

EVOLUÇÃO DOS CAUDAIS EXTREMOS EM CURSOS DE ÁGUA DO INTERIOR CENTRO E NORTE DE PORTUGAL

ADÉLIA NUNES

Departamento de Geografia
Faculdade de Letras,
Universidade de Coimbra,
Largo da Porta Férrea
3004-530 Coimbra, Portugal
+ 351 239859900
adelia.nunes@ci.uc.pt



RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS EM PORTUGAL



Distribuição irregular no tempo e no espaço



Ocorrência de fenómenos hidrológicos extremos

Elevados caudais → cheias (?)

Escassez de caudais → secas (?)

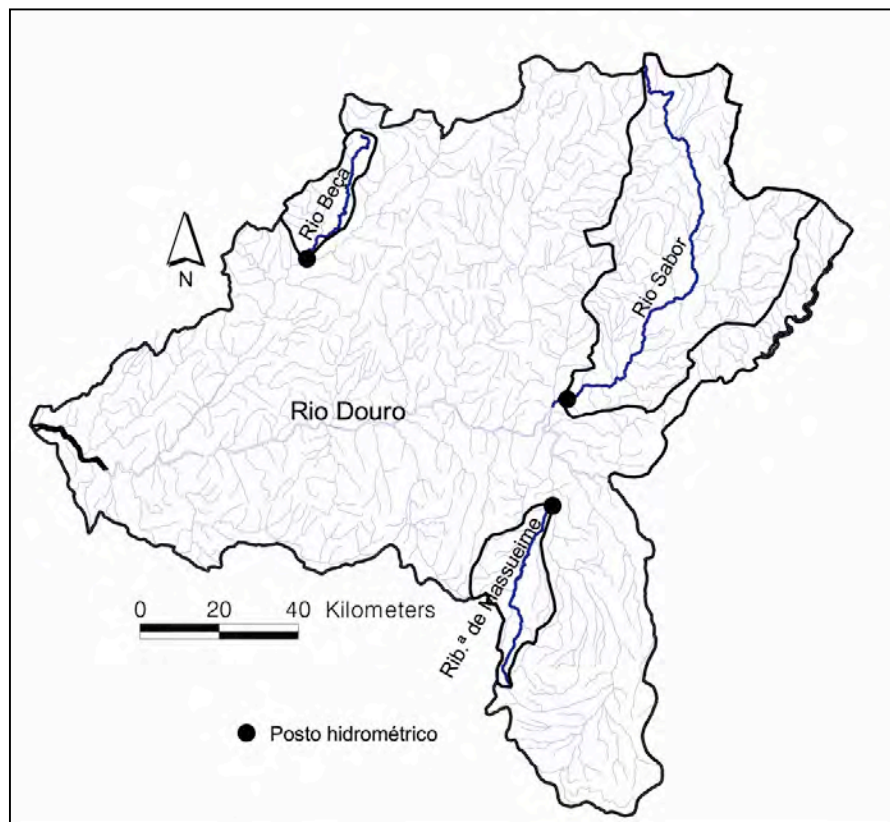
RISCOS NATURAIS

-disponibilidade hídrica
-qualidade da água
- regimes de erosão, transporte e deposição
-condições ecológicas dos rios e estuários

OBJECTIVOS

- Analisar a evolução dos caudais extremos em cursos de água do interior Centro e Norte de Portugal;
- Relacionar a sua dinâmica com a variabilidade climática, em particular com a precipitação, e outras alterações, socioeconómicas, ocorridas na respectiva bacia.

Localização das bacias hidrográficas estudadas e principais características

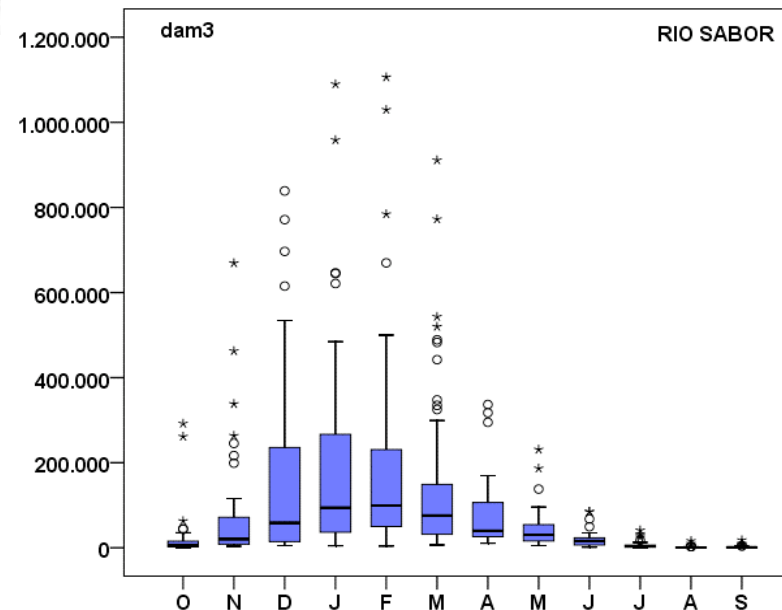
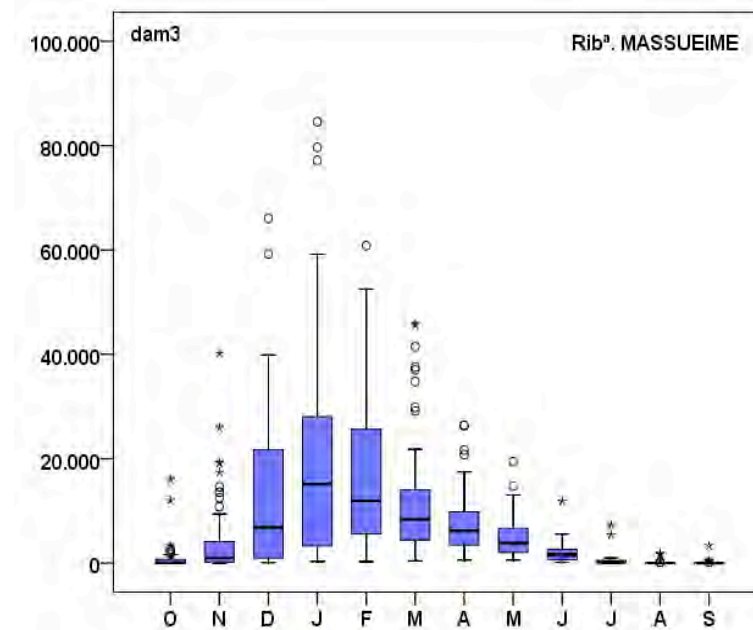
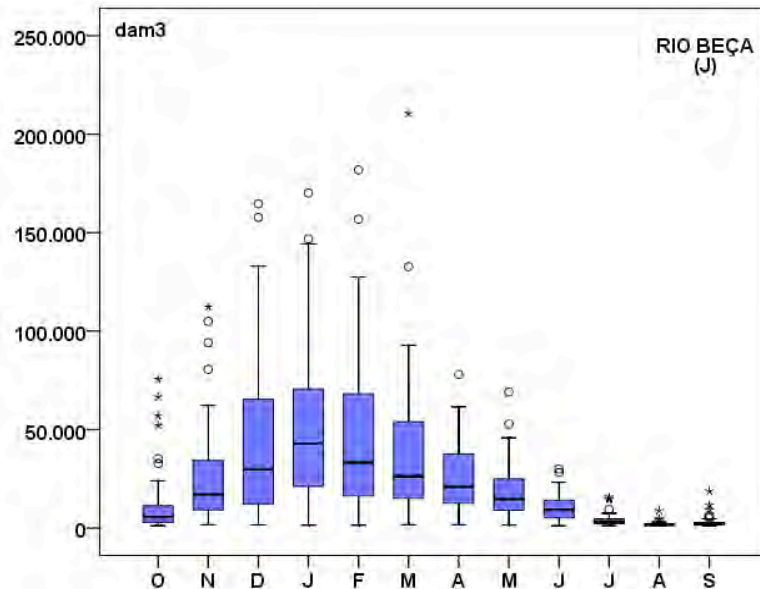


