

# **Perfil da Qualidade da Água por meio dos Parâmetros Físicos-Químicos-Biológicos no Estado do Paraná**

---

Gabriel Sartori Klostermann

21 de junho de 2018

Orientador: Professor Phd. Paulo Justiniano Ribeiro Junior

# Roteiro

1. Contextualização
2. Monitoramento da Água
3. Objetivos
4. Validação Dados
5. Contribuição IQA
6. Qualidade da Água ao Longo do Tempo por Bacia
7. Similaridades e Diferenças por Bacias
8. Autodepuração do Rio
9. Considerações Finais

## Contextualização

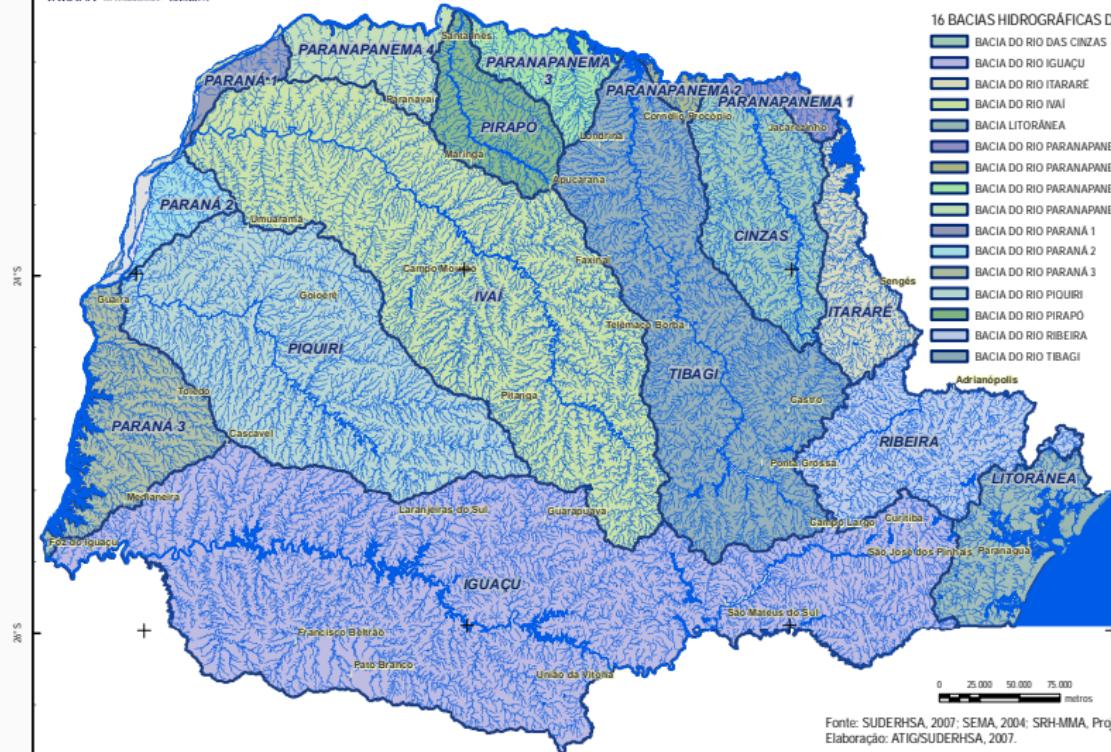
---

## ELEMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA



Fonte: Google imagens adaptado

## BACIAS HIDROGRÁFICAS DO PARANÁ



Fonte: SUDERHSA, 2007; SEMA, 2004; SRH-MMA, Projeto Guarani 2006.  
Elaboração: ATIG/SUDERHSA, 2007.

## Legislação

- Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei N° 9.433/1997

# Legislação

- ▶ Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei N° 9.433/1997

## Comitês de Bacias Hidrográficas

- ▶ Aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia
  - ▶ Metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade
  - ▶ Prioridades para outorga de direito de uso de recursos hídricos
  - ▶ Diretrizes e critérios gerais para cobrança
  - ▶ Condições de operação de reservatórios, visando a garantir os usos múltiplos
  - ▶ Definir enquadramento de rio

# Legislação

- ▶ Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei N° 9.433/1997

## Comitês de Bacias Hidrográficas

- ▶ Aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia
  - ▶ Metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade
  - ▶ Prioridades para outorga de direito de uso de recursos hídricos
  - ▶ Diretrizes e critérios gerais para cobrança
  - ▶ Condições de operação de reservatórios, visando a garantir os usos múltiplos
  - ▶ Definir enquadramento de rio

## Enquadramento

- ▶ assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas
- ▶ diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes

# Enquadramento

USOS DAS ÁGUAS DOCES	ESPECIAL	CLASSES DE ENQUADRAMENTO			
		1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral			
Proteção das comunidades aquáticas			Classe mandatória em Terras Indígenas		
Recreação de contato primário					
Aquicultura					
Abastecimento para consumo humano		Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado
Recreação de contato secundário					
Pesca					
Irrigação			Hortaliças consumidas crus e frutas que se desenvolvem rente ao solo e que sejam ingeridas crus sem remoção de pelúcia	Hortaliças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras
Dessedentação de animais					
Navegação					
Harmonia paisagística					

Observação: As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água.



