

THE EXCEPTIONAL RAINFALL ON 26 AND 27 MAY 1992 IN THE REGION OF IJUÍ  
(RIO GRANDE DO SUL - BRAZIL)

AS CHUVAS EXCEPCIONAIS DE 26 E 27 DE MAIO DE 1992 NA REGIÃO DE IJUÍ/RS

PIERRE CHEVALLIER  
Hidrologo, Diretor de Pesquisas  
Laboratoire d'Hydrologie ORSTOM  
Boite Postale 5045  
34032 Montpellier Cedex 1 - França

RIVALDO ALBINO DHEIN  
Engenheiro Agrônomo  
Cooperativa Regional Triticola Serrana Ltda (COTRIJUÍ),  
Departamento Agrotécnico,  
Caixa Postal 111  
98700-970 Ijuí RS

RESUMO -- Num contexto climático influenciado pelo fenômeno El Niño, chuvas excepcionais caíram no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul durante os dias 26 e 27 de maio de 1992. Estas precipitações tiveram um volume total com um período de retorno da ordem de vários séculos, enquanto as suas intensidades apresentaram valores muito<sup>os</sup> mais frequentes. Depois de uma análise das vazões de pico para pequenas bacias hidrográficas, os autores estudam o impacto deste evento tanto no meio urbano quanto no meio rural.

Palavras-Chave : chuvas intensas, cheias excepcionais, perda de solo

ABSTRACT -- With a climate subject to influences of the El Niño phenomenon, the north-eastern part of the state of Rio Grande do Sul experienced exceptional rainfall on 26 and 27 May 1992. The total volume falling in this period had a return period of several centuries; the intensities of rainfall had return periods that were much shorter. The paper gives results from an analysis of the corresponding peak discharges measured on small watersheds, and assesses the impact of the event on both urban and rural environments.

Keywords : intense rainfall, exceptional flood, soil loss



### INTRODUÇÃO

Nos dias 26 e 27 de maio de 1992, a região de Ijuí, Estado do Rio Grande do Sul (ver localização na figura 1), foi atingida por chuvas excepcionais que, de acordo com os registros disponíveis, acumularam até 500 mm em menos de dois dias. Mais precisamente, observou-se, durante cerca de trinta horas (entre as 10 horas de 26 de maio e as 16 horas de 27 de maio), uma sequência de vários episódios chuvosos, de intensidade variável com calmarias que não ultrapassaram três horas. Volumes precipitados desta ordem nunca antes tinham sido observados nesta região do sul do Brasil onde o clima é mesotérmico de tipo temperado, caracterizado por sua homogeneidade e sua unidade regional (IBGE, 1986; Nimer, 1989).

Nesta região, observa-se (Chevallier, 1991) precipitações anuais médias de 1 700 mm, precipitações mensais médias muito bem distribuídas entre 110 e 160 mm, e uma precipitação em 24 horas com um período de retorno anual da ordem de 90 mm. A figura 2 mostra a distribuição mensal média das precipitações em Santo Ângelo/RS (60 km a oeste de Ijuí) calculada para um período de 45 anos. Deve-se observar contudo que essa aparente homogeneidade é sujeita a uma variabilidade muito grande de um ano para outro, e, sobretudo, de um mês para outro, pois os desvios-padrões são da ordem de 420 mm para o total anual, e compreendidos entre 75 e 115 mm para os valores mensais.