**Bacia hidrográfica do Rio Douro
(território português)**

	Rio Beça	Rib. ^a de Massueime	Rio Sabor
Área total da Bacia (km²)	337,29	405,4	3868,31
Posto hidrométrico	Cunhas	Vale Trevo	Qta. das Laranjeiras
Período analisado	1950/51-2005/06	1957/58-2003/04	1950/51-2005/06
Área (km²)	337,29	405,4	3487,5
Escoamento médio anual (dam³)	295 632	81 142	976 707
Escoamento médio anual/km² (dam³)	876,5	200,2	280,1
Precipitação média (mm)	1200-2000	400-800	500-1600

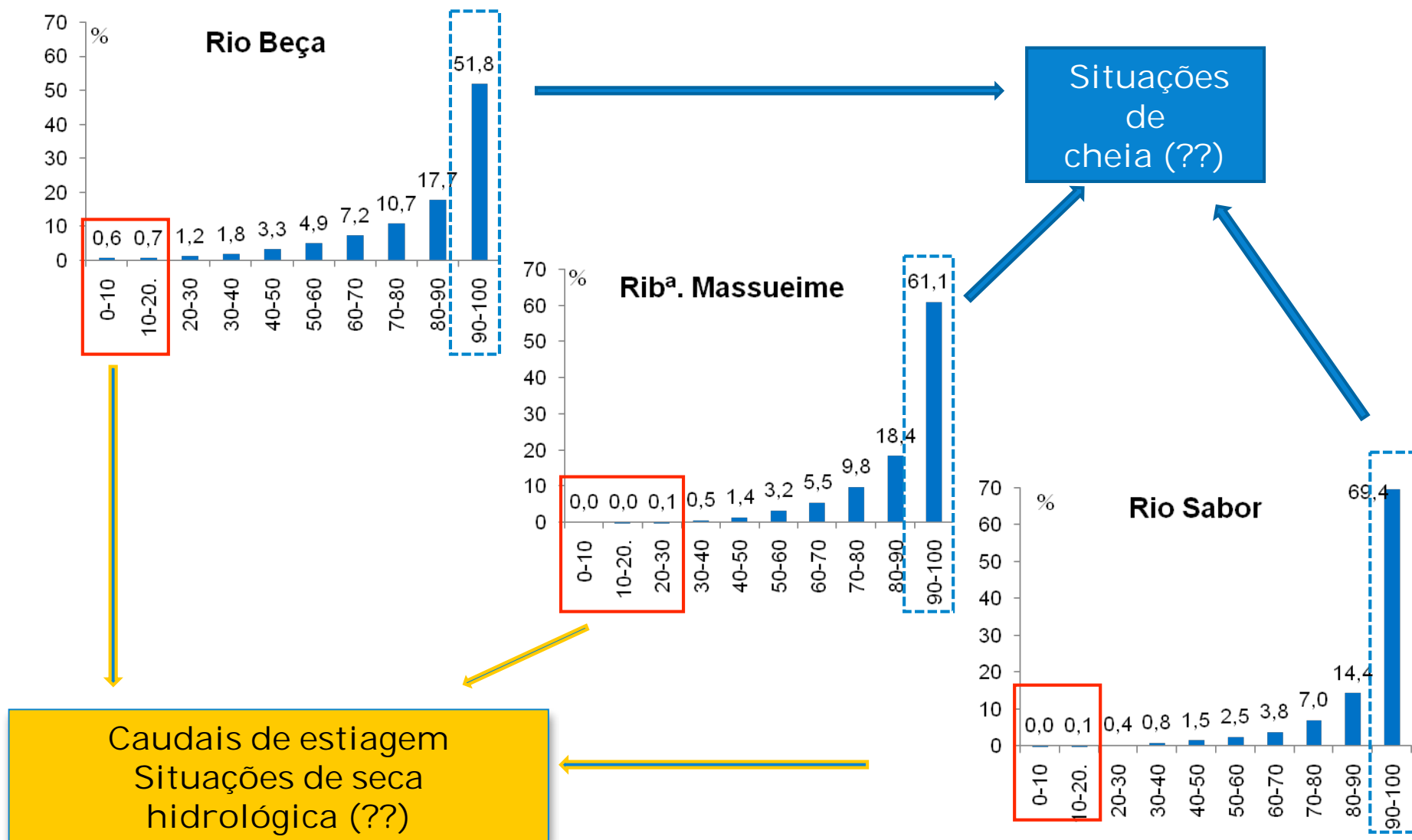
	Rio Beça	Rib. ^a de Massueime	Rio Sabor
Média (m³/s)	8,9	2,7	29,6
Mediana (m³/s)	3,7	0,6	5,7
Desvio-padrão (m³/s)	16,5	6,1	89,2
Coef. de variação (%)	186,2	228,4	301,7

Distribuição mensal dos caudais



- As linhas extremas correspondem aos valores máximos e mínimos observados;
- A caixa está delimitada pelo 1º e 3º quartil
- O traço do meio corresponde à mediana;
- Os valores que se distanciam do conjunto de dados são denominados "outliers".

Distribuição dos caudais médios diários por classes de percentil



Fontes e metodologia

INAG
(Instituto
Nacional da
Água)

Escoamento anual e mensal (dam³)

Caudais médios diários (m³/s)

	Rib. ^a		
	Rio Beça	Massueime	Rio Sabor
Máximo	311,00	231,00	1993,00
> Percentil 95	35,30	19,00	128,00
> Percentil 90	21,20	13,00	64,00
Percentil 50	3,70	0,60	5,70
< Percentil 30	1,25	0,05	1,77
< Percentil 20	0,72	0,01	0,65
< Percentil 10	0,57	0,00	0,16

Precipitação total e mensal (mm)

Análise de tendências
das séries

Coefficiente ρ de
Spearman
(SPSS)

Índice de concentração da
precipitação (PCI) (Olivier,
1980)

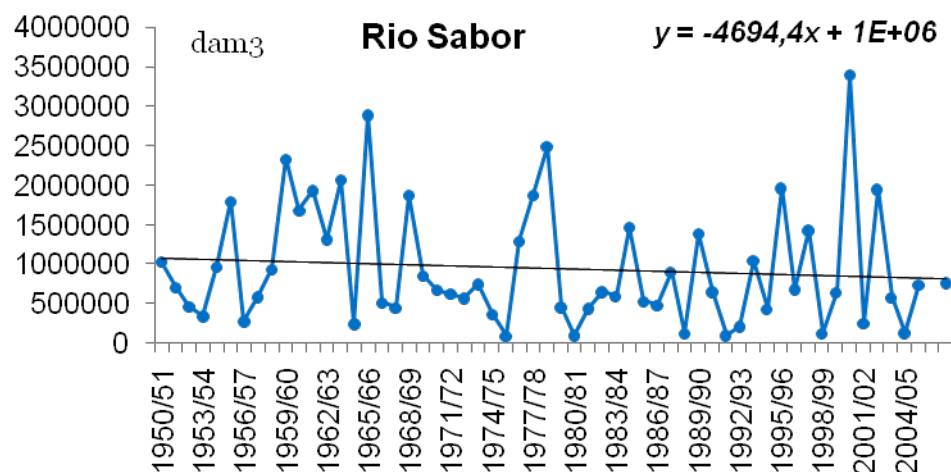
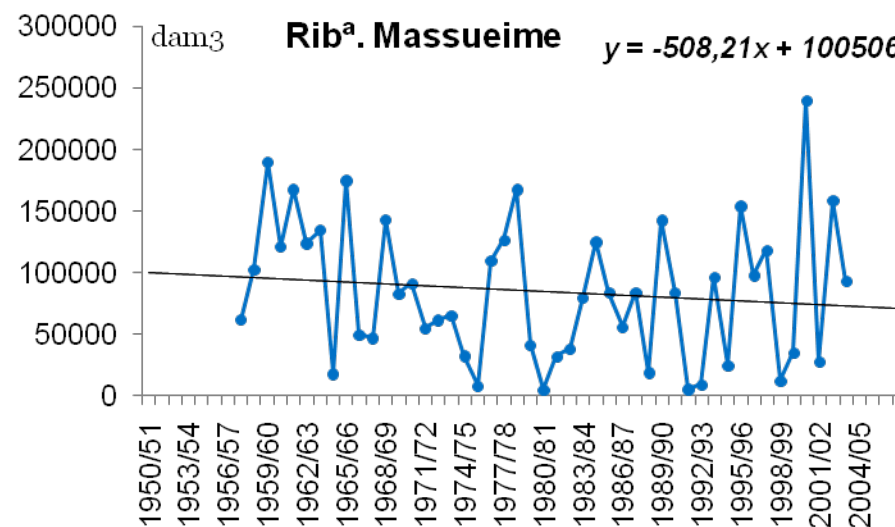
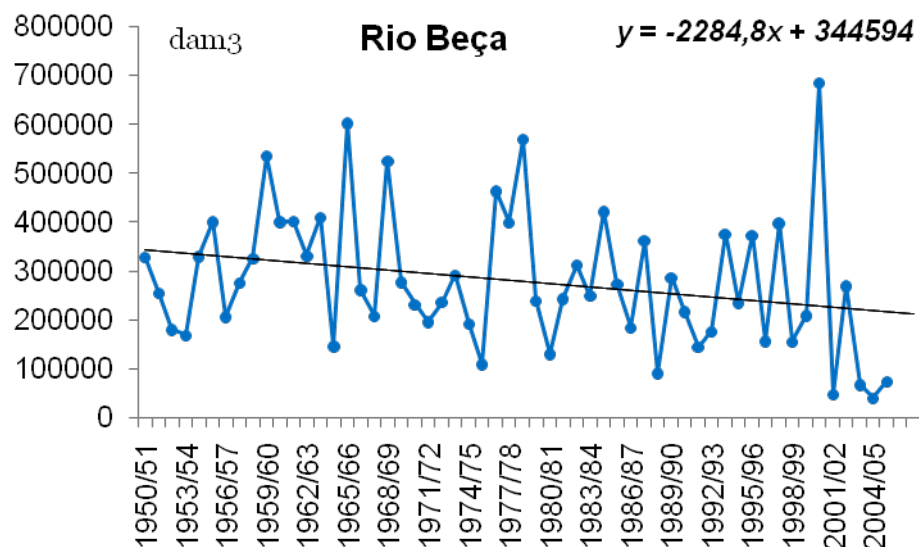
$$PCI = 100 \cdot \sum p^2 / P^2$$