© William R. Schepis/Instituto EcoFaxina

# **Monitoramento da Água**

---

Paraná

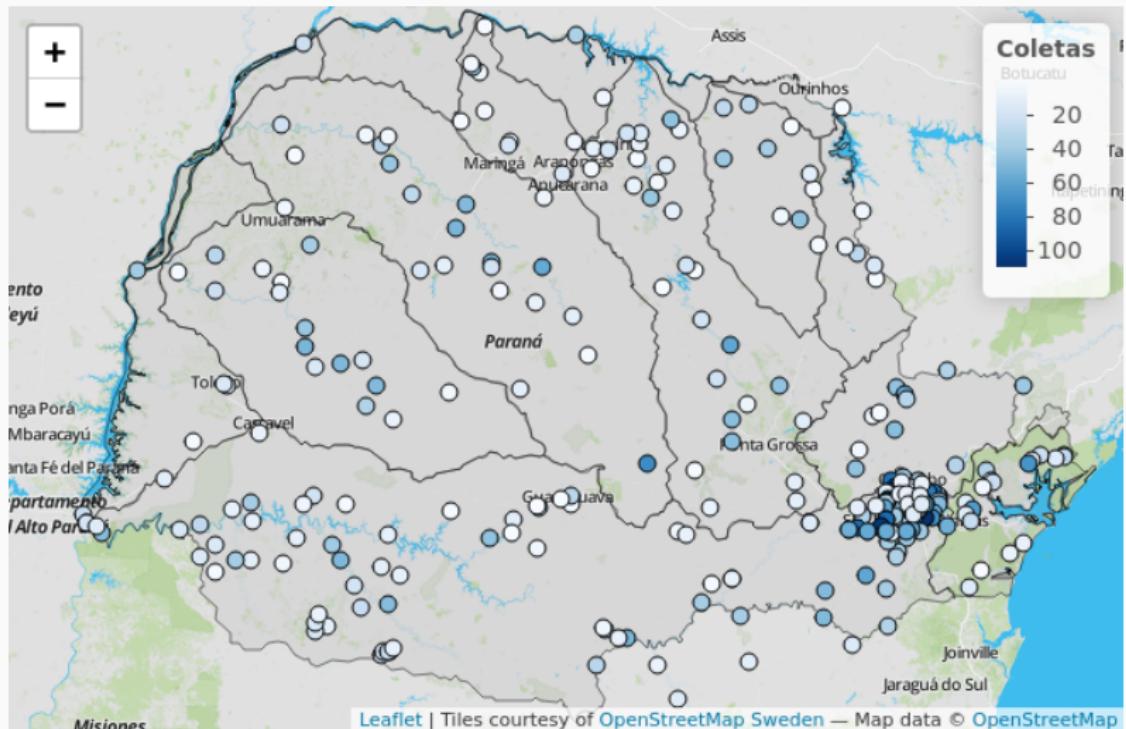


**AGUASPARANÁ**  
Instituto das Águas do Paraná

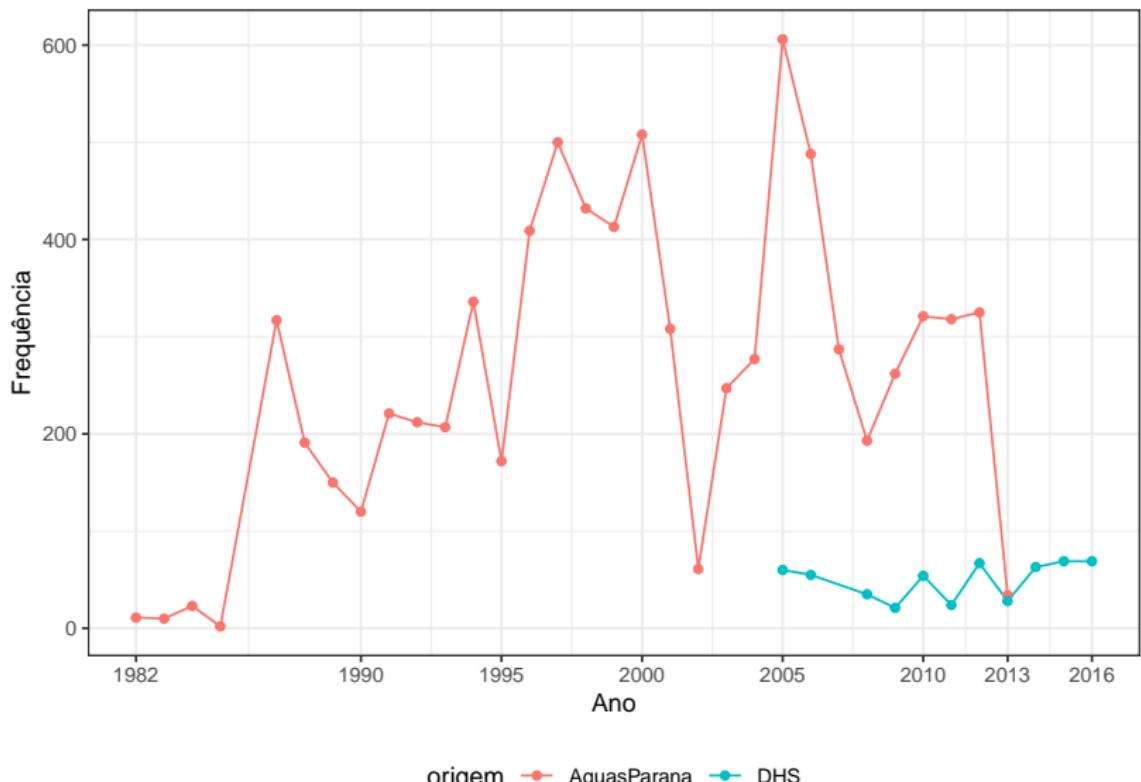
# Grupo Integra - DHS/UFPR



# Mapa do Monitoramento



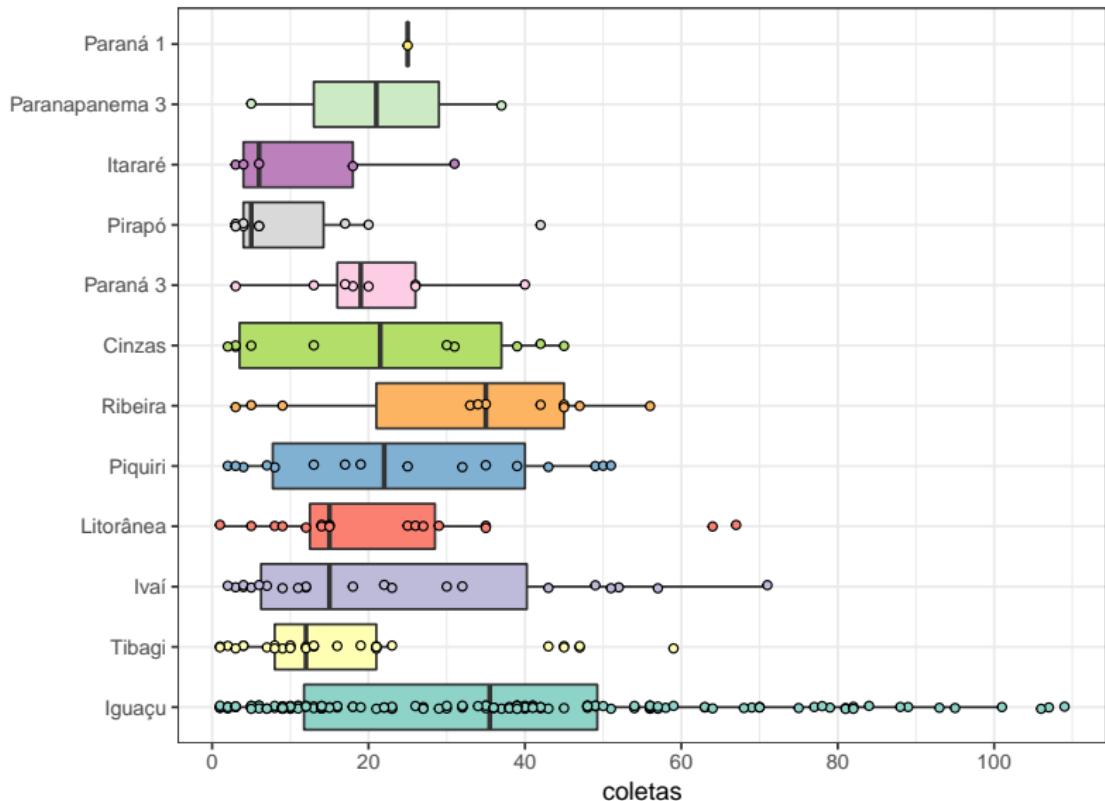
# Coletas ao Longo dos Anos



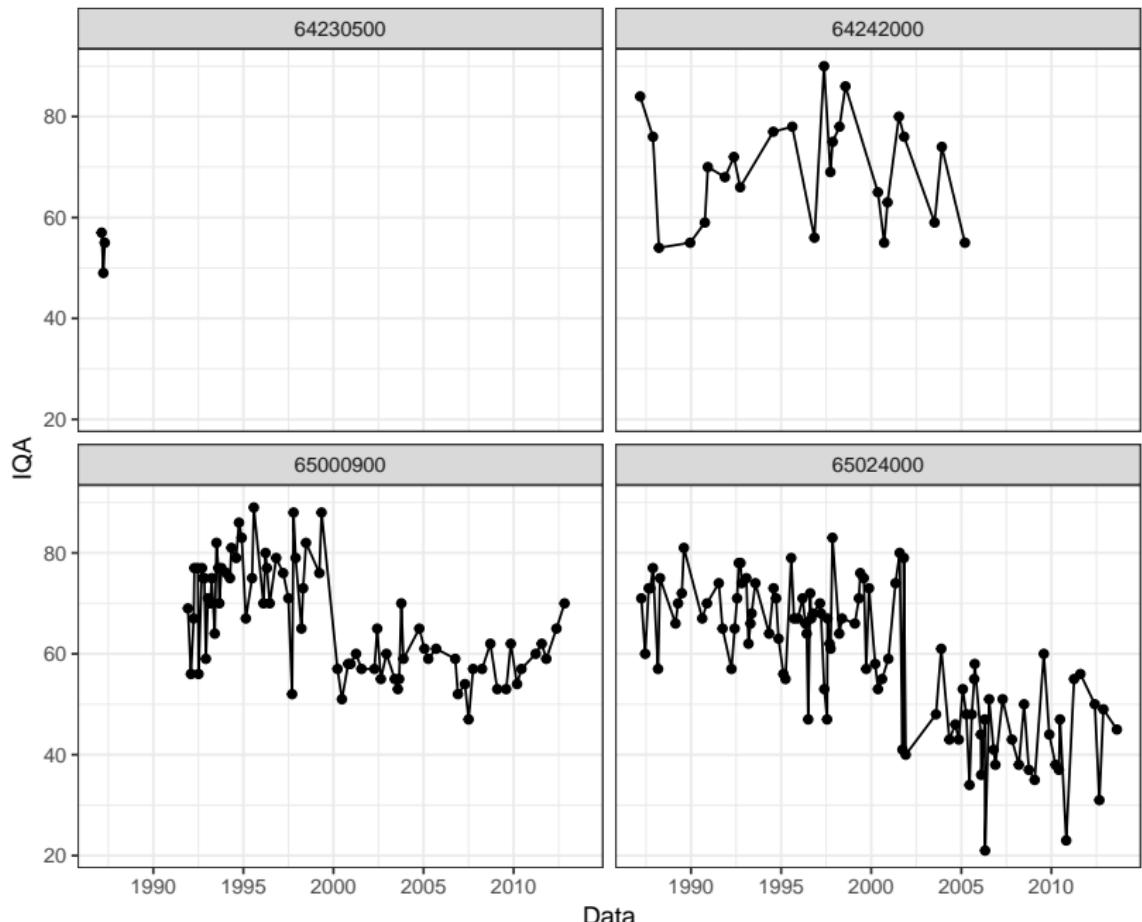
**Tabela 1:** Tabela Resumo das Coletas

Bacia	Coletas	Estações	Municípios	Rios	Ano Recente
Iguaçu	5666	160	56	76	2016
Tibagi	534	29	18	17	2013
Ivaí	523	22	19	16	2013
Litorânea	416	18	6	14	2013
Piquiri	397	16	13	8	2013
Ribeira	354	11	7	7	2013
Cinzas	213	10	10	6	2012
Paraná 3	163	8	5	4	2012
Pirapó	109	10	9	4	2012
Itararé	62	5	3	4	2012
Paranapanema 3	42	2	2	2	2007
Paraná 1	25	1	1	1	2000
Paranapanema 1	2	1	1	1	1984

# Coletas Por Bacia Hidrográfica



## Cenários Distintos de Monitoramento



**Tabela 2:** Parâmetros da Água e das condições da coleta

Variáveis	Unidade de Medida	Amplitude
OD	mg/L	[0 - 9.2]
CF	NMP/100mL	[0 - $\infty$ )
pH		[0-14]
DBO	mg/L	[0 - $\infty$ )
NT	mg/L	[0 - $\infty$ )
FT	mg/L P	[0 - $\infty$ )
Turb	NTU	[0 - $\infty$ )
ST	mg/L	[0 - $\infty$ )
Temp	°C	[0 - $\infty$ )
CT	NMP/100mL	[0 - $\infty$ )
DQO	mg/L	[0 - $\infty$ )
Cond	$\mu$ /cm	[0 - $\infty$ )
NK	mg/L N	[0 - $\infty$ )
TA	°C	[0 - $\infty$ )
Vazões	m/s	[0 - $\infty$ )

IQA

# Índice de Qualidade da Água (IQA)

- ▶ Desenvolvido pela \*National Sanitation Foundation\* (NSF) em 1970 no Estados Unidos
- ▶ Adotado pela \*Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental\* CETESB, pela 1975

# Índice de Qualidade da Água (IQA)

- Desenvolvido pela \*National Sanitation Foundation\* (NSF) em 1970 no Estados Unidos
- Adotado pela \*Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental\* CETESB, pela 1975

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i} \quad (1)$$

- $*i*$  = 1, 2, 3, ..., 9;
- $q_i$  = função de transformação no  $*i*$ -ésimo parâmetro
- $w_i$  = peso relativo do  $*i*$ -ésimo parâmetro (em que  $\sum_{i=1}^9 w_i = 1$ ).
- Resultado um indicador de 0 a 100

## Equações IQA ( $q_i$ )

- ▶ Estudos e modelagem da qualidade da água de rios - Marcos Von Sperling

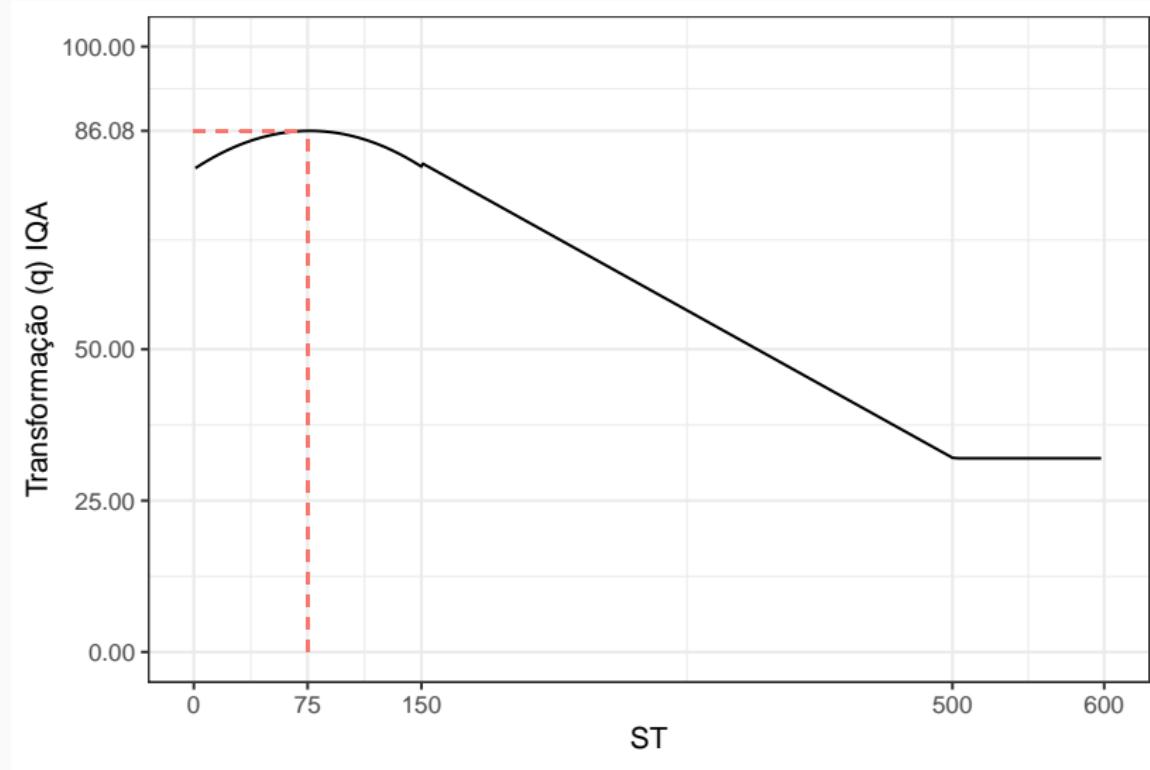
## Equações IQA ( $q_i$ )

- ▶ Estudos e modelagem da qualidade da água de rios - Marcos Von Sperling

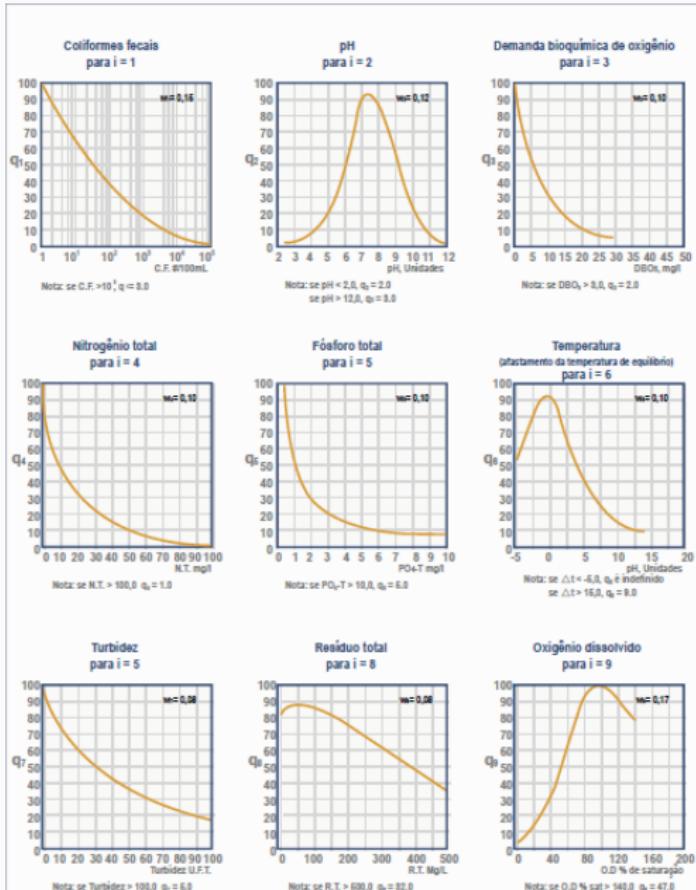
**Tabela 3:** Exemplo Equação ST

Limite Mínimo (>)	Limite Máximo ( $\leq$ )	Valor IQA
0	150	$79.75 + 0.166*ST - 0.001088*ST^2$
150	500	$101.67 - 0.13917 * ST$
500		32

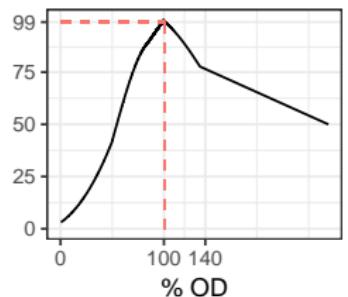
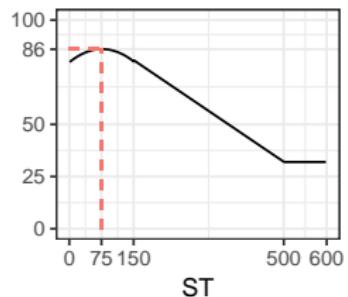
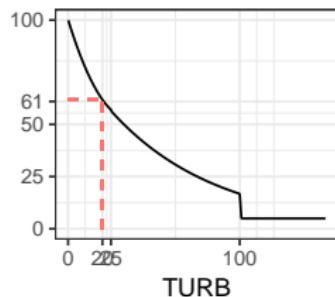
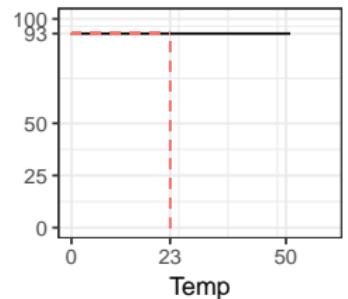
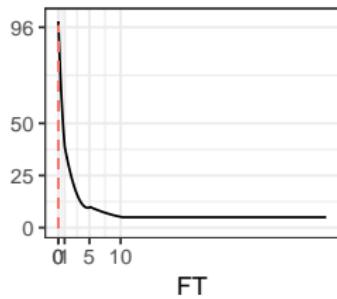
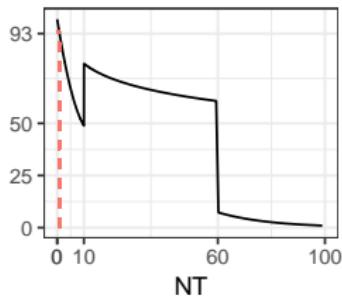
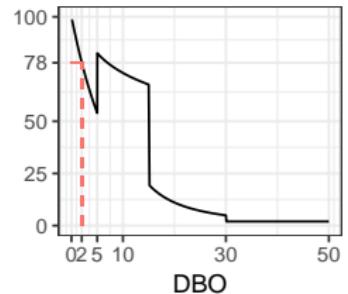
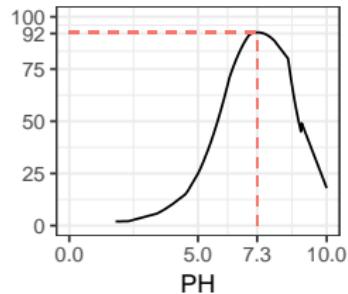
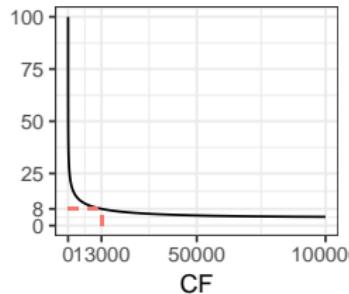
## Exemplo de Transformação



# Curvas Teóricas IQA



## Transformação IQA por Parâmetro



# Ponderação dos Parâmetros

**Tabela 4:** Parâmetros de Qualidade da Água e seus respectivos pesos (w)

Parâmetros de Qualidade da Água	Pesos
% Oxigênio dissolvido (OD)	0.17
Coliformes fecais (CF)	0.15
Potencial hidrogeniônico (pH)	0.12
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	0.1
Temperatura (Temp)	0.1
Nitrogênio total (NT)	0.1
Fósforo total (FT)	0.1
Turbidez (Turb)	0.08
Sólidos totais (ST)	0.08

Fonte: Portal da Qualidade das Águas e AGUASPARANA

# Calculando o IQA

**Tabela 5:** Exemplo Cálculo IQA

Parâmetro	Concentração	$q_i$	$W_i$	$q_i^{W_i}$
% OD	100	99.17	0.17	2.18
CF	13000	8.02	0.15	1.37
PH	7	92.52	0.12	1.72
DBO	2	78.12	0.10	1.55
NT	0.08	93.66	0.10	1.57
FT	0.03	96.40	0.10	1.58
Temp	23	94.00	0.10	1.58
Turb	20	61.87	0.08	1.39
ST	75	86.08	0.08	1.43

# Calculando o IQA

**Tabela 5:** Exemplo Cálculo IQA

Parâmetro	Concentração	$q_i$	$W_i$	$q_i^{W_i}$
% OD	100	99.17	0.17	2.18
CF	13000	8.02	0.15	1.37
PH	7	92.52	0.12	1.72
DBO	2	78.12	0.10	1.55
NT	0.08	93.66	0.10	1.57
FT	0.03	96.40	0.10	1.58
Temp	23	94.00	0.10	1.58
Turb	20	61.87	0.08	1.39
ST	75	86.08	0.08	1.43

```
prod(exe_iqa$ponderado)
```

```
## [1] 62
```