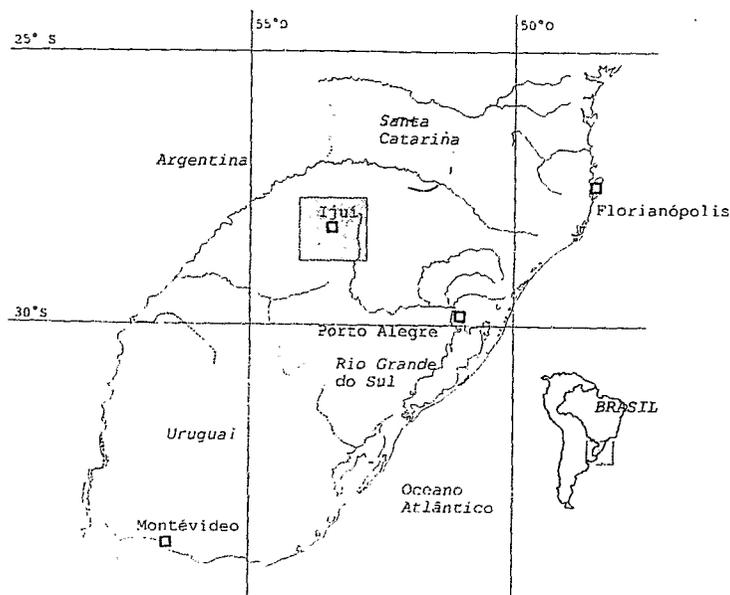


Figura 1 : Localização da região de Ijuí.

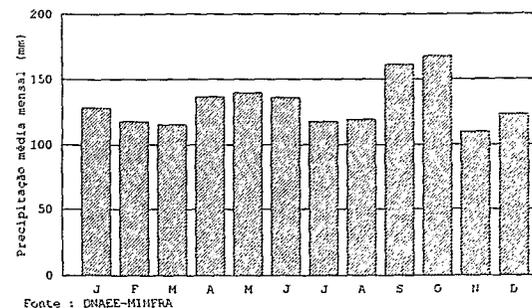


Figura 2 : Distribuição mensal média das precipitações em Santo Ângelo/RS.

### A CHUVA

#### Contexto climático

Em 1992, o clima do continente sulamericano foi influenciado pela atividade do fenômeno conhecido pelo nome de El Niño. Recordar-se que esse fenômeno, que ocorre episodicamente, e com intensidades muito variáveis, é provocado por uma inversão térmica das correntes marítimas na costa oeste da América do Sul, na altura do Peru e do Equador. El Niño afeta notavelmente o regime climático do Brasil, provocando fortes precipitações no Sul e secas prolongadas na região semi-árida no Nordeste.

Em maio de 1992 (INPE, 1992) a presença do El Niño foi sentida na diminuição de fenômenos convectivos sobre o Nordeste e sobre o leste da Amazônia, e na intensificação do jato atmosférico subtropical, favorecendo assim a atividade dos sistemas frontais do sul do Brasil. Embora ainda se encontrando na estação de chuvas, uma parte importante do Nordeste não tinha recebido qualquer precipitação, enquanto na região sul foram observados totais pluviométricos mensais superiores a 600 mm. Segundo o INPE (1992), cujas análises são feitas a partir de observações de satélite, confirmadas por um pequeno número de observações no solo, os máximos de precipitações mensais foram observados no oeste do Estado do Paraná e no sul do Estado do Mato Grosso do Sul.

Em 26 e 27 de maio um sistema frontal atingiu o Rio Grande do Sul e, em associação com outras perturbações locais de depressão, provocou as chuvas intensas estudadas neste artigo. O caráter mais do que excepcional desse fenômeno na região de Ijuí não foi observado pelo INPE que menciona precipitações superiores a 100 mm em 24 horas em Cruz Alta (40 km a sudeste de Ijuí), Passo Fundo e Lagoa Vermelha (respectivamente 140 e 230 km a leste-nordeste) sem maiores comentários.

#### Precipitações medidas

Os mapas de isoietas da figura 3 foram estabelecidos a partir de observações diárias realizadas em 61 postos da região de Ijuí (ver tabela em anexo). Estes postos são geridos por cinco administrações diferentes: Cotiajuí (Cooperativa Regional Triticola Serrana Ltda), Ipagro (Instituto de Pesquisa Agropecuária da Secretária da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul), CEEE (Companhia Estadual de Energia Elétrica), CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) e IPH-UFRGS (Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Salvo nos casos de postos pertencentes a este último órgão, e que se encontram todos nas imediações da

pertencentes a este último órgão, e que se encontram todos nas imediações da cidade de Pejuçara, trata-se de dados brutos, tal como aparecem nas fichas dos observadores.