onde:

- p : precipitação mensal
- P : precipitação anual

Evolução do uso e cobertura vegetal do solo (Recenseamentos Agrícolas, 1989/1999 (INE))

Evolução inter-anual e tendência temporal dos caudais

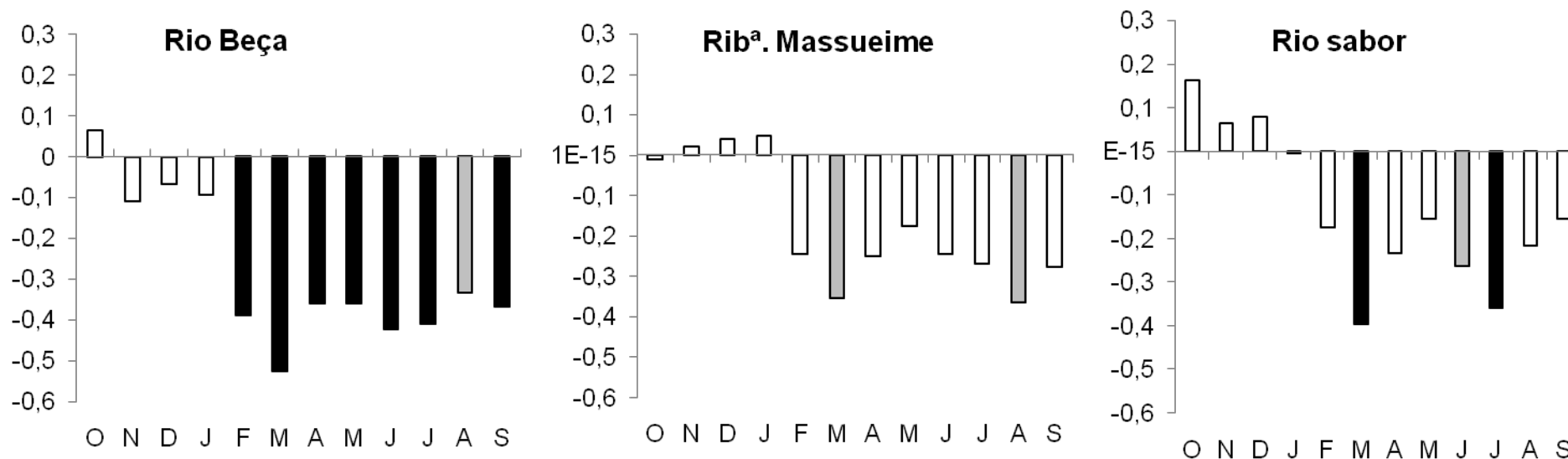


Variações nos caudais e coeficientes ρ de Spearman

	Variações em %	p-value
Rio Beça	-37,1	0,017*
Ribª. Massueime	-23,8	0,275
Rio Sabor	-26,2	0,276

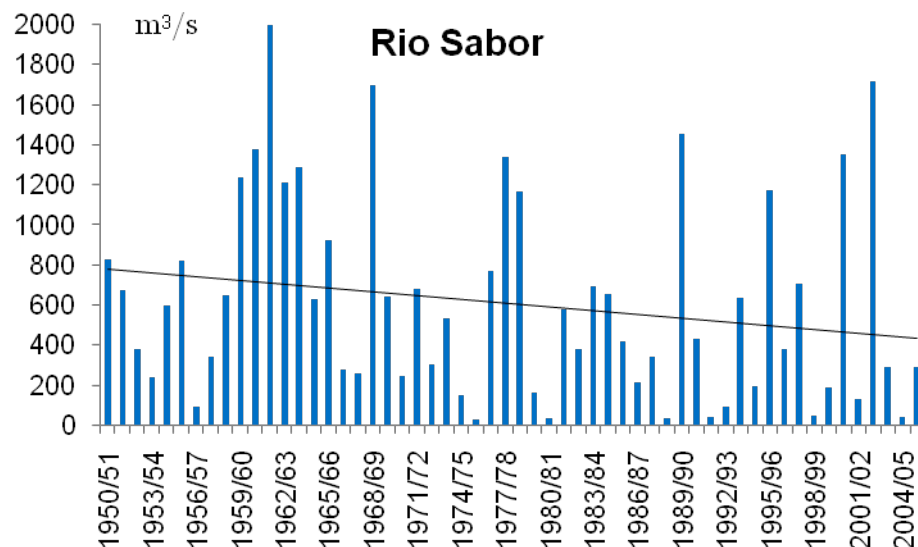
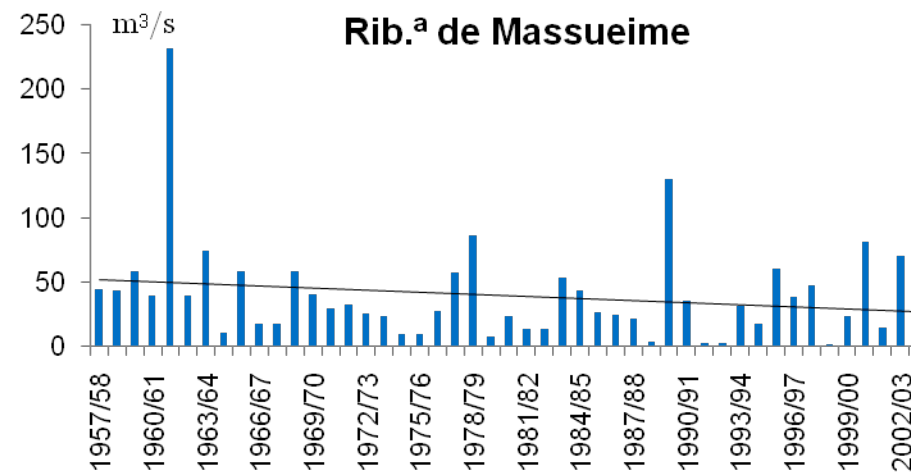
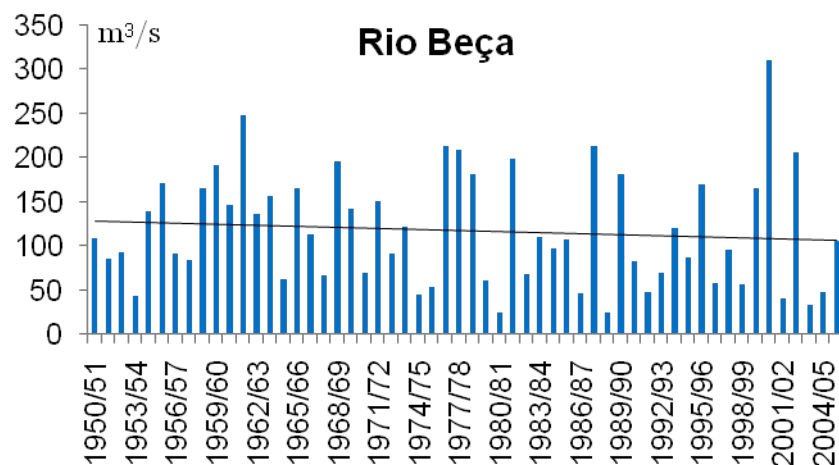
* Correlações significativas para um nível de confiança $p\text{-value} \leq 0,05$.