# Classificação IQA

**Tabela 6:** Relação entre o IQA e a avaliação da qualidade da água

IQA	Avaliação da Qualidade da Água
$90 < \text{IQA} \leq 100$	Ótima
$70 < \text{IQA} \leq 90$	Boa
$50 < \text{IQA} \leq 70$	Razoável
$25 < \text{IQA} \leq 50$	Ruim
$0 \leq \text{IQA} \leq 25$	Péssima

Fonte: AGUASPARANA, 2011

## Objetivos

---

# Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é qualificar a discussão da qualidade da água no Estado do Paraná, via série histórica, nas bacias e rios monitorados e apontar métodos estatísticos que lidem com as características do fenômeno

## Objetivos Específicos

- ▶ Montar um banco de dados em qualidade da água;
- ▶ Analisar a contribuição dos parâmetros que compõem o IQA;
- ▶ Verificar por bacia o atendimento das normas da CONAMA e a relação do IQA com a classe do rio;
- ▶ Explorar descritivamente os parâmetros da qualidade da água, nas diferentes escalas, comparando as bacias e na região do Alto Iguaçu;
- ▶ Identificar diferenças e similaridades por meio dos parâmetro entre as bacias e internamente nas estações de monitoramento;
- ▶ Analisar a variação dos parâmetros ao longo do monitoramento do rio Barigui, acomodando estruturas de dependência espacial, temporal e ordenação das coletas

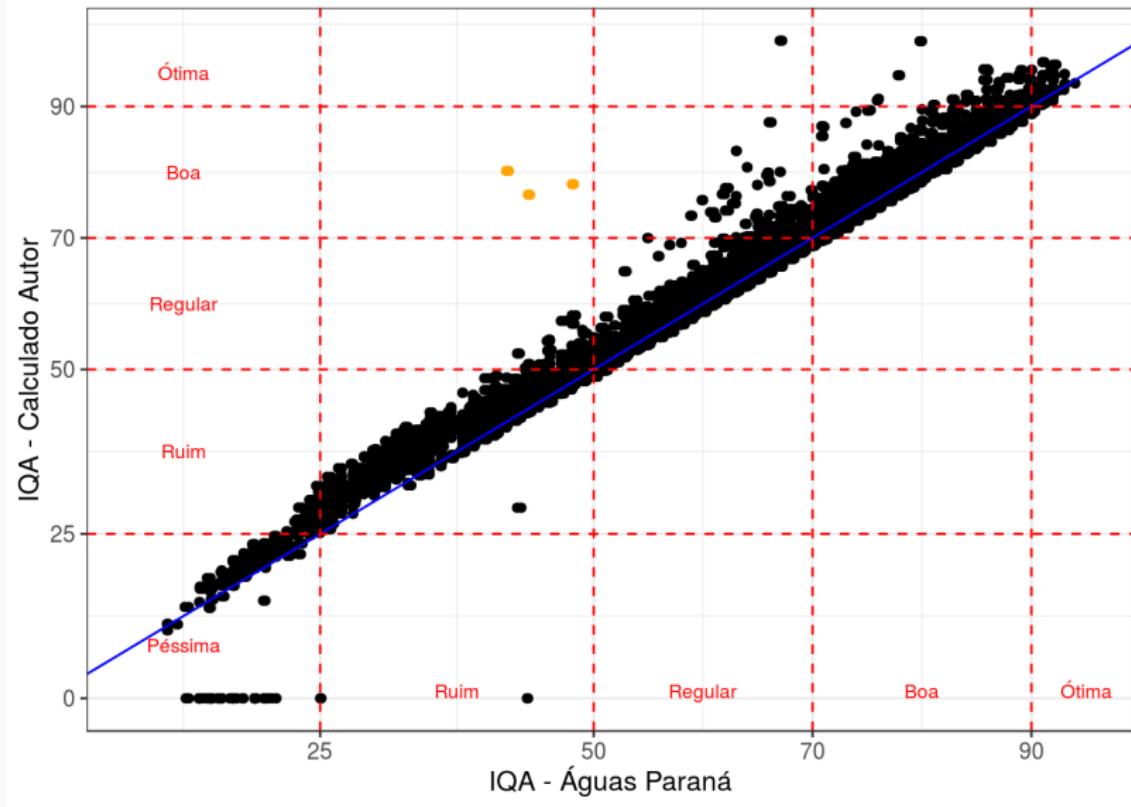
## Objetivos Específicos

- ▶ Montar um banco de dados em qualidade da água;
- ▶ Analisar a contribuição dos parâmetros que compõem o IQA;
- ▶ Verificar por bacia o atendimento das normas da CONAMA e a relação do IQA com a classe do rio;
- ▶ Explorar descritivamente os parâmetros da qualidade da água, nas diferentes escalas, comparando as bacias e na região do Alto Iguaçu;
- ▶ Identificar diferenças e similaridades por meio dos parâmetro entre as bacias e internamente nas estações de monitoramento;
- ▶ Analisar a variação dos parâmetros ao longo do monitoramento do rio Barigui, acomodando estruturas de dependência espacial, temporal e ordenação das coletas;

## Validação Dados

---

# IQA AGUASPARANÁ x IQA calculado



# Verificação da Informação

**Tabela 7:** Quantidade de Dados Inválidos

Limites de Aceitabilidade	Nº de Inválidos
$0 < OD < 9.2$	1115
$DQO > DBO$	187
$NT > NK$	25
$CT > CF$	40
$0 < PH < 14$	6

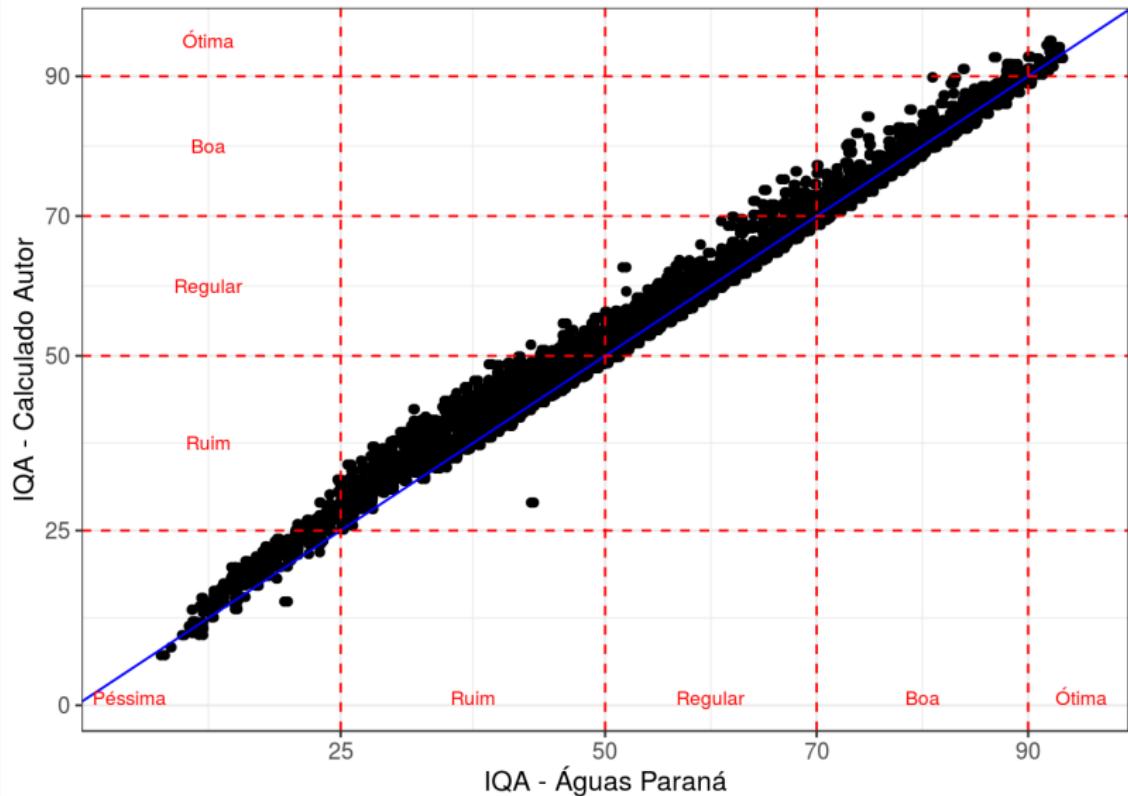
# Verificação da Informação

**Tabela 7:** Quantidade de Dados Inválidos

Limites de Aceitabilidade	Nº de Inválidos
$0 < OD < 9.2$	1115
$DQO > DBO$	187
$NT > NK$	25
$CT > CF$	40
$0 < PH < 14$	6

