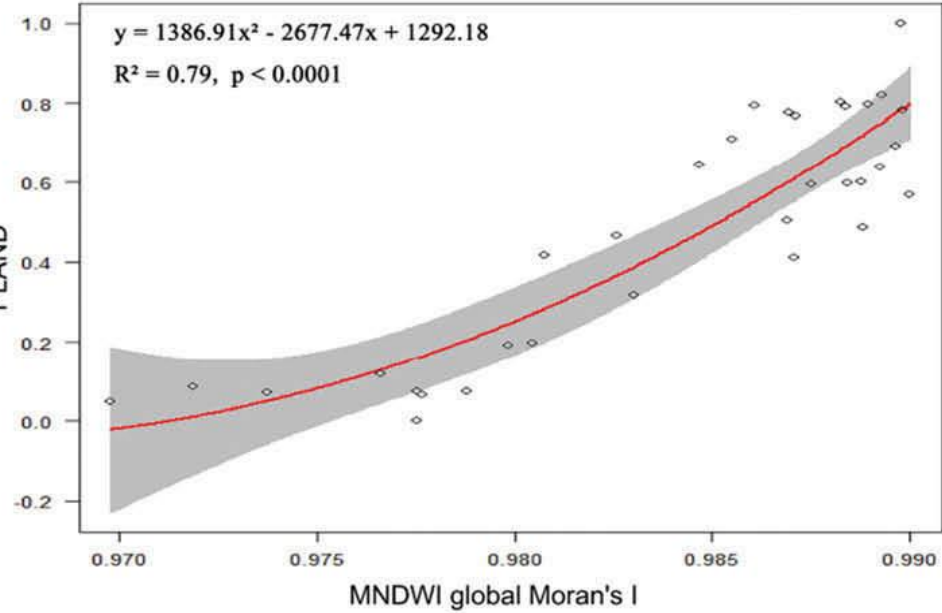


## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variações nas métricas da paisagem em função do Índice Global de Moran no MNDWI:

- Relação muito significativa (p-valor  $<0,001$ ) com PLAND (0,79), CIRCLE\_AM (0,85) e DIVISION (0,79).
  - Explica que o Índice Global de Moran do MNDWI é sensível às mudanças na área, alongamento e fragmentação das águas superficiais do reservatórios.
  
- A ED não teve uma relação significativa (p-valor = 0,906) com o Índice Global de Moran do MNDWI.
  - Isso significa que o Índice Global de Moran não pode representar a complexidade da borda da paisagem aquática e não aquática.

# □ Comparação entre os resultados das métricas de paisagem e do Índice Global de Moran.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### **4.2 Limitações e considerações adicionais:**

- ❑ Foi considerado apenas o Índice Global de Moran.
- ❑ Considerar outros índices de autocorrelação espacial.
- ❑ Resultados significativos em reservatório (padrão simples).
- ❑ Áreas úmidas naturais (padrão complexo e diversificado).
- ❑ Limitação da método para larga escala (peso espacial em para cada local).

## 5. CONCLUSÕES

- ❑ Amplitude do índice global de Moran não mudou muito durante todo o período do estudo.
- ❑ Pôde avaliar com sucesso a variabilidade da área, o alongamento e a fragmentação da água superficial.
- ❑ A metodologia pode ser aplicada nas áreas em que a extração de água superficial é difícil e os padrões dinâmicos da água são complexos (áreas úmidas).

# REFERÊNCIAS

- ❑ Wang, Z.; Li, H.; Cai, X. Remotely sensed analysis of channel bar morphodynamics in the middle Yangtze River in response to a major monsoon flood in 2002. **Remote Sens.** 2018, 10(8), 1165; <https://doi.org/10.3390/rs10081165>
- ❑ Zhichao Li, Yujie Feng, Helen Gurgel, Lei Xu, Nadine Dessay & Peng Gong (2019). Use of spatial autocorrelation and time series Landsat images for long-term monitoring of surface water shrinkage and expansion in Guanting Reservoir, China, **Remote Sensing Letters**, 10:12, 1192-1200, DOI: 10.1080/2150704X.2019.1671634