Tendência mensal do escoamento, segundo coeficiente ρ de *Spearman* (1950/01-2005/06)

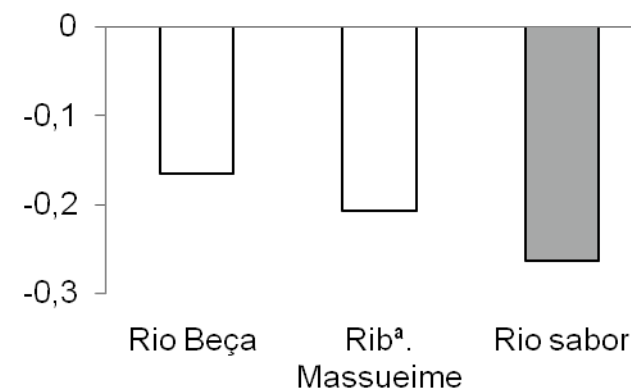


As correlações significativas para um nível $p\text{-value} \leq 0,05$ encontram-se a **cinza** e para $p\text{-value} \leq 0,01$ a **preto**.

Evolução inter-anual e tendência temporal dos caudais médios máximos

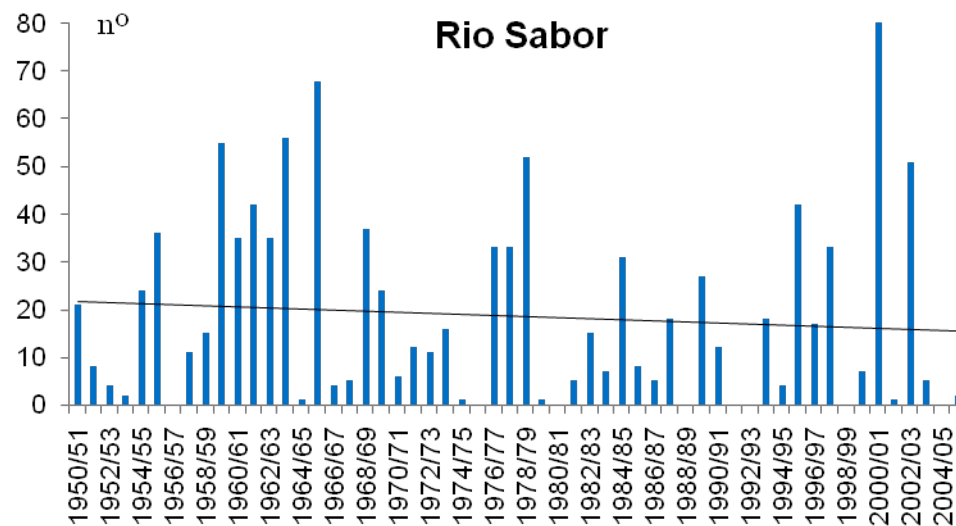
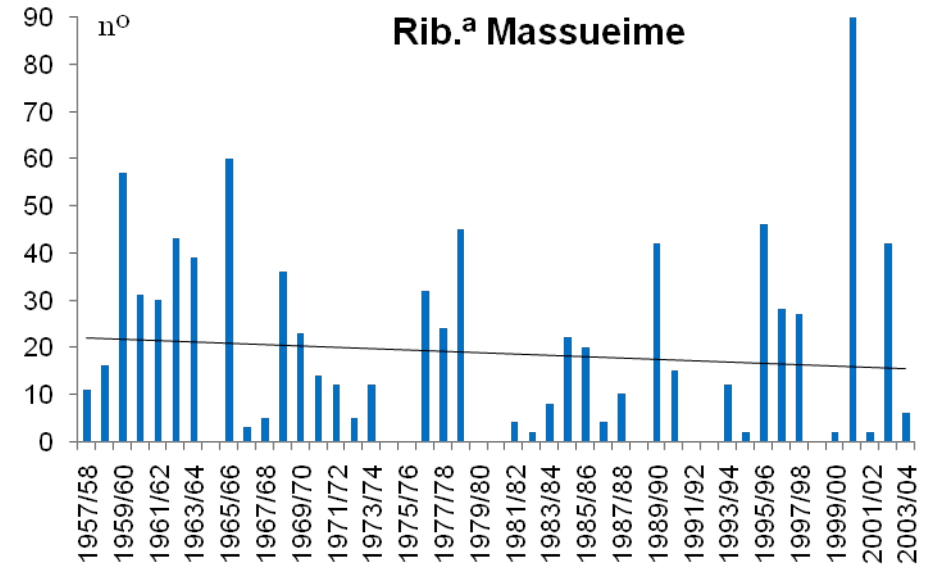
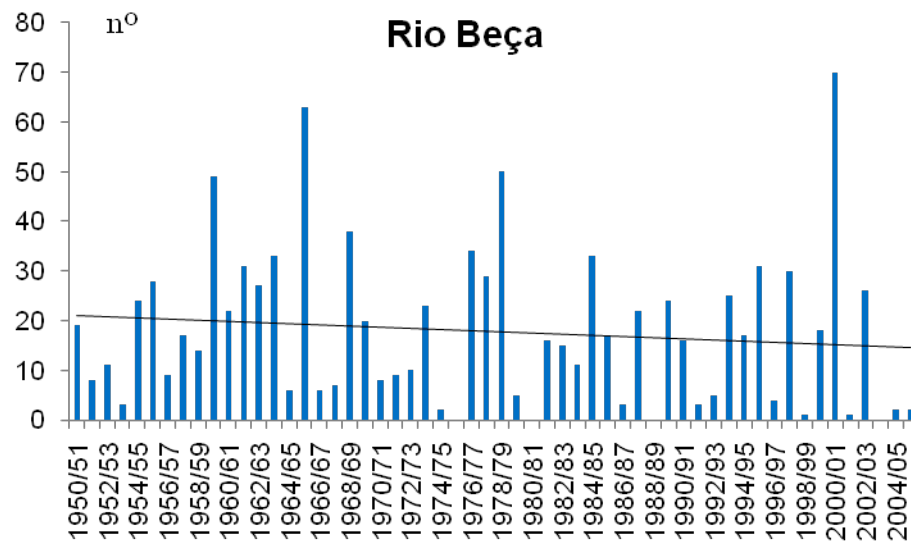


Tendência anual segundo o coeficiente ρ de Spearman

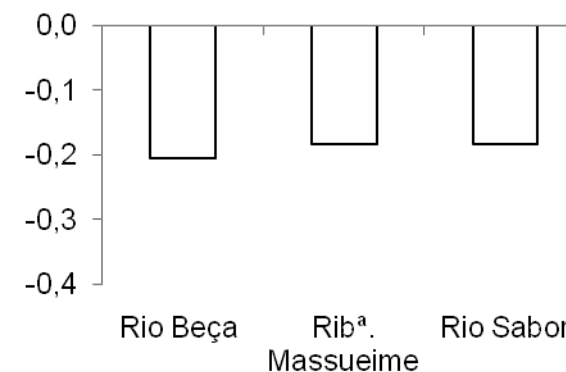


As correlações significativas para um nível de confiança $p\text{-value} \leq 0,05$ encontram-se a cinza.