- Valores inválidos foram descartados

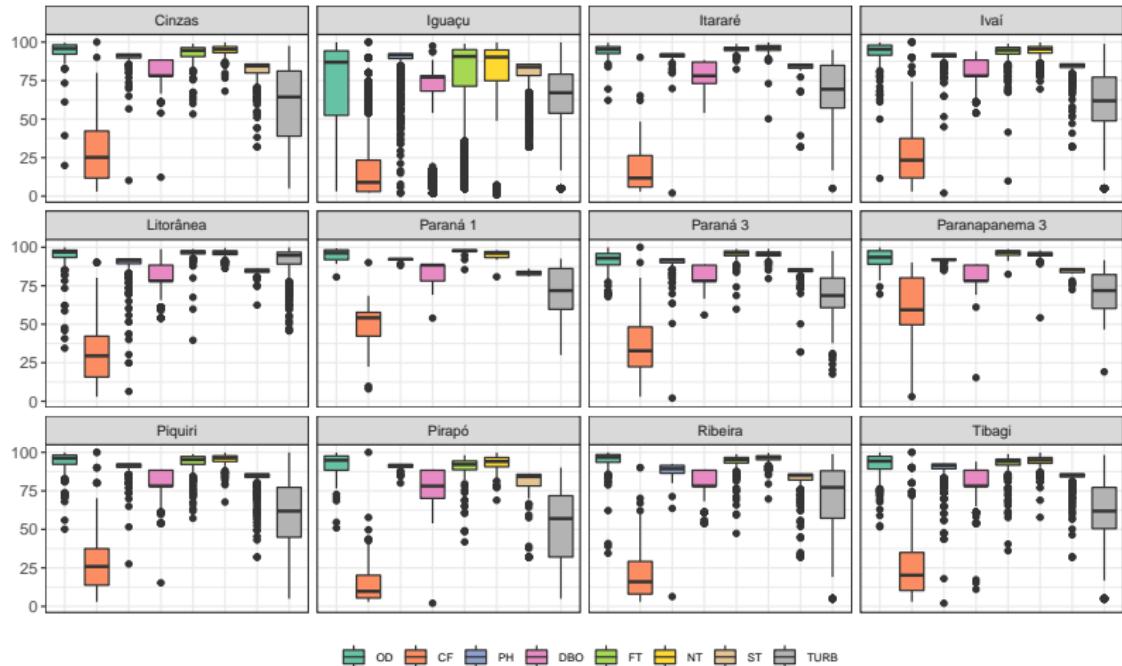
# IQA AGUASPARANÁ x IQA calculado



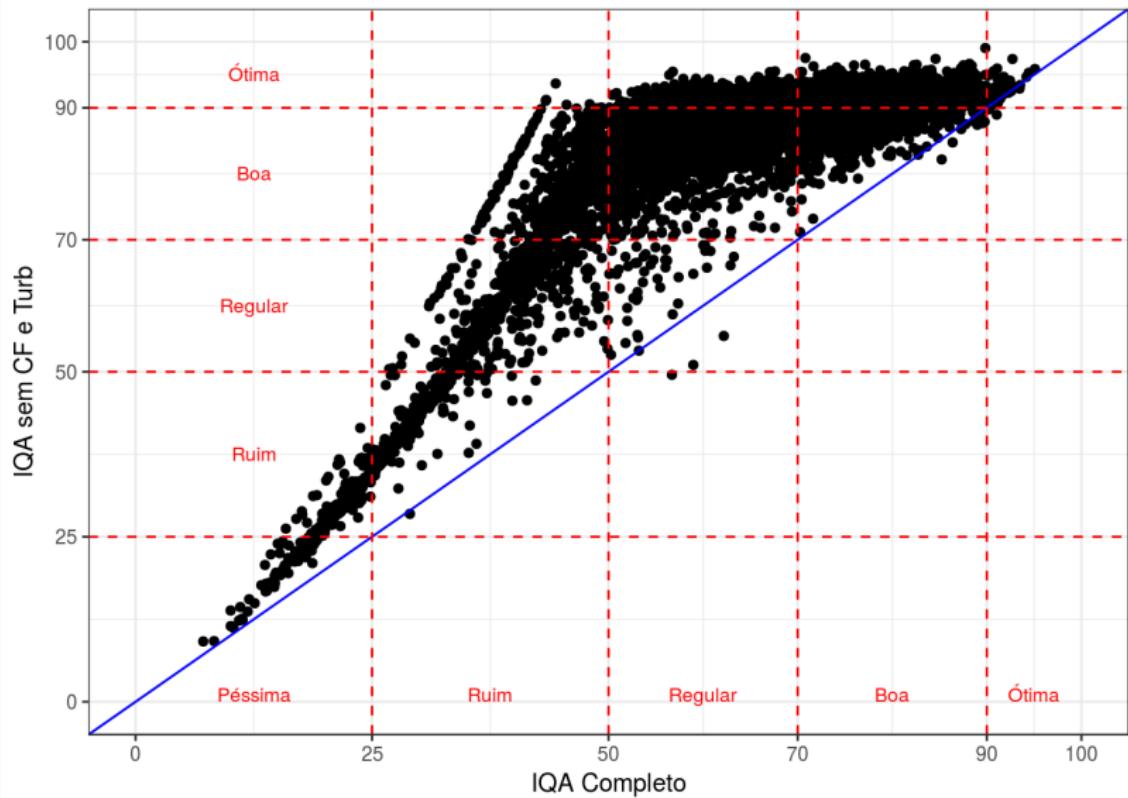
## Contribuição IQA

---

# Boxplots Parâmetros IQA



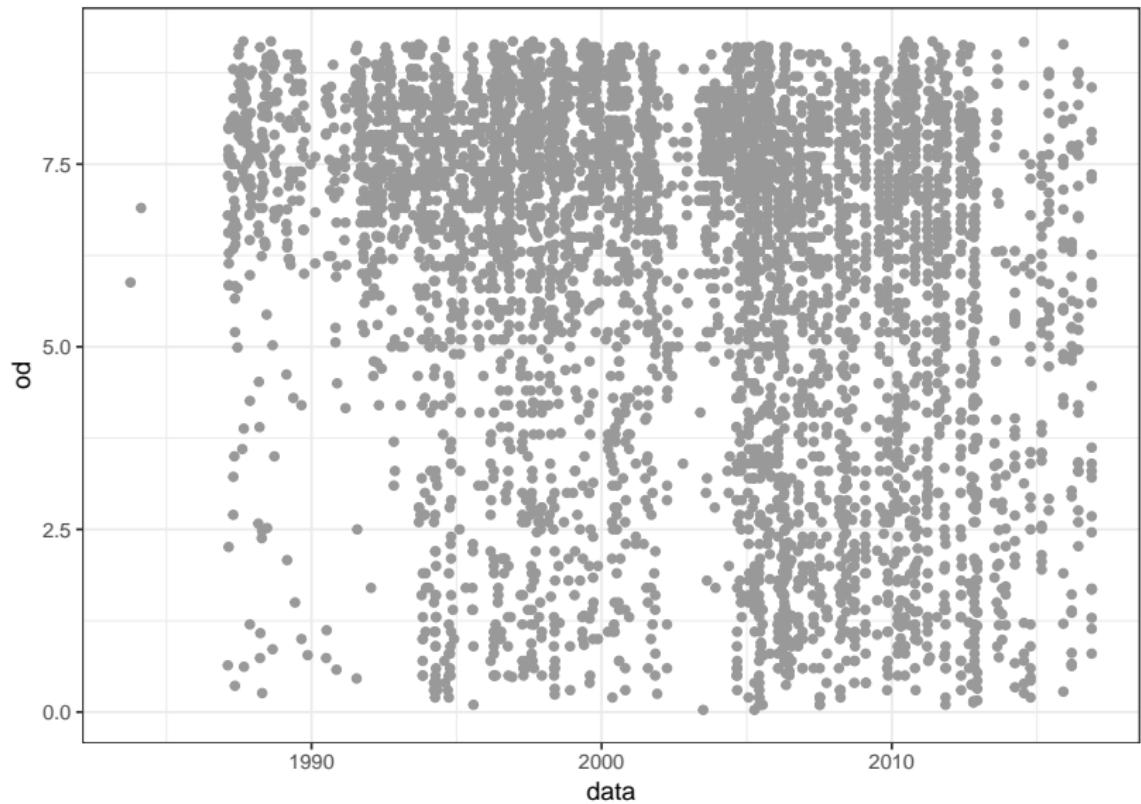
# Relação Enquadramento e IQA por Bacia



## **Qualidade da Água ao Longo do Tempo por Bacia**

---

## OD ao longo do tempo

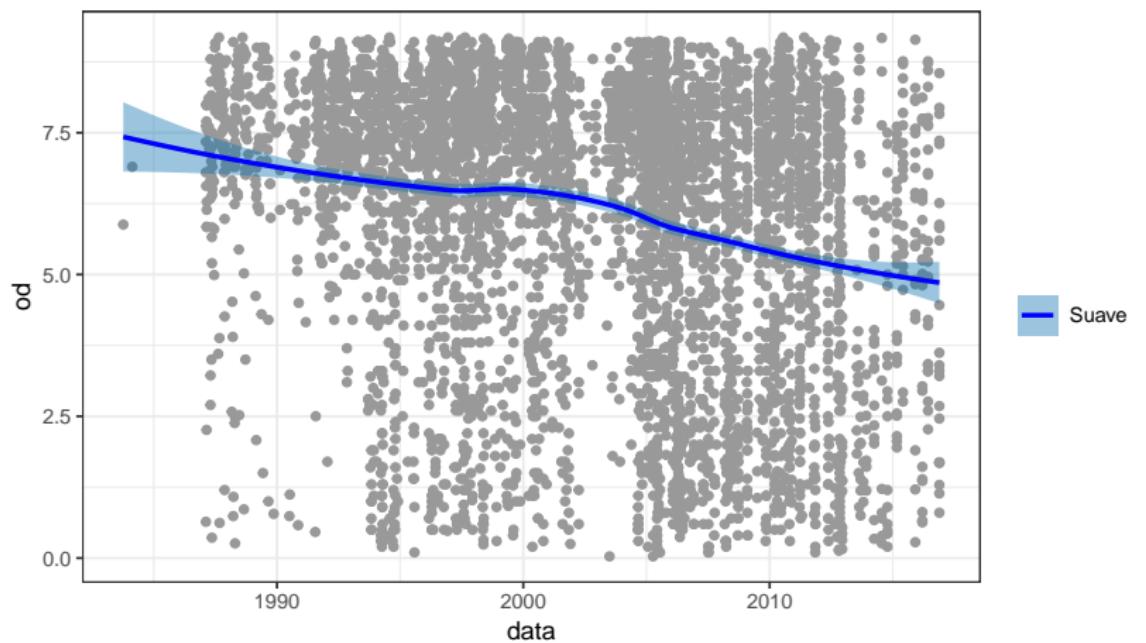


## OD + Ajuste Suave

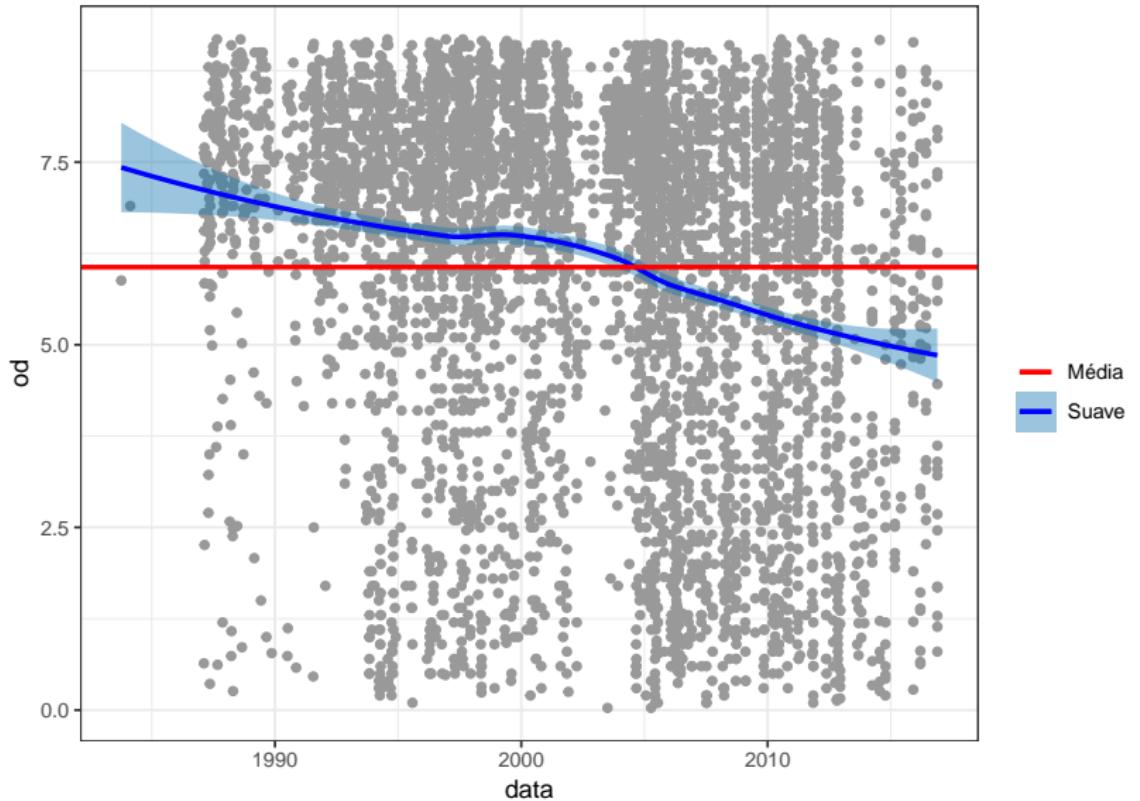
- Modelos não Paramétricos - Polinômios Locais

# OD + Ajuste Suave

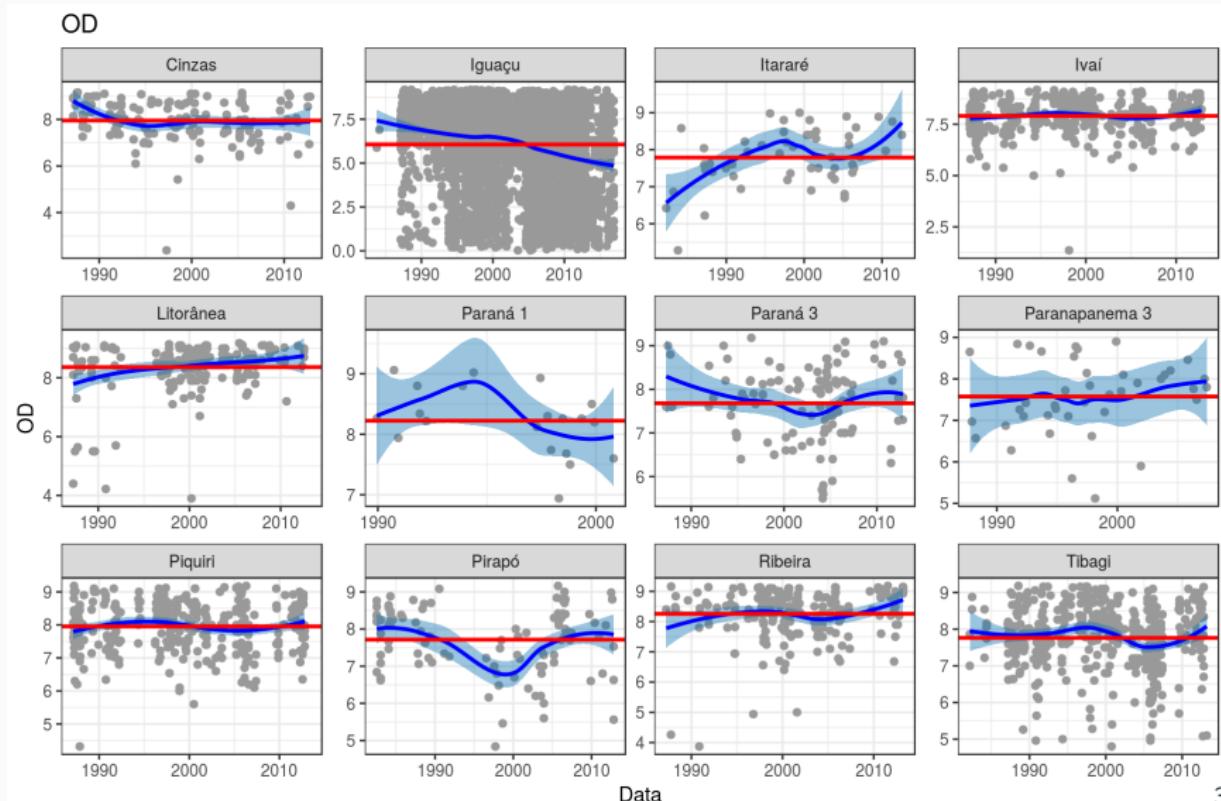
- Modelos não Paramétricos - Polinômios Locais



# OD + Ajuste Suave + Média



# Concentração



# Conversão Concentração - Carga

## Concentração em mg/L - t/Dias

- ▶ OD; DBO; NT; FT; ST; DQO;

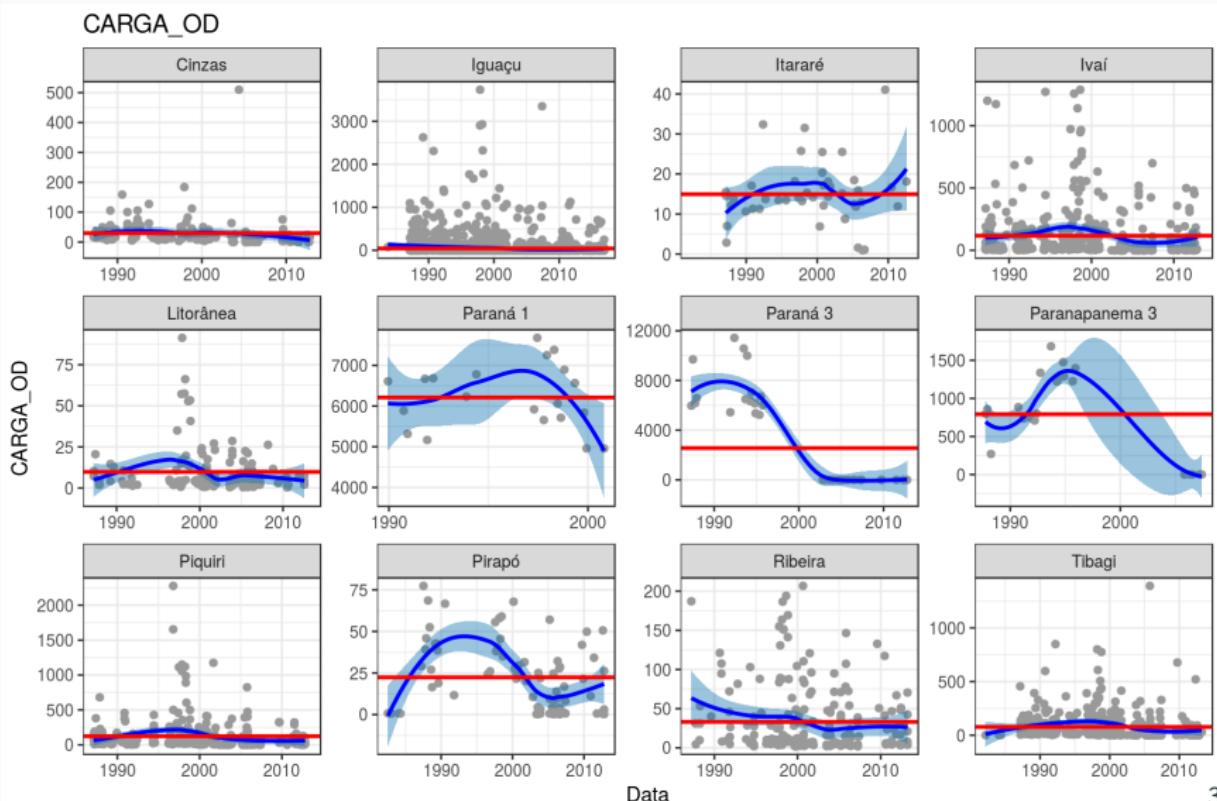
## Conversão Concentração - Carga

### Concentração em mg/L - t/Dias

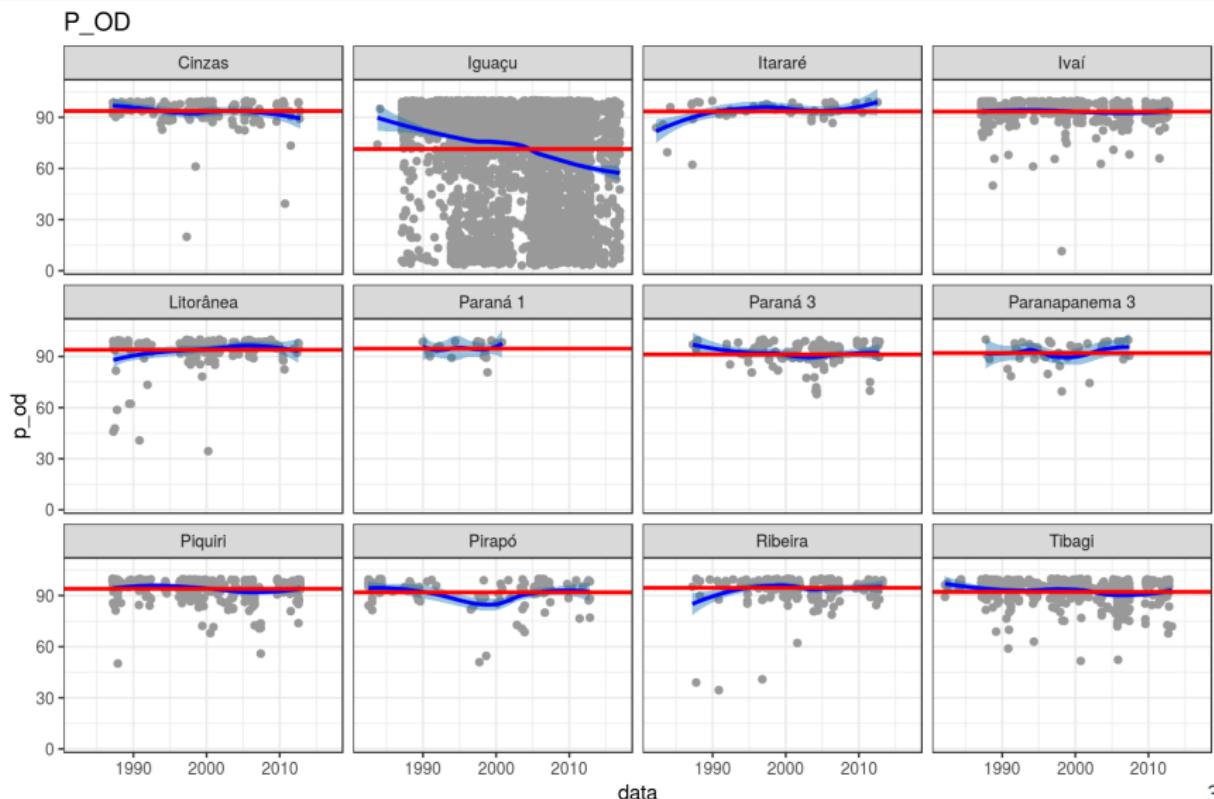
- ▶ OD; DBO; NT; FT; ST; DQO;

$$Carga = \frac{\left( \left( \frac{\text{concentração} * 1000}{\text{vazão}} \right) * 60 * 60 * 24 \right)}{1000} \quad (2)$$