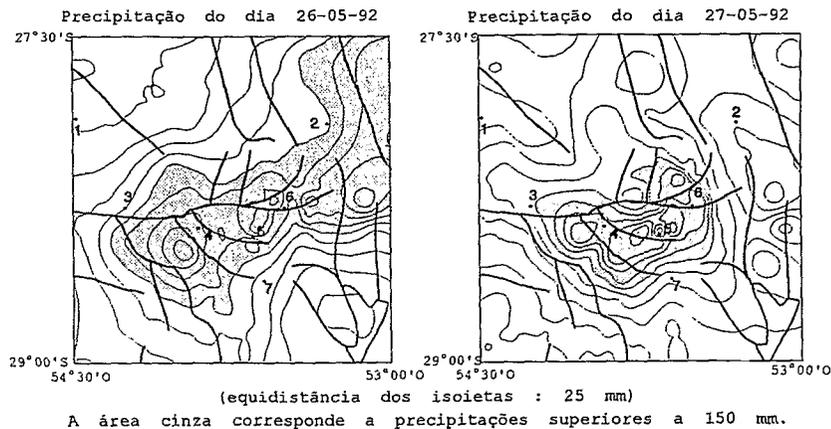
Vários pluviômetros, geridos pelo Projeto Potiribu do IPH-UFRGS, registraram o evento na zona próxima a Pejuçara. O pluviômetro do Centro de Treinamento da Cotrijui, onde ocorreu o maior volume de precipitação, funcionou apenas parcialmente. A figura 4 apresenta o hietograma obtido por um pluviômetro diário (de marca brasileira IH, medindo por pesagem e esvaziando-se por sifão, com tambor e precisão de 0,1 mm) instalado na cidade de Pejuçara. O total registrado foi de 396,5 mm. Os dados foram processados por meio de uma mesa digitalizadora. Uma interpolação por média móvel foi realizada a seguir, para intervalos de tempo fixos de 10 minutos.

O exame destas duas figuras permite algumas observações :

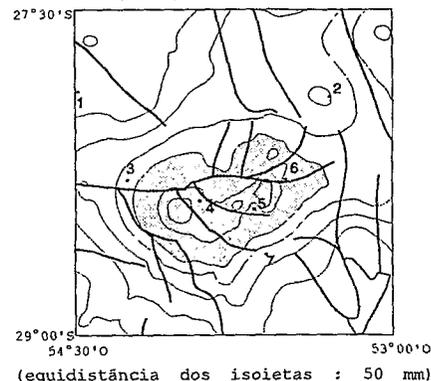
- A passagem da frente de precipitação provocou uma série de aguaceiros sucessivos durante o dia 26 e na noite do dia 26 para o dia 27 e, depois, uma única tormenta a partir das 8 horas no dia 27.
- Por uma feliz coincidência, o mapa de precipitações de 26 de maio apresenta o conjunto acumulado do primeiro grupo de tormentas, pois os observadores geralmente fazem a coleta entre 7 e 8 horas da manhã, ou seja, no caso, em um momento de relativa calma. Observa-se a extensão geográfica bastante grande da zona de acumulação importante, que se estende muito mais para leste, na direção de Passo Fundo e Lagoa Vermelha, justificando a observação do INPE, mencionada acima.
- A tormenta final, única, de 27 de maio, ao contrário, apresenta uma zona nitidamente delimitada, com um epicentro sobre Ijuí, Pejuçara e Panambi.
- Como se trata de dados brutos, são observadas numerosas anomalias locais não corrigidas na computação automática das isoietas por método geostatística (kriging).

Extraímos alguns valores interessantes da precipitação registrada em Pejuçara :

- intensidade máxima de 104 mm/h em 10 minutos, de 72 mm/h em 30 minutos, de 62 mm/h em uma hora e de 51 mm/h em 3 horas ;
- erosividade total do evento, calculada segundo a fórmula proposta por Wischmeier et Smith (1978), de 242 t.mm/ha.h, dos quais 170 t.mm/ha.h correspondem ao único aguaceiro caído na manhã do dia 27.



Acúmulo das precipitações de 26 e 27-05-92



Postos pluviométricos principais

1. Santa Rosa
2. Palmeira das Missões
3. Santo Ângelo
4. Ijuí
5. Pejuçara
6. Panambi
7. Cruz Alta

Figura 3 : Precipitações acumuladas de 26 e 27 de maio de 1992 na região de Ijuí.