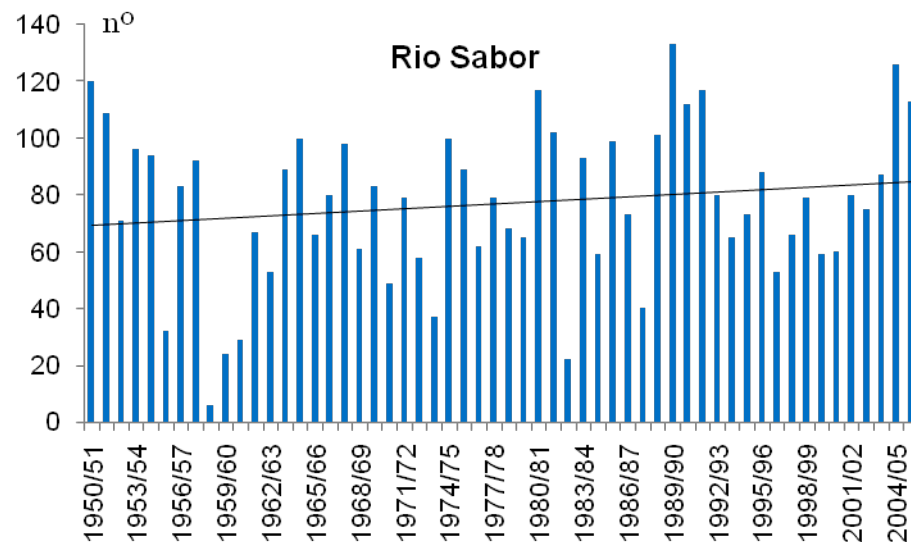
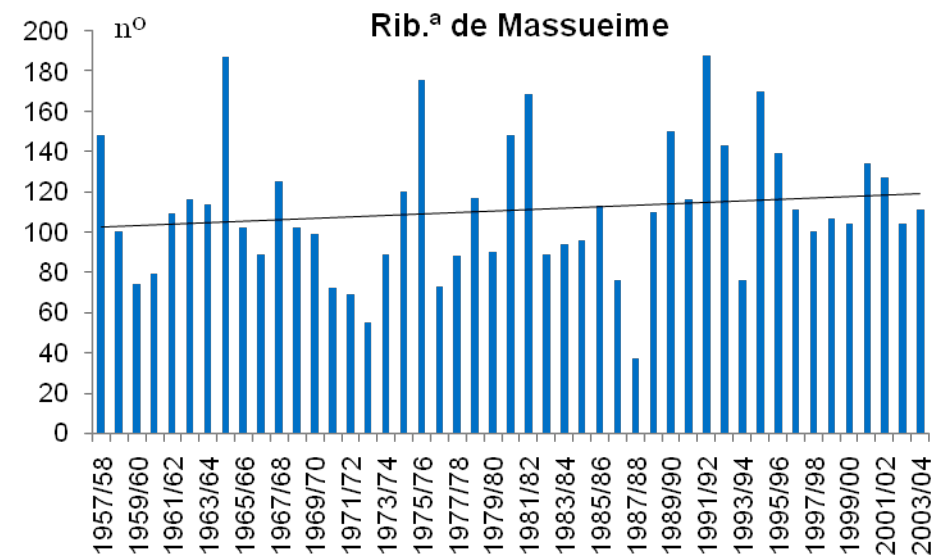
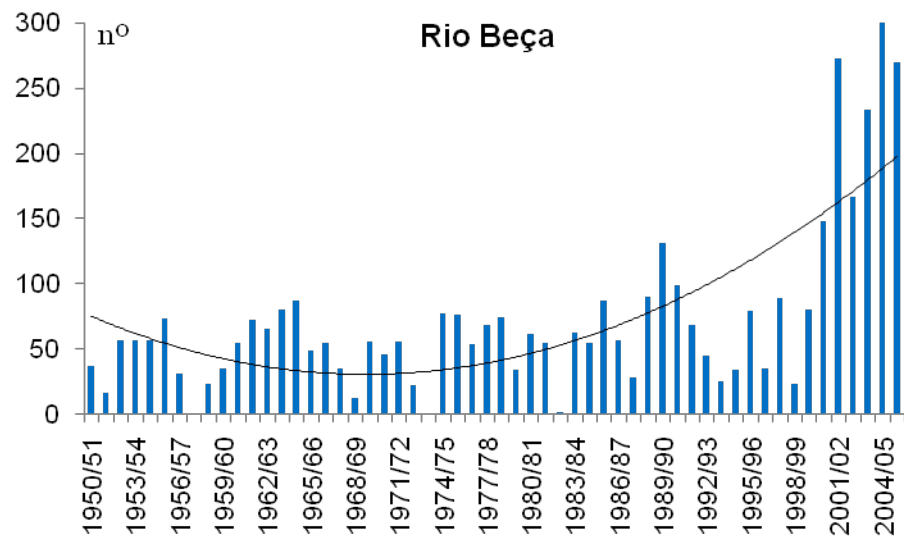
Evolução inter-anual e tendência temporal do número de dias com caudais superiores ao percentil 95



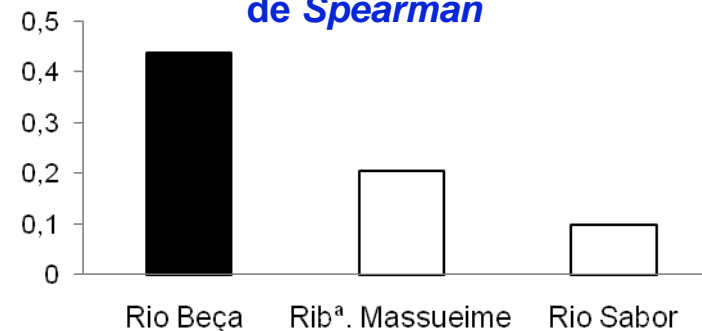
Tendência anual segundo o coeficiente ρ de Spearman



Evolução inter-anual e tendência temporal do número de dias com caudais inferiores ao percentil 20 (Beça e Sabor) e percentil 30 (Massueime)

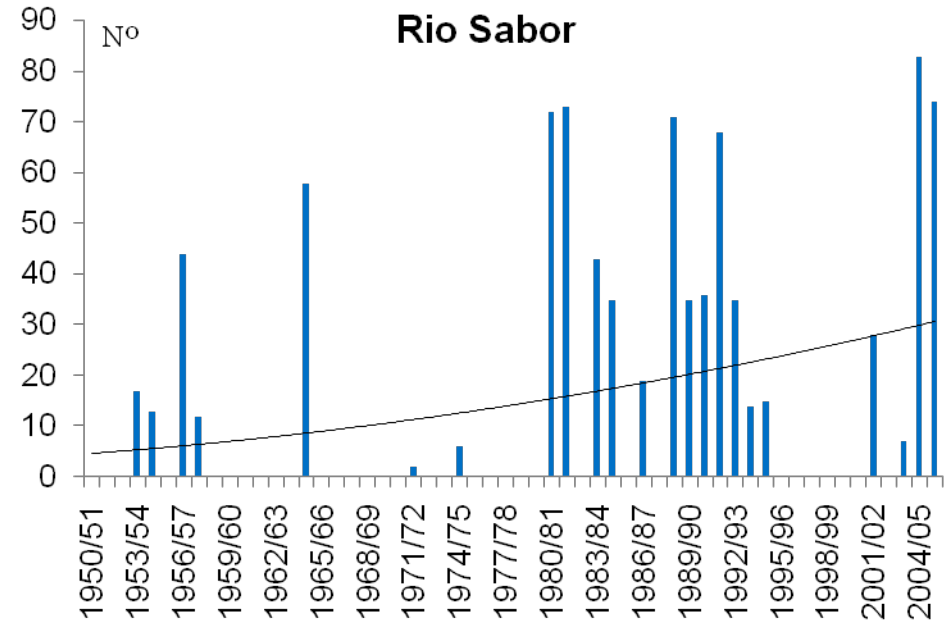
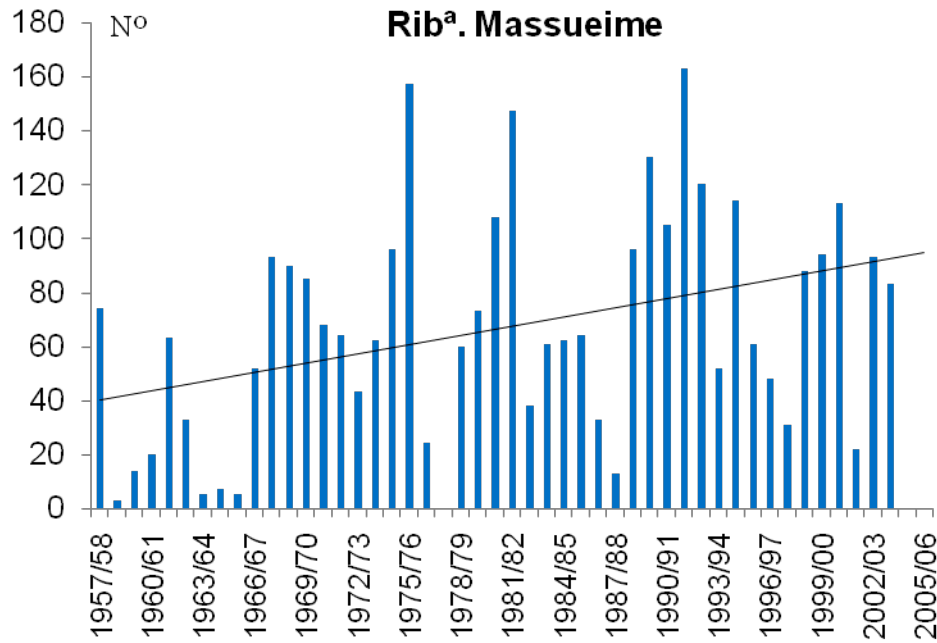