# Carga



# Transformação IQA



# Procedimento Geral

## Procedimento

- ▶ Bacia Hidrográfica
- ▶ Escalas: Concentração, Carga e IQA

# Procedimento Geral

## Procedimento

- ▶ Bacia Hidrográfica
- ▶ Escalas: Concentração, Carga e IQA

## **Similaridades e Diferenças por Bacias**

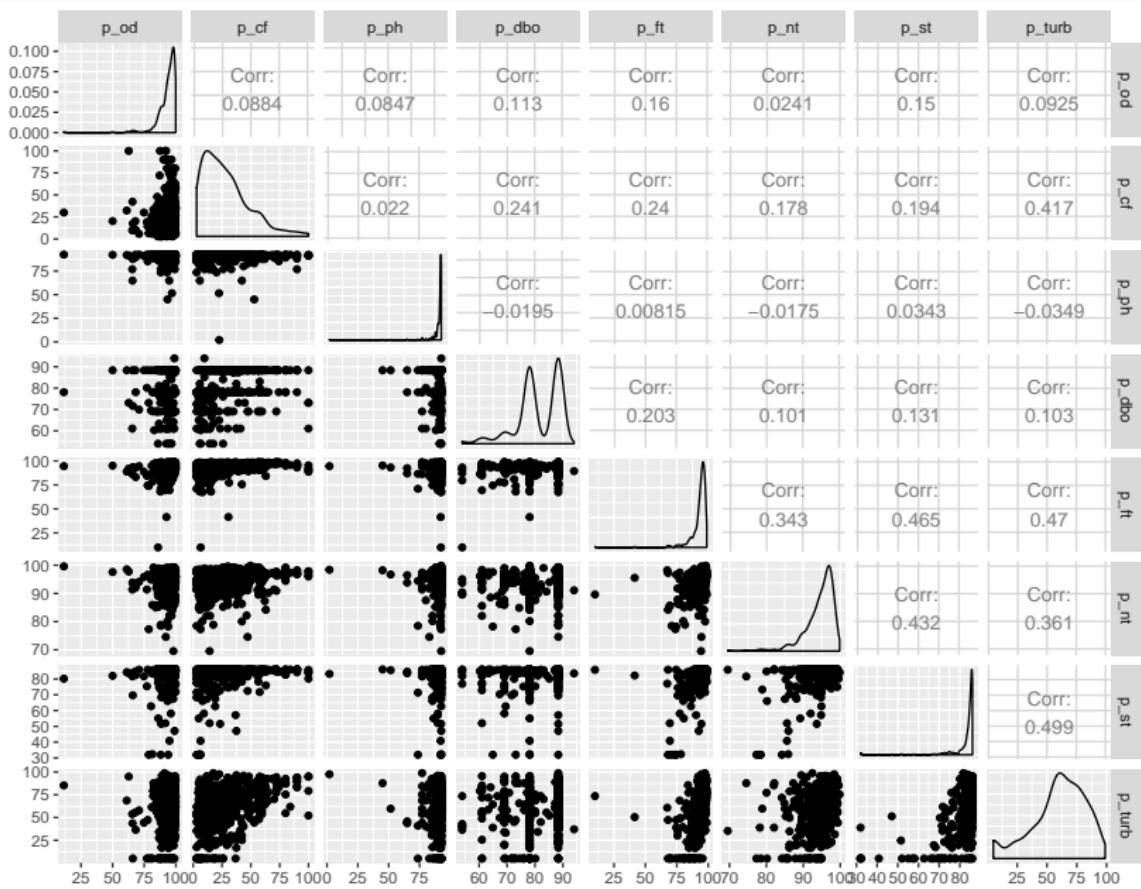
---

# Tabela de Dados

**Tabela 8:** Parâmetros Escala IQA

p_od	p_cf	p_ph	p_dbo	p_ft	p_nt	p_st
99.17	8.02	92.52	78.12	96.40	93.66	86.08
92.11	17.47	92.23	88.37	89.51	97.34	85.93
90.19	37.48	89.76	88.37	98.55	95.60	85.68
91.89	18.67	91.54	88.37	94.91	98.54	86.03
96.06	25.88	92.23	69.06	67.44	97.18	85.68
97.28	7.19	64.94	69.06	82.65	91.53	68.27

# Análise de Dispersão por Pares (Bacia Ivaí)



# Análise de Componentes Principais (ACP)

## Principais Ideias

- ▶ Redução de Dimensionalidade
- ▶ Componentes que explicam a variabilidade original

# Análise de Componentes Principais (ACP)

## Principais Ideias

- ▶ Redução de Dimensionalidade
- ▶ Componentes que explicam a variabilidade original
- ▶ Associação entre as variáveis nos componentes

# Análise de Componentes Principais (ACP)

## Principais Ideias

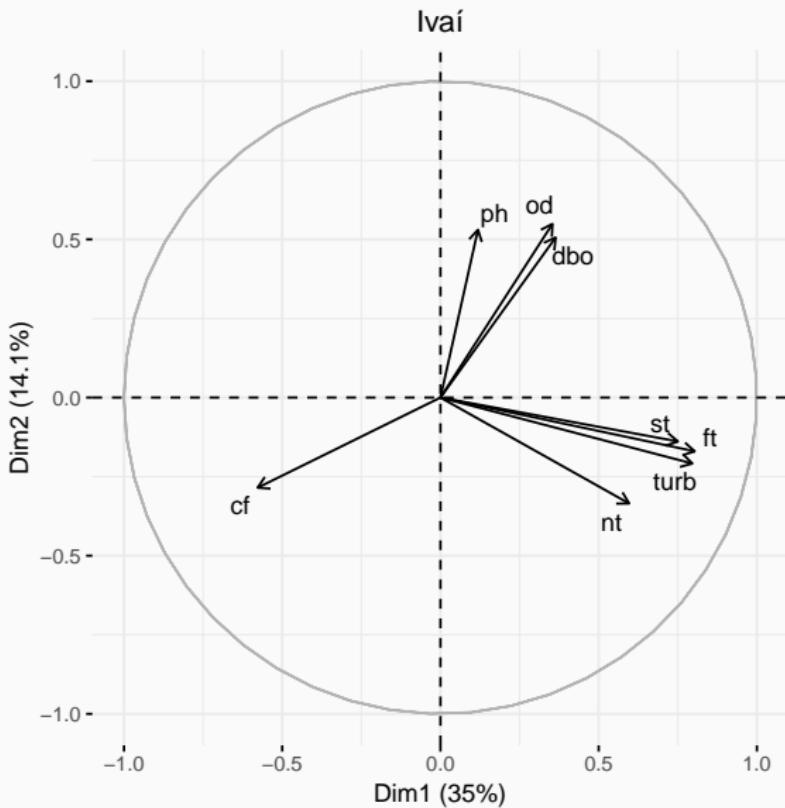
- ▶ Redução de Dimensionalidade
- ▶ Componentes que explicam a variabilidade original
- ▶ Associação entre as variáveis nos componentes
- ▶ Porcentagem de explicação para cada componente

# Análise de Componentes Principais (ACP)

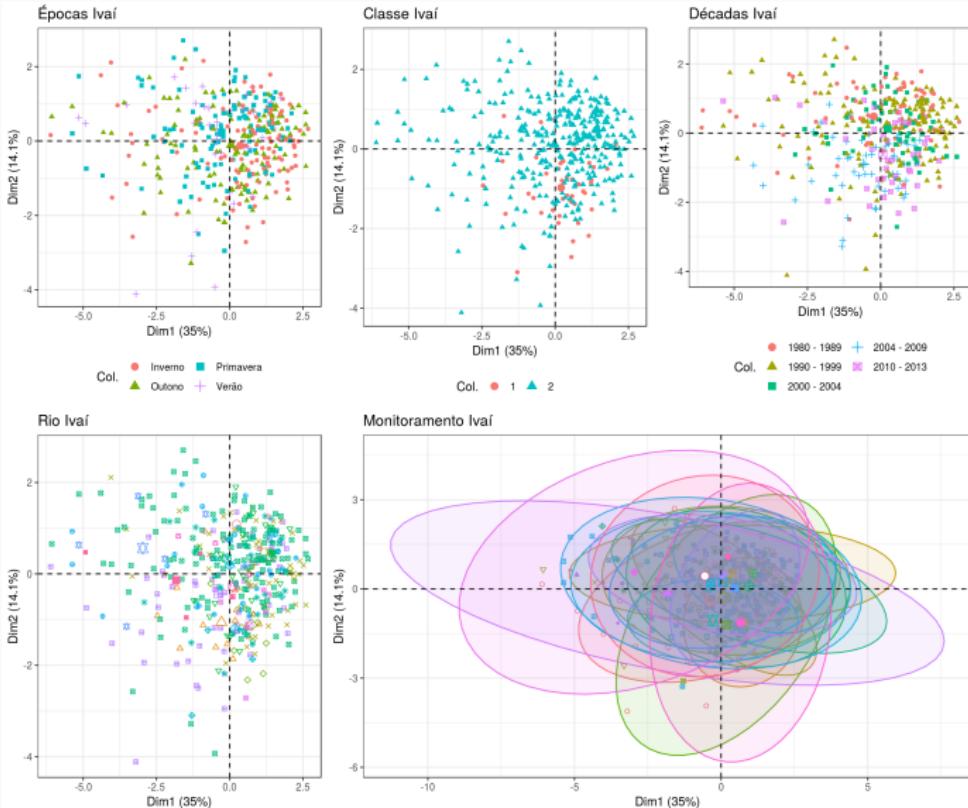
## Principais Ideias

- ▶ Redução de Dimensionalidade
- ▶ Componentes que explicam a variabilidade original
- ▶ Associação entre as variáveis nos componentes
- ▶ Porcentagem de explicação para cada componente
- ▶ Criação de Scores

# Coordenadas ACP



# Scores (ACP)



# Procedimento Geral

## Procedimento

- ▶ Bacia Hidrográfica
- ▶ Escalas: Concentração, Carga e IQA

# Procedimento Geral

## Procedimento

- ▶ Bacia Hidrográfica
- ▶ Escalas: Concentração, Carga e IQA
- ▶ Transformação Multivariada
- ▶ Centralizar em 0 e Variância 1

# Procedimento Geral

## Procedimento

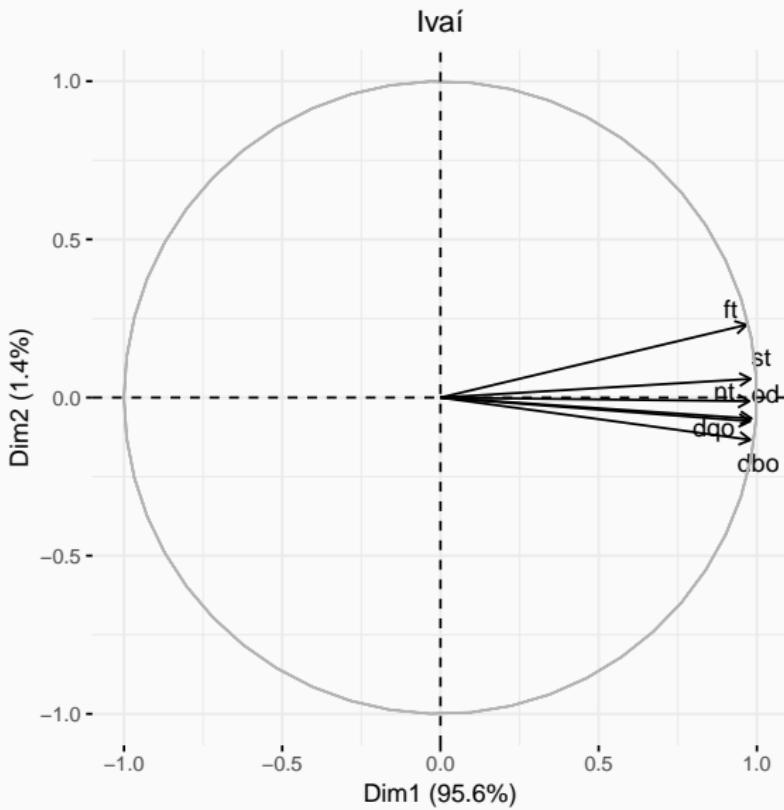
- ▶ Bacia Hidrográfica
- ▶ Escalas: Concentração, Carga e IQA
- ▶ Transformação Multivariada
- ▶ Centralizar em 0 e Variância 1