Tendência anual segundo o coeficiente ρ de Spearman

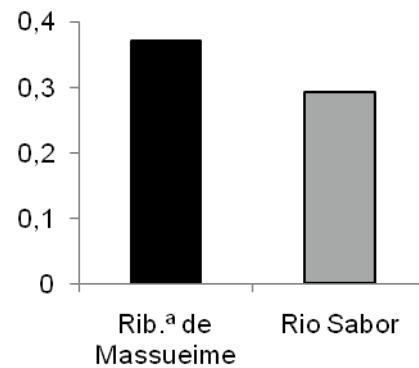


As correlações significativas para um nível de confiança $p\text{-value} \leq 0,01$ encontram-se a preto.

Evolução do número de dias sem escoamento e tendência temporal

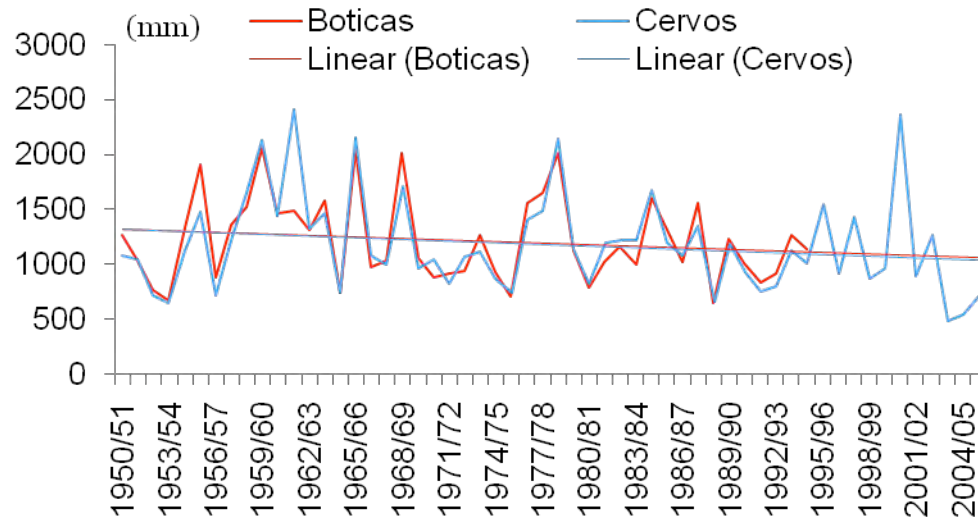


Tendência anual segundo o coeficiente ρ de Spearman

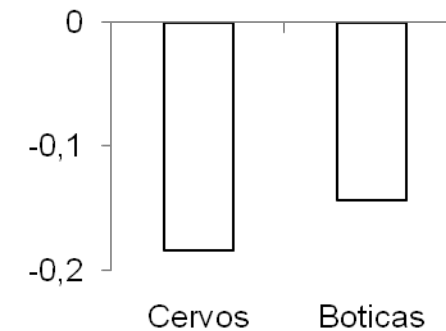


$p\text{-value} \leq 0,01$: Preto
 $p\text{-value} \leq 0,05$: Cinza

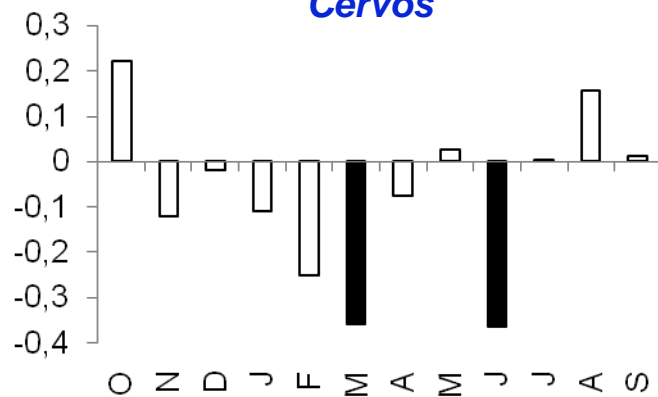
Evolução da precipitação e tendência anual e mensal – Bacia do rio Beça



Tendência anual da precipitação segundo o coeficiente ρ de Spearman

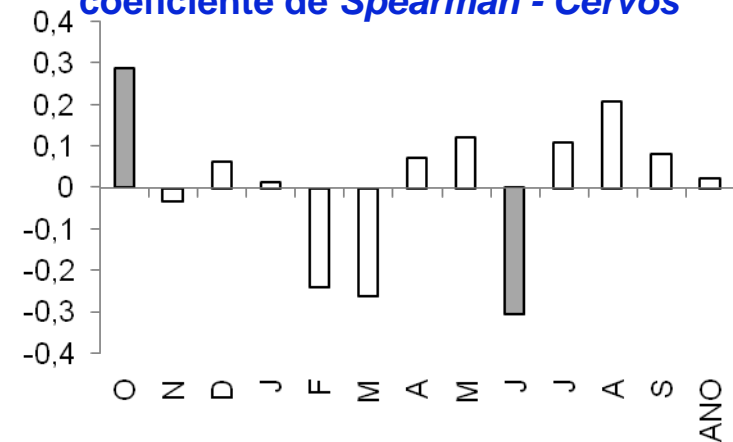


Tendência mensal da precipitação segundo o coeficiente ρ de Spearman - Cervos

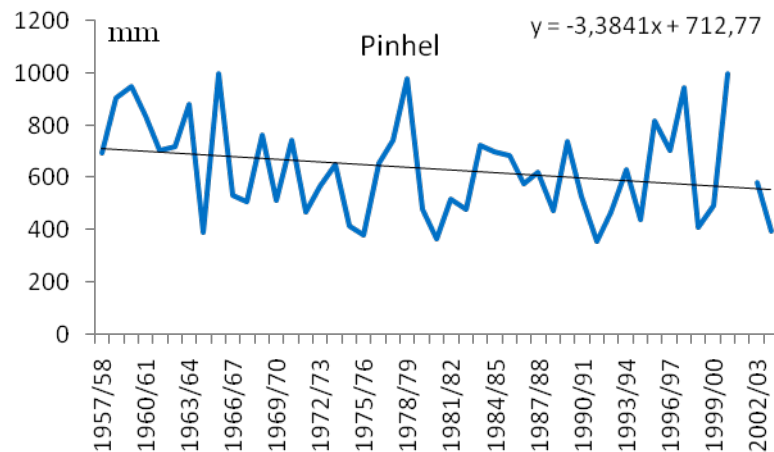


$p\text{-value} \leq 0,01$: Preto
 $p\text{-value} \leq 0,05$: Cinza

Tendência na concentração de precipitação (PCI), segundo o coeficiente de Spearman - Cervos

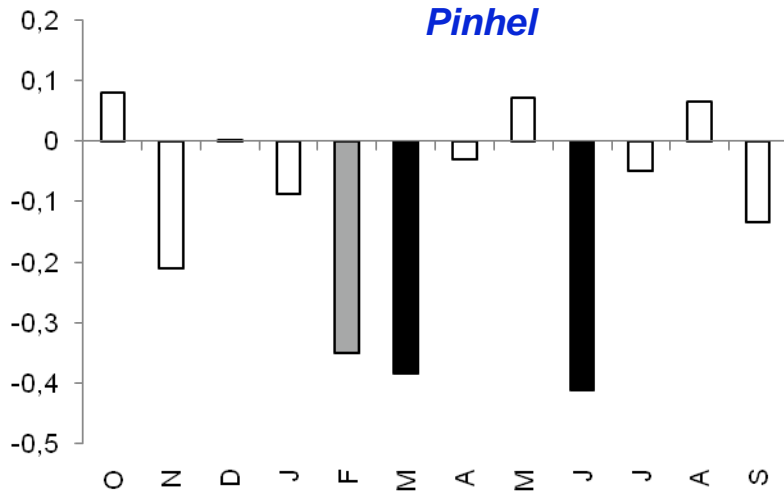


Evolução da precipitação e tendência anual e mensal – Bacia da Rib.^a de Massueime



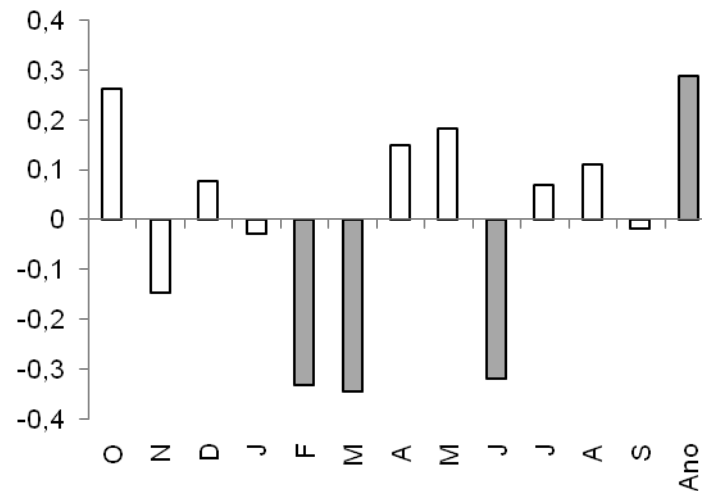
Coefficiente ρ de Spearman: -0,249
P-Value: 0,095

**Tendência mensal da precipitação
segundo o coeficiente ρ de Spearman –
Pinhel**



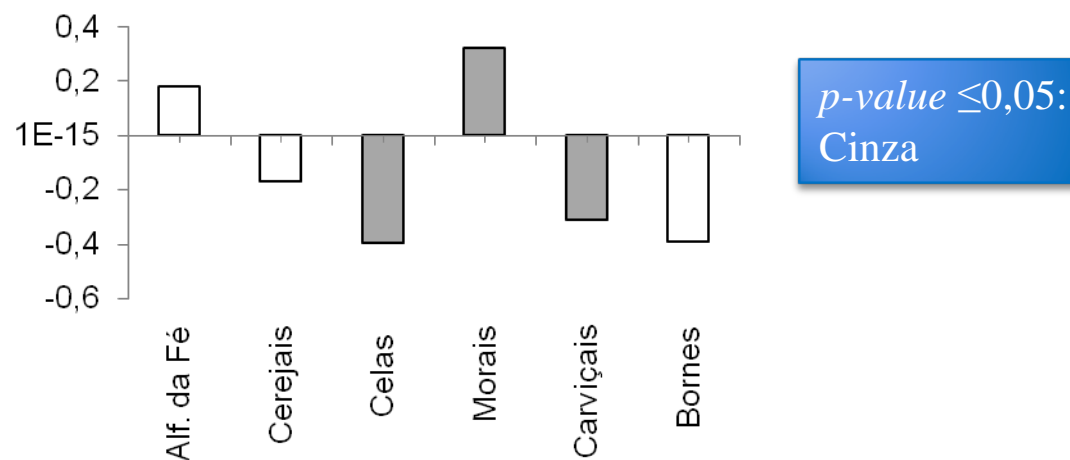
$p\text{-value} \leq 0,01$:
Preto
 $p\text{-value} \leq 0,05$:
Cinza

**Tendência na concentração de
precipitação (PCI) segundo o coeficiente
de Spearman - Pinhel**



Tendência anual e mensal da precipitação – Bacia do rio Sabor

Tendência anual, segundo coeficiente ρ de Spearman

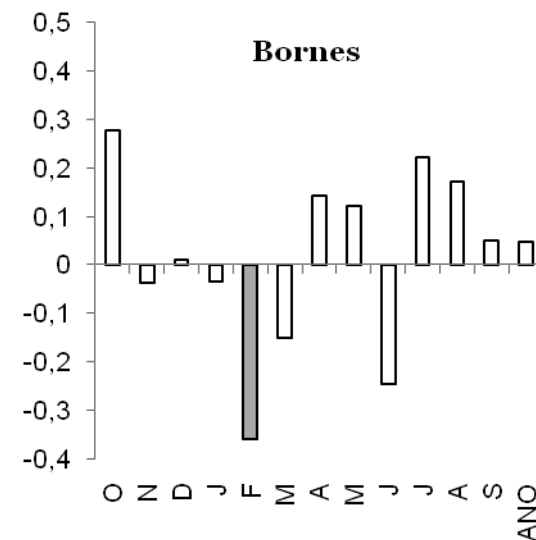
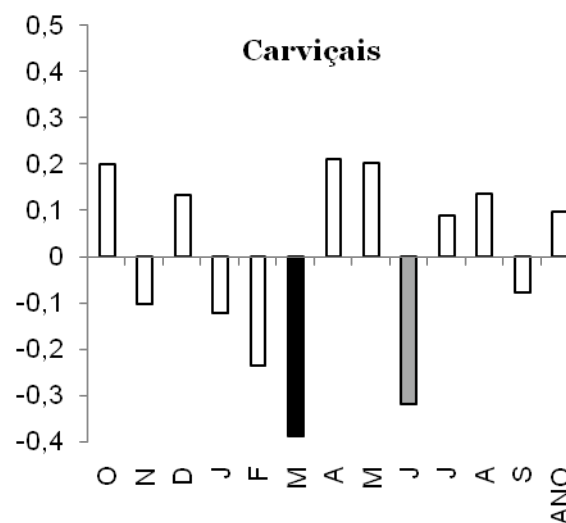
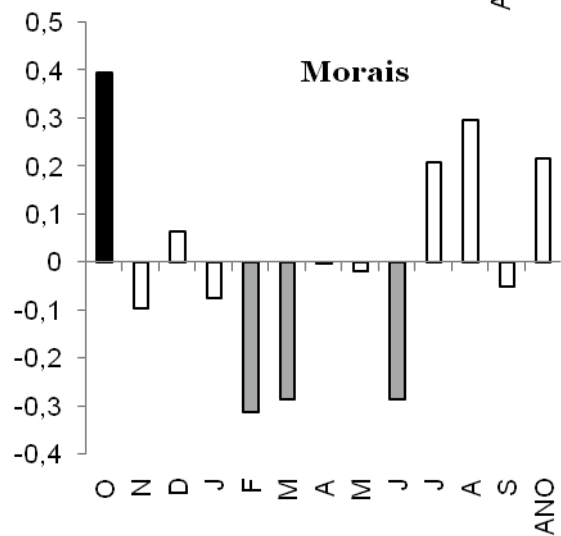
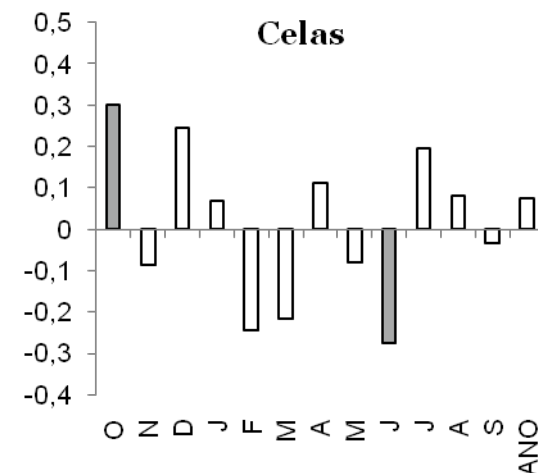
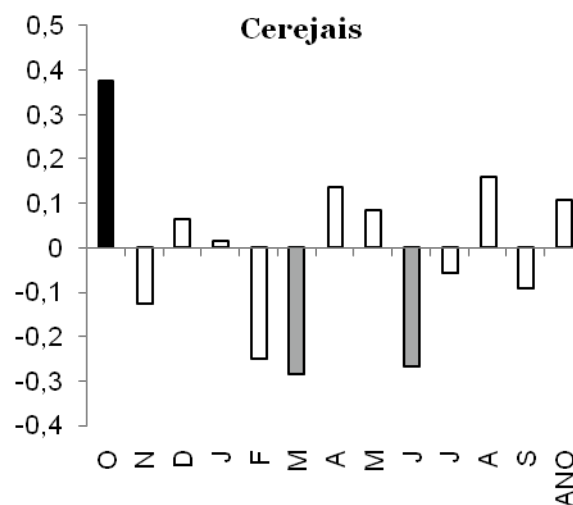
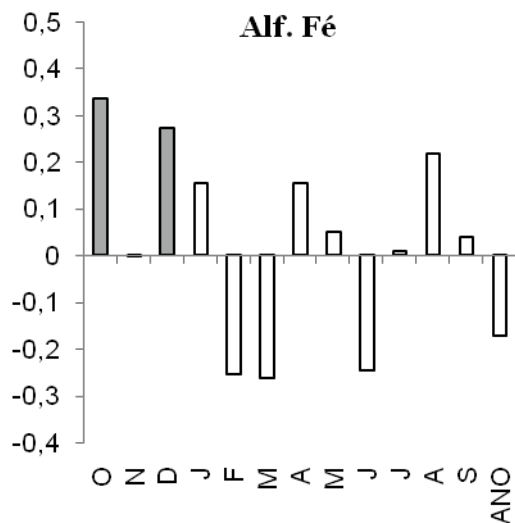