## Requisitos

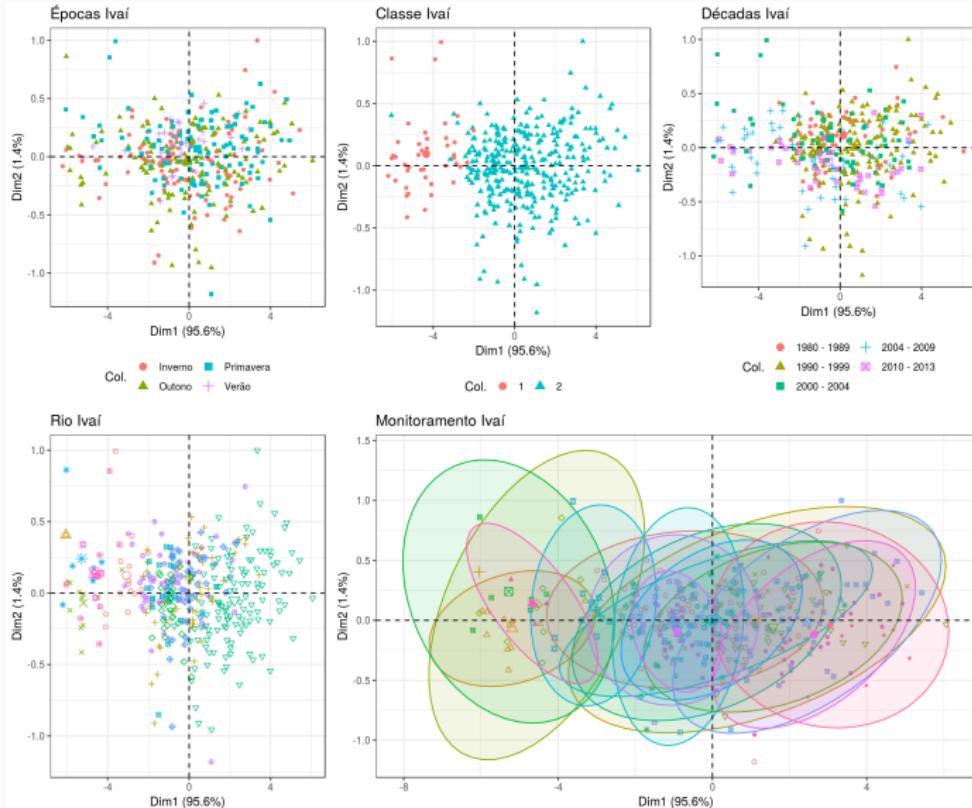
- ▶ Dados Normalmente Distribuídos
- ▶ Dados Independentes

Carga

# Coordenadas ACP



# Scores (ACP) Carga



**t-SNE**

## t-SNE

- ▶ Herda as ideias do PCA, redução de dimensionalidade

# t-SNE

- ▶ Herda as ideias do PCA, redução de dimensionalidade
- ▶ Único pressuposto: Variáveis Numéricas

## Procedimento Geral

- ▶ Todos os dados
- ▶ Escalas: Concentração, Carga e IQA

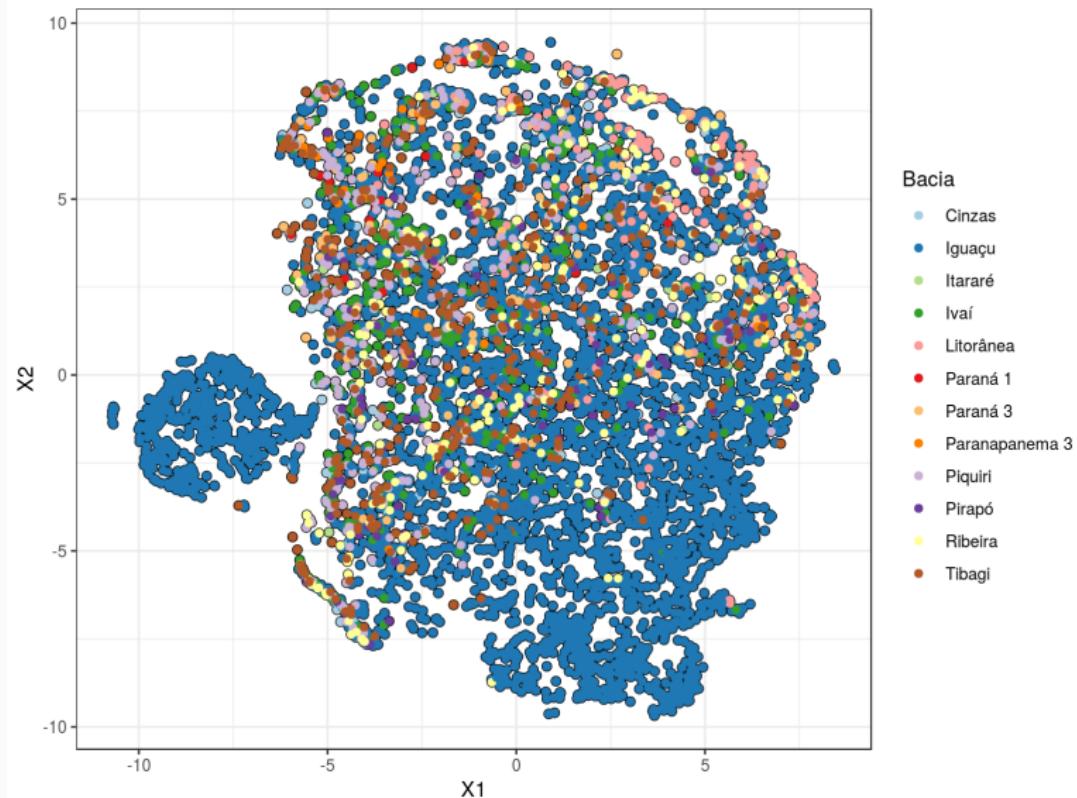
# t-SNE

- ▶ Herda as ideias do PCA, redução de dimensionalidade
- ▶ Único pressuposto: Variáveis Numéricas

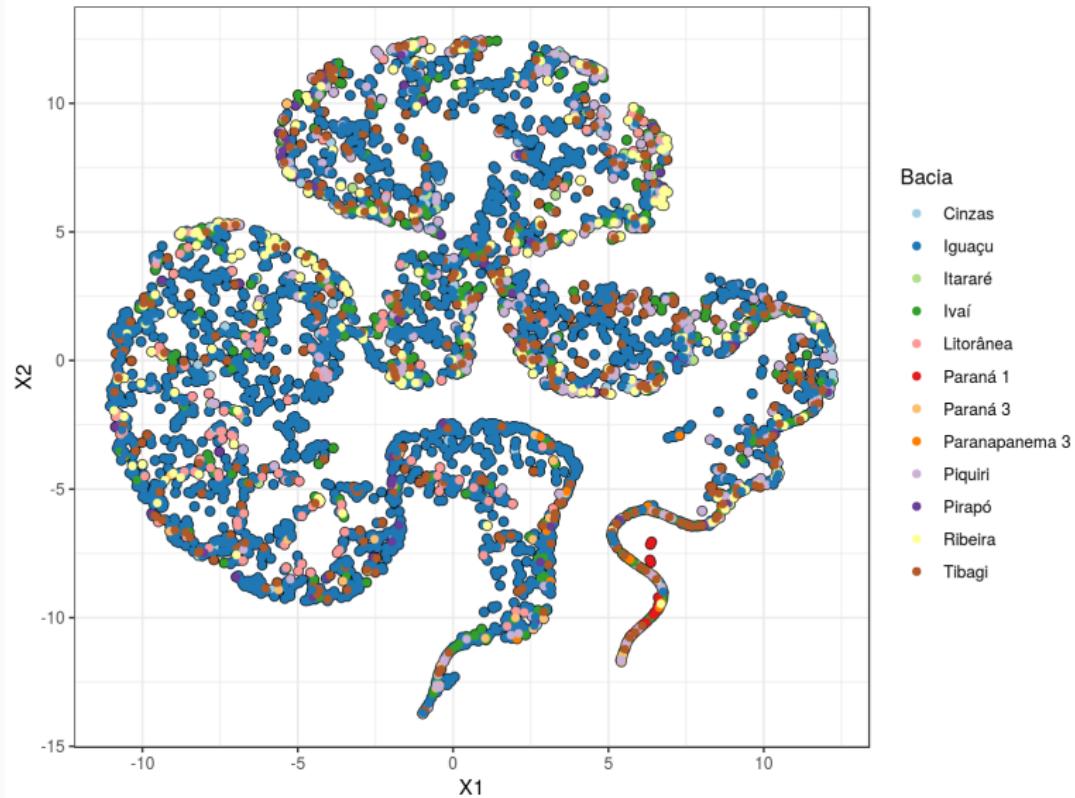
## Procedimento Geral

- ▶ Todos os dados
- ▶ Escalas: Concentração, Carga e IQA

# Peso IQA



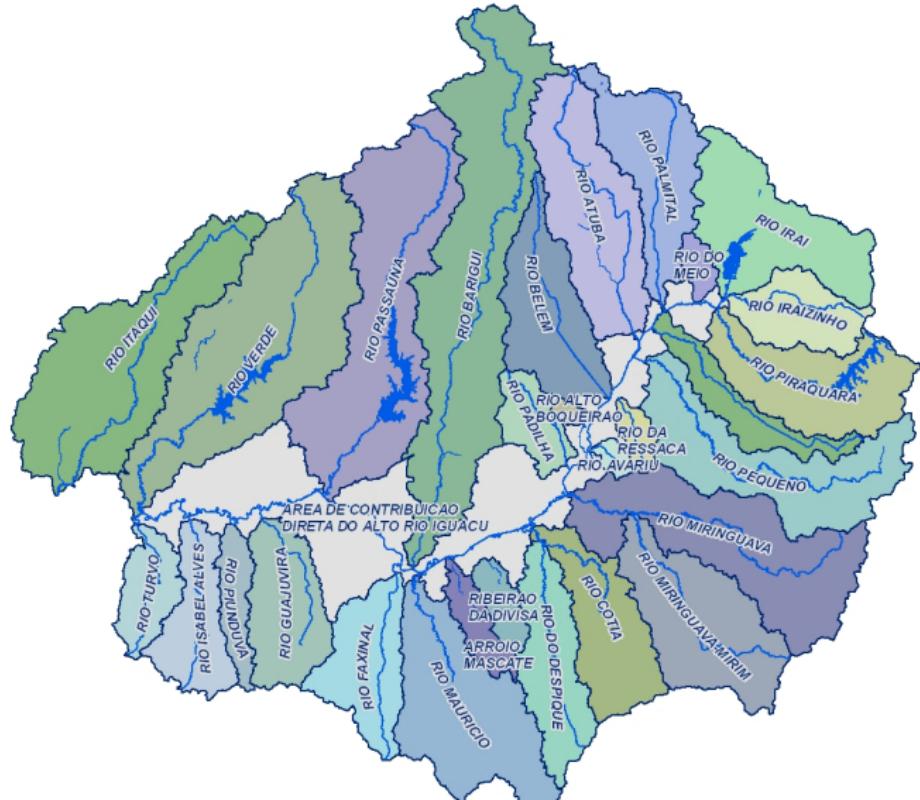
# Carga



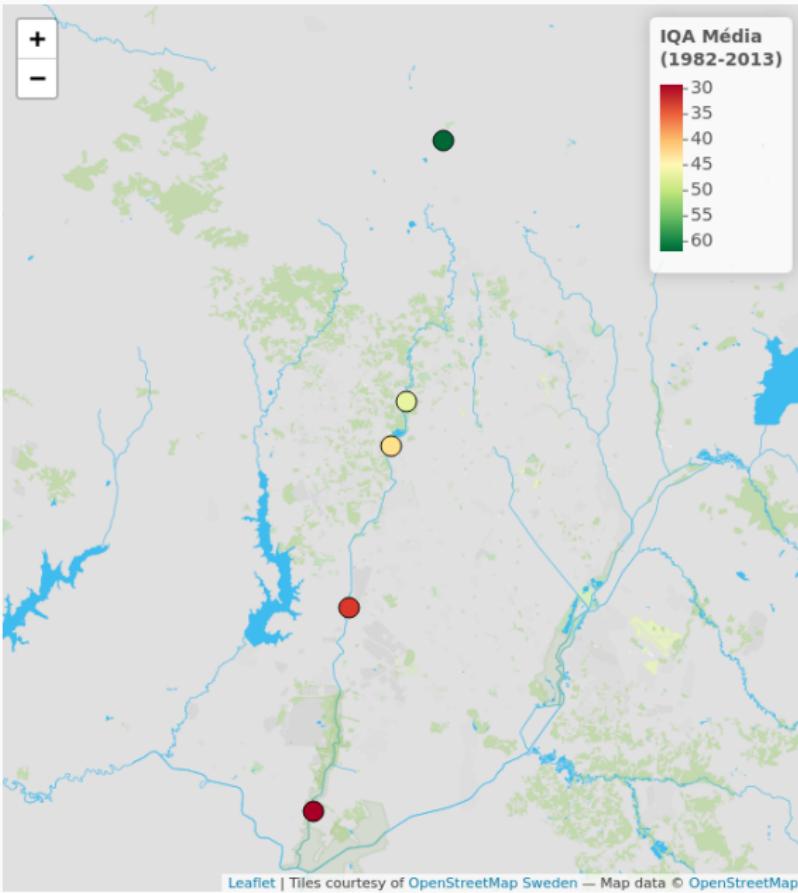
## Autodepuração do Rio

---

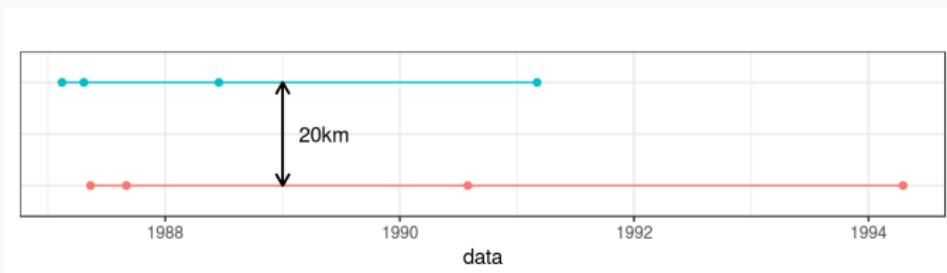
# Bacia Alto Iguaçu



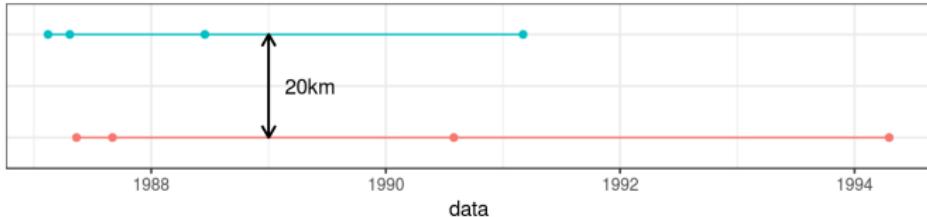
# Rio Barigui



# Dependência Espacial



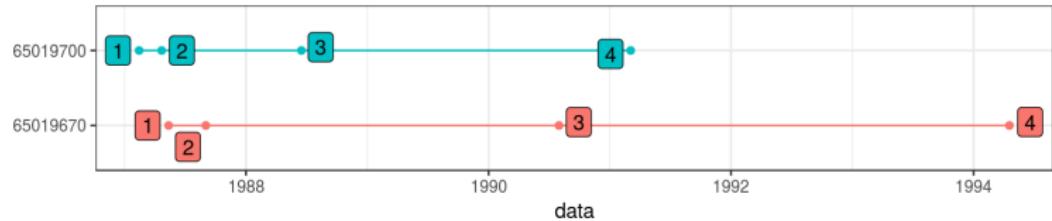
# Dependência Espacial



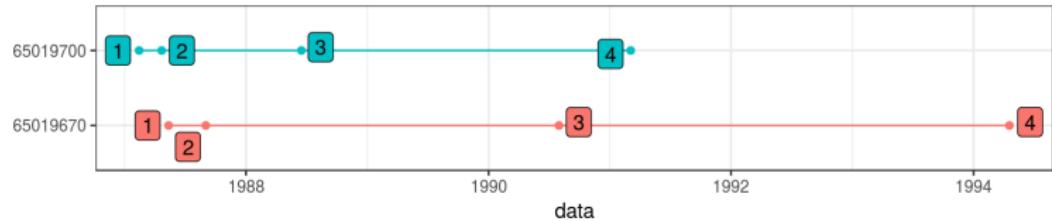
Inverso da Distância (KM)

	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1				0.05	0.05	0.05	0.05
2		1			0.05	0.05	0.05	0.05
3			1		0.05	0.05	0.05	0.05
4				1	0.05	0.05	0.05	0.05
1	0.05	0.05	0.05	0.05	1			
2	0.05	0.05	0.05	0.05		1		
3	0.05	0.05	0.05	0.05			1	
4	0.05	0.05	0.05	0.05				1

## Dependência Temporal - Primeira Ordem



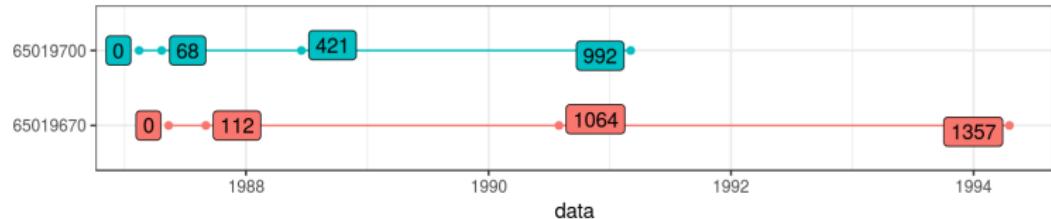
# Dependência Temporal - Primeira Ordem



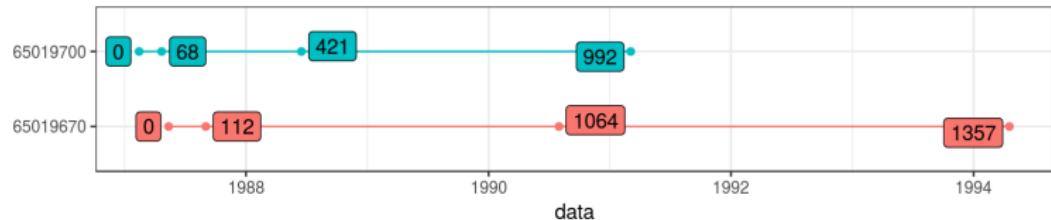
Monitoramento  
Vizinhança Ordem 1

	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	1						
2	1	1	1					
3		1	1	1				
4			1	1				
1					1	1		
2					1	1	1	
3					1	1	1	
4					1	1		

## Dependência Temporal - Intervalo em Dias

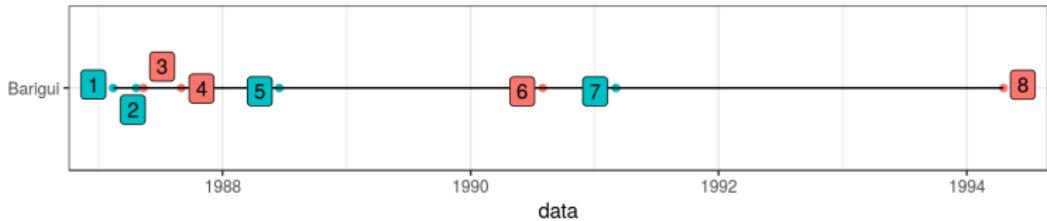


# Dependência Temporal - Intervalo em Dias

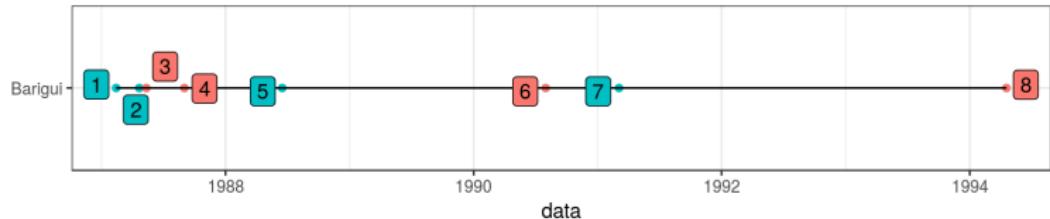


Monitoramento Inverso da Diferença em dias								
	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	0.009						
2	0.009	1	0.001					
3		0.001	1	0.001				
4			0.001	1				
1					1	0.015		
2					0.015	1	0.002	
3						0.002	1	0.001
4							0.001	1

# Dependência Trajetória - Primeira Ordem



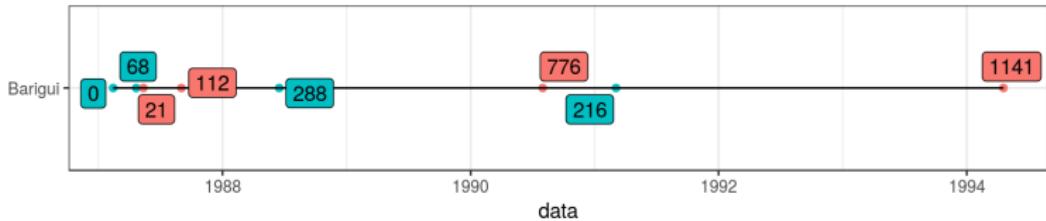
# Dependência Trajetória - Primeira Ordem



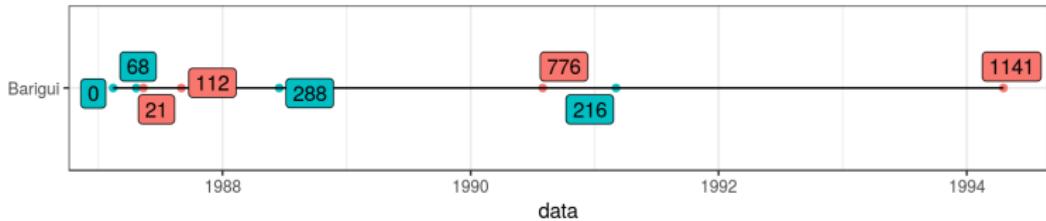
Trajetória Coleta  
Vizinhança Ordem 1

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1						
2	1	1	1					
3		1	1	1				
4			1	1	1			
5				1	1	1		
6					1	1	1	
7						1	1	1
8							1	1

## Dependência Trajetória - Intervalo em Dias



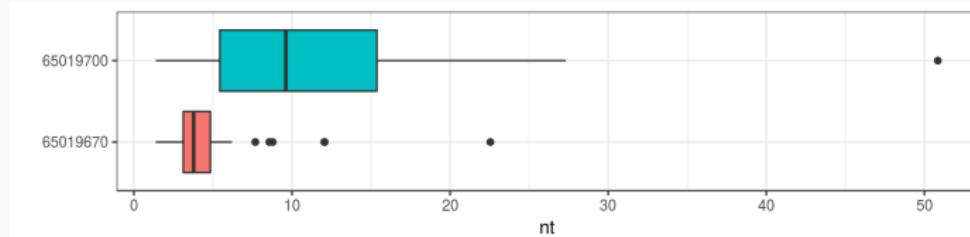
# Dependência Trajetória - Intervalo em Dias



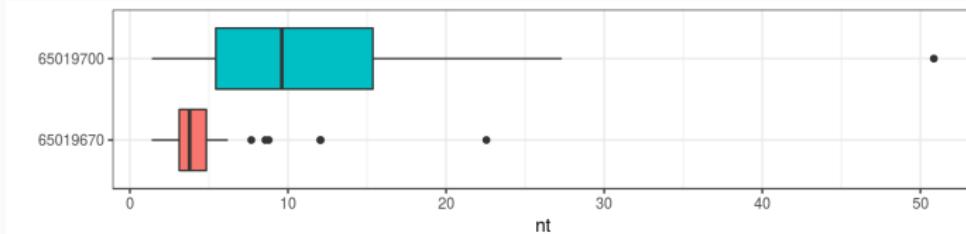
Trajetória Coleta  
Inverso da Diferença em Dias

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	0.015						
2	0.015	1	0.048					
3		0.048	1	0.009				
4			0.009	1	0.003			
5				0.003	1	0.001		
6					0.001	1	0.005	
7						0.005	1	0.001
8							0.001	1

# Dependência Monitoramento



# Dependência Monitoramento



Z1 - Monitoramento 1

	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1							
2		1						
3			1					
4				1				
1								
2								
3								
4								

Z1 - Monitoramento 2

	1	2	3	4	1	2	3	4
1								
2								
3								
4								
1							1	
2								1
3								1
4								1

# Modelagem Estatística

## Efeito de média

## Efeito de média

- OD: Monitoramento \* Ano \* Época

## Efeito de média

- ▶ OD: Monitoramento \* Ano \* Época
- ▶ Modela separadamente cada parâmetro da qualidade da água

## Efeito de média

- ▶ OD: Monitoramento \* Ano \* Época
- ▶ Modela separadamente cada parâmetro da qualidade da água
- ▶ Adota-se a seguinte matriz de variabilidade:

## Efeito de média

- ▶ OD: Monitoramento \* Ano \* Época
- ▶ Modela separadamente cada parâmetro da qualidade da água
- ▶ Adota-se a seguinte matriz de variabilidade:

Z0 - Independente

	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1							
2		1						
3			1					
4				1				
1					1			
2						1		
3							1	
4								1

# Framework MCGLM

## C - Efeito de Variabilidade

- ▶ Matriz Espacial
- ▶ Matriz Temporal
- ▶ Matriz Trajetória
- ▶ Matriz Monitoramento

## C - Efeito de Variabilidade

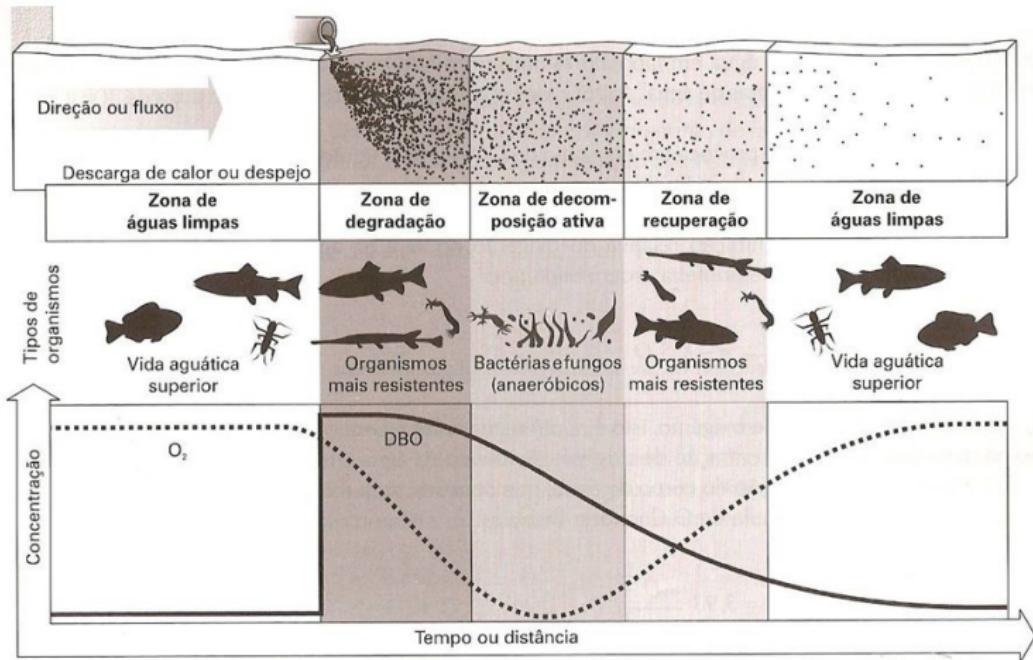
- ▶ Matriz Espacial
- ▶ Matriz Temporal
- ▶ Matriz Trajetória
- ▶ Matriz Monitoramento

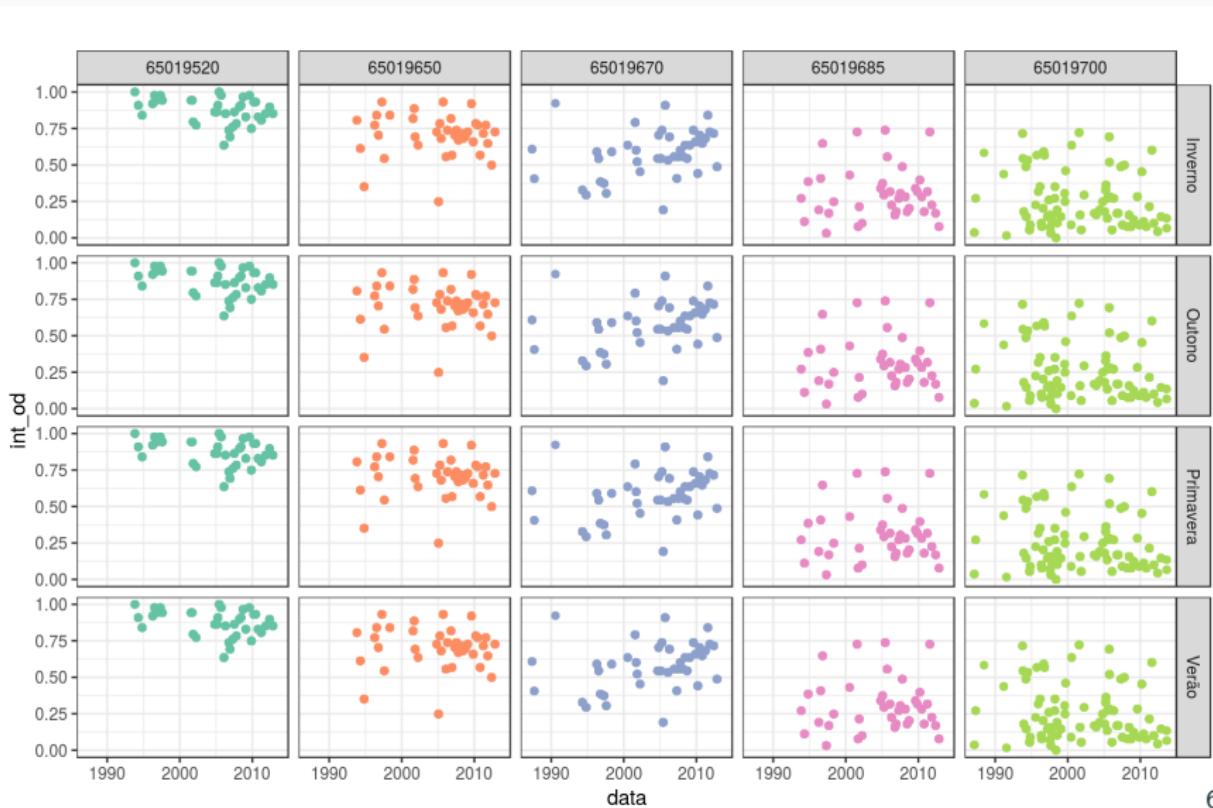
## M - Modelar Conjuntamente

- ▶ OD: Monitoramento \* Ano \* Época
- ▶ DBO : Monitoramento \* Ano \* Época
- ▶ CF : Monitoramento \* Ano \* Época