Tendência mensal, segundo coeficiente ρ de Spearman

Postos udométricos	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
Alf. Fé	0,422**	0,077	0,246	0,162	-0,146	-0,174	0,274*	0,166	-0,136	0,057	0,292*	0,039
Cerejais	0,037	-0,217	-0,028	-0,206	-0,237	-0,497**	-0,012	-0,043	-0,338*	0,064	0,114	-0,153
Celas	0,120	-0,201	-0,011	-0,18	-0,283*	-0,387**	-0,088	-0,212	-0,391**	0,084	0,026	-0,193
Morais	0,501**	0,095	0,195	0,043	-0,075	-0,149	0,184	0,147	-0,163	0,212	0,415**	0,075
Carviçais	0,147	-0,117	-0,056	-0,268*	-0,266	-0,512**	-0,007	0,048	-0,421**	0,002	0,088	-0,143
Bornes	0,130	-0,177	-0,141	-0,225	-0,387**	-0,308*	-0,031	-0,024	-0,432**	0,079	0,171	-0,126

** $p\text{-value} \leq 0,01$; * $p\text{-value} \leq 0,05$

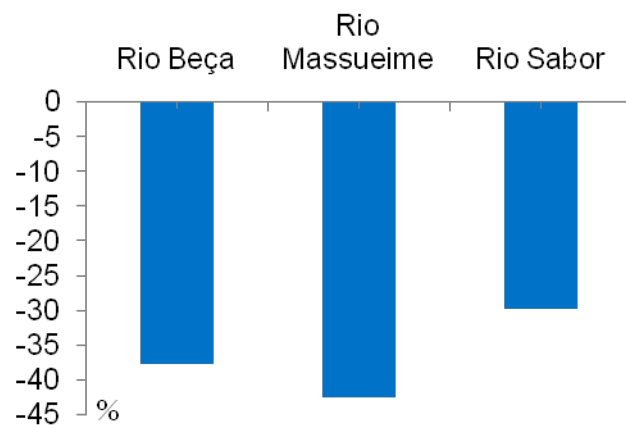
Tendência na concentração de precipitação (PCI) segundo o coeficiente de Spearman – *Bacia do Sabor*



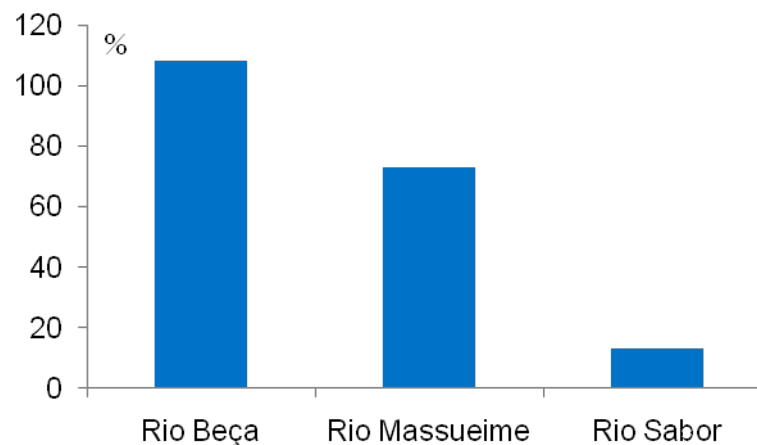
p-value ≤ 0,01: Preto; *p-value* ≤ 0,05: Cinza

Mudanças no uso e cobertura vegetal do solo nas bacias hidrográficas, entre 1989-99

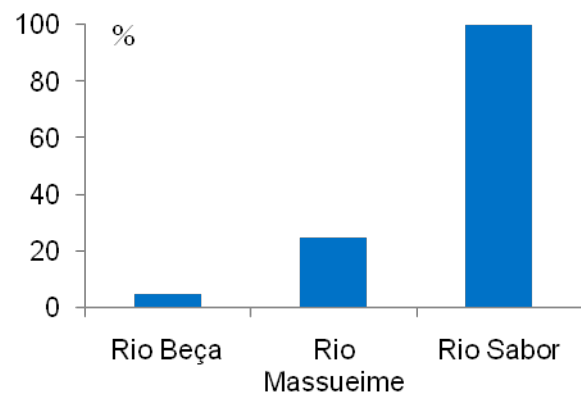
Terra arável limpa



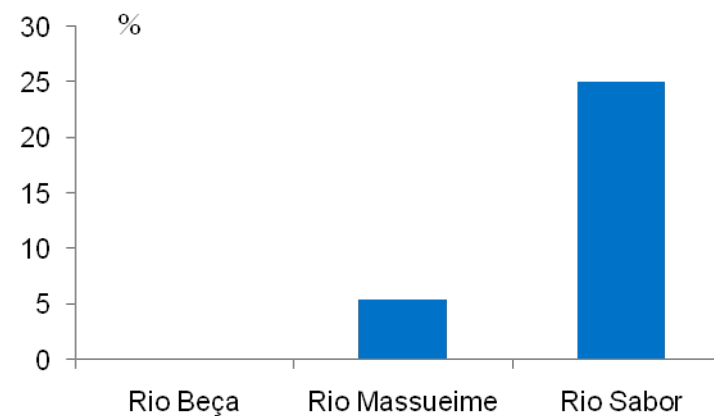
Pastagens permanentes em terra limpa



Matas e florestas sem culturas sob-coberto



Área de olival



Os cursos de água analisados mostram, após a segunda metade do sec. XX e princípios do XXI, uma tendência decrescente no escoamento total anual, estatisticamente significativa apenas no Rio Beça.

A nível mensal observam-se algumas alterações com significado em termos estatísticos, nas 3 bacias estudadas.

Relativamente à tendência inter-anual dos caudais extremos são de destacar os seguintes aspectos:

- os caudais médios máximos revelam uma diminuição, apenas com significado estatístico no rio Sabor.
- o número de dias com caudal > ao percentil 95 mostra um tendência negativa sem qualquer significado estatístico.
- Embora a evolução inter-anual do número de dias com caudal < ao percentil 20 (no Sabor) e percentil 30 (na Massueime) seja positivo, o que mais se destaca nestes cursos é o acentuado incremento dos dias marcados pela ausência de caudal.
- Relativamente ao Rio Beça, apesar de não assinalar caudais nulos, é de realçar a tendência crescente (estatisticamente significativa para um *p-value* de 0,01) do número de dias com escoamento < ao percentil 20.



Estas alterações na resposta hidrológica podem associar-se a causas múltiplas:

- Variações na precipitação, dado o regime pluvial destes cursos de água

Assim, no que se refere à precipitação há a salientar:

-a tendência decrescente dos quantitativos anuais de precipitação não é generalizada nas estações analisadas, embora todas mostrarem uma tendência positiva, tanto na quantidade como no índice de concentração de precipitação no mês de Outubro.

- em contrapartida, os meses de Fevereiro, Março e Junho evidenciam quebras nos quantitativos e nos respectivos índices de concentração de precipitação relativamente ao total anual.

- Mudanças no uso e cobertura vegetal do solo

- diminuição das terras aráveis

- incremento das áreas com coberto vegetal (pastagens, matas e culturas permanentes).