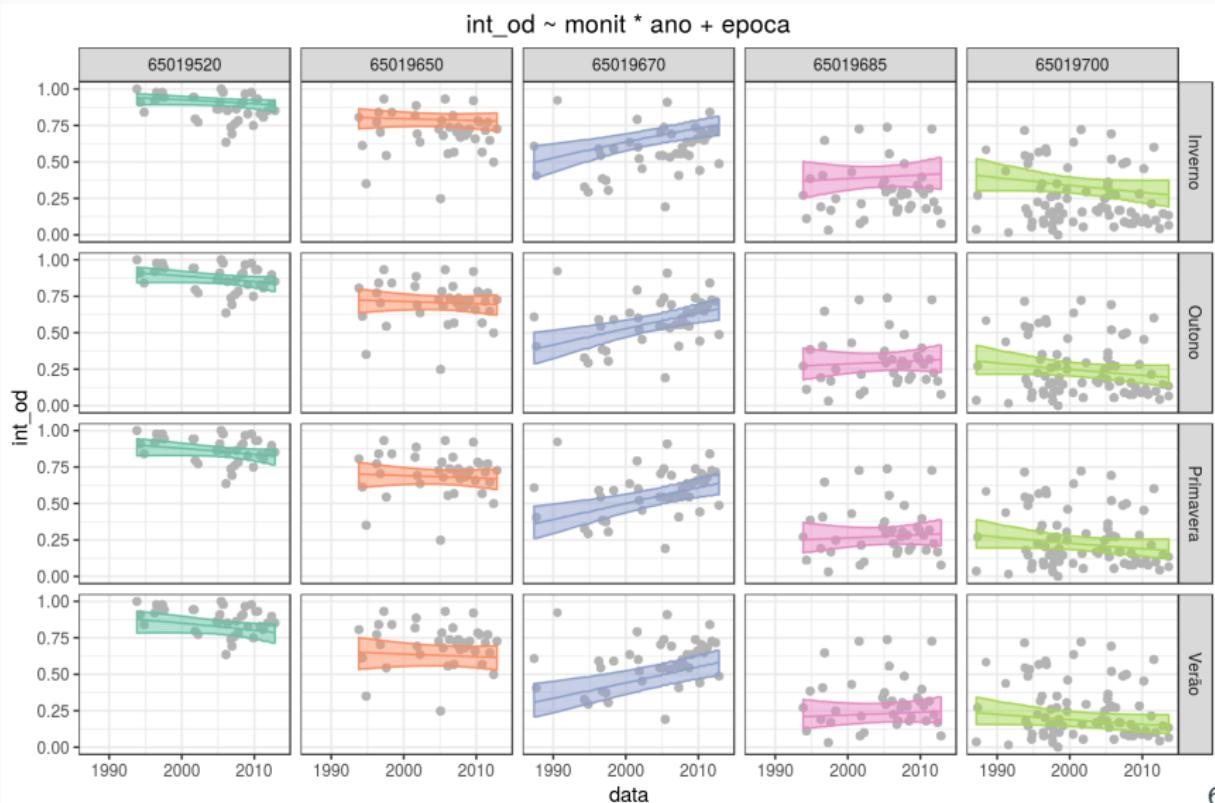
# **Autodepuração do Rio**

# Processo de Autodepuração

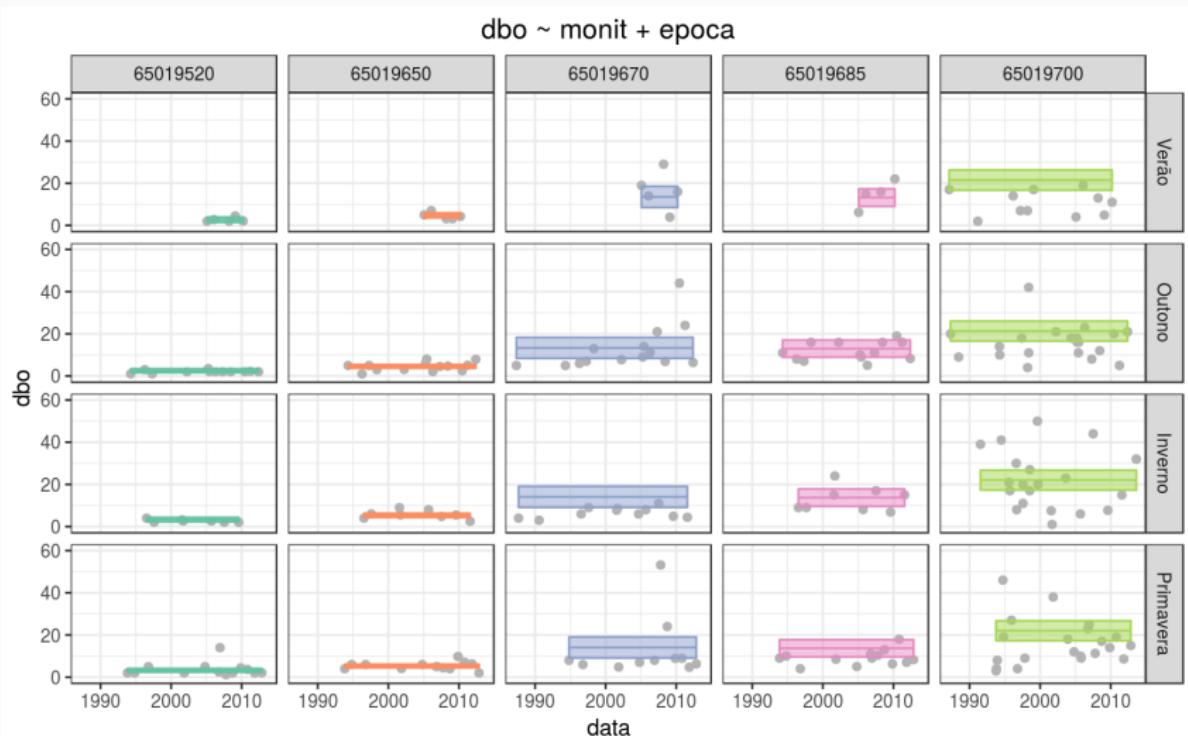




# OD Bandas de Predição



# DBO Bandas de Predição



## Todos os Modelos

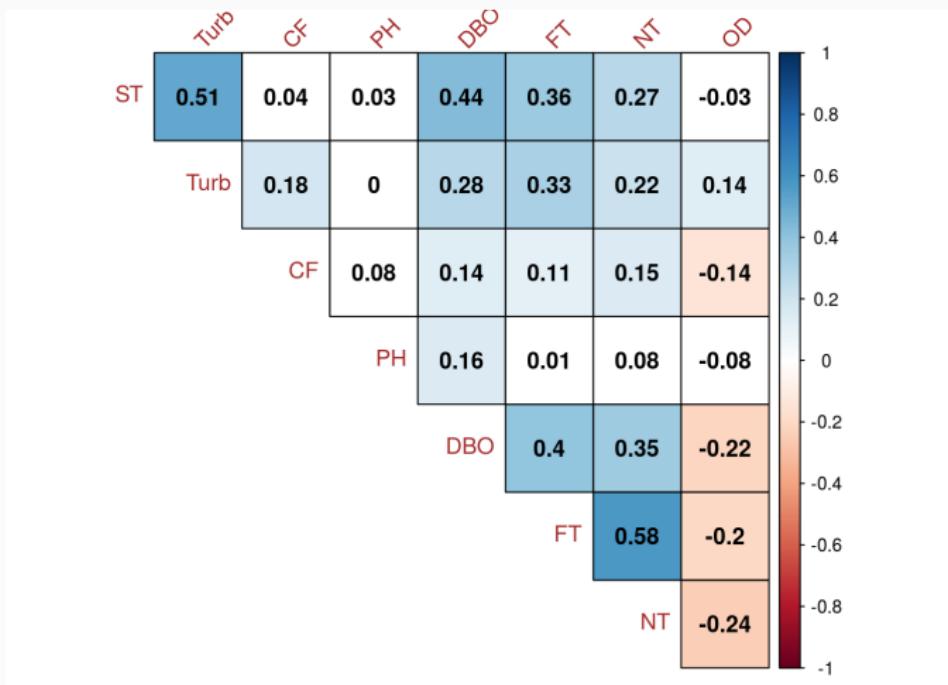
- ▶ int od ~ monit \* ano + epoca
- ▶ l cf ~ monit \* ano
- ▶ ph ~ monit + epoca
- ▶ dbo ~ monit + epoca
- ▶ ft ~ monit
- ▶ nt ~ monit \* ano
- ▶ l st ~ monit
- ▶ l turb ~ monit + ano \* epoca

## Tabela Variabilidade

**Tabela 9:** Matrizes Significativas por Resposta

Matriz	OD	CF	PH	DBO	FT	NT	ST	Turb
Z0		X	X				X	X
Z1	X			X	X	X		
Espacial								
Monitoramento Vizinhança								
Monitoramento Inverso Dias								
Trajetória Vizinhança							X	X
Trajetória Inverso Dias	X	X	X					

# Correlação entre Respostas



## Considerações Finais

---

# Considerações Finais I

- ▶ Consolidação da Base de Dados

# Considerações Finais I

- ▶ Consolidação da Base de Dados
- ▶ As equações que definem as curvas de transformação para os parâmetros DBO e NT estão distantes na curva teórica

## Considerações Finais I

- ▶ Consolidação da Base de Dados
- ▶ As equações que definem as curvas de transformação para os parâmetros DBO e NT estão distantes na curva teórica
- ▶ IQA está refletindo a variação do CF e Turb

## Considerações Finais I

- ▶ Consolidação da Base de Dados
- ▶ As equações que definem as curvas de transformação para os parâmetros DBO e NT estão distantes na curva teórica
- ▶ IQA está refletindo a variação do CF e Turb
- ▶ Polinômios Locais + Média permitem averiguar a tendência da série temporal

## Considerações Finais I

- ▶ Consolidação da Base de Dados
- ▶ As equações que definem as curvas de transformação para os parâmetros DBO e NT estão distantes na curva teórica
- ▶ IQA está refletindo a variação do CF e Turb
- ▶ Polinômios Locais + Média permitem averiguar a tendência da série temporal
- ▶ ACP e *t-SNE* não capturam adequadamente a variabilidade dos dados já que não incorporam a possíveis dependência do fenômeno

## Considerações Finais I

- ▶ Consolidação da Base de Dados
- ▶ As equações que definem as curvas de transformação para os parâmetros DBO e NT estão distantes na curva teórica
- ▶ IQA está refletindo a variação do CF e Turb
- ▶ Polinômios Locais + Média permitem averiguar a tendência da série temporal
- ▶ ACP e *t-SNE* não capturam adequadamente a variabilidade dos dados já que não incorporam as possíveis dependências do fenômeno
- ▶ o ACP calculado para concentração identificou relações sem sentido entre os parâmetros

## Considerações Finais II

- O MCGLM pode contribuir com a discussão da autodepuração do rio

## Considerações Finais II

- ▶ O MCGLM pode contribuir com a discussão da autodepuração do rio
- ▶ Matrizes de trajetória indicam variáveis não identificadas que influenciam todo o rio
- ▶ Matrizes de z1 indicam que há variáveis não identificadas que influenciam o local do monitoramento, ou intrinsecamente existe uma maior variabilidade

## Considerações Finais II

- ▶ O MCGLM pode contribuir com a discussão da autodepuração do rio
- ▶ Matrizes de trajetória indicam variáveis não identificadas que influenciam todo o rio
- ▶ Matrizes de z1 indicam que há variáveis não identificadas que influenciam o local do monitoramento, ou intrinsecamente existe uma maior variabilidade
- ▶ Disponível em <http://www.leg.ufpr.br/~paulojus/iqa/>

## Considerações Finais II

- ▶ O MCGLM pode contribuir com a discussão da autodepuração do rio
- ▶ Matrizes de trajetória indicam variáveis não identificadas que influenciam todo o rio
- ▶ Matrizes de z1 indicam que há variáveis não identificadas que influenciam o local do monitoramento, ou intrinsecamente existe uma maior variabilidade
- ▶ Disponível em <http://www.leg.ufpr.br/~paulojus/iqa/>
- ▶ A matriz de dependência espacial não pode ser simétrica

## Considerações Finais II

- ▶ O MCGLM pode contribuir com a discussão da autodepuração do rio
- ▶ Matrizes de trajetória indicam variáveis não identificadas que influenciam todo o rio
- ▶ Matrizes de z1 indicam que há variáveis não identificadas que influenciam o local do monitoramento, ou intrinsecamente existe uma maior variabilidade
- ▶ Disponível em <http://www.leg.ufpr.br/~paulojus/iqa/>
- ▶ A matriz de dependência espacial não pode ser simétrica
- ▶ A matriz de dependência espacial está confundida com a matriz z1

# **Softwares**

## R 3.4

- ▶ Análises descritivas (Boxplots, Gráficos de Séries)
- ▶ Polinômios Locais
- ▶ Análise de Componentes Principais (ACP)
- ▶ t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding (t-SNE)
- ▶ Multivariate Covariance Generalized Linear Models (MCGLM)

## QGIS 2.18

- ▶ Identificar o uso do solo e da altitude na respectiva estação de monitoramento

# Agradecimentos

# Agradecimento I

## AGUASPARANÁ

- ▶ Edson Nagashima
- ▶ Edson Malassés
- ▶ Paulo Franco

# Agradecimento I

## AGUASPARANÁ

- ▶ Edson Nagashima
- ▶ Edson Malassés
- ▶ Paulo Franco

## Grupo Integra

- ▶ Camilla Bittencourt
- ▶ Cristovão V. S. Fernandes

# Agradecimento I

## AGUASPARANÁ

- ▶ Edson Nagashima
- ▶ Edson Malassés
- ▶ Paulo Franco

## Grupo Integra

- ▶ Camilla Bittencourt
- ▶ Cristovão V. S. Fernandes

## Ministério Público Estadual

- ▶ Paulo Jhonny
- ▶ Maurielle Félix

# Agradecimentos II

## Professores LEG

- ▶ Paulo Justiniano Ribeiro Junior
- ▶ Wagner Hugo Bonat
- ▶ Walmes Marques Zeviani

# Agradecimentos II

## Professores LEG

- ▶ Paulo Justiniano Ribeiro Junior
- ▶ Wagner Hugo Bonat
- ▶ Walmes Marques Zeviani

## Colegas da Graduação

- ▶ Daniel Ikenaga
- ▶ Guilherme Parreira
- ▶ Ricardo Petterle

**Obrigado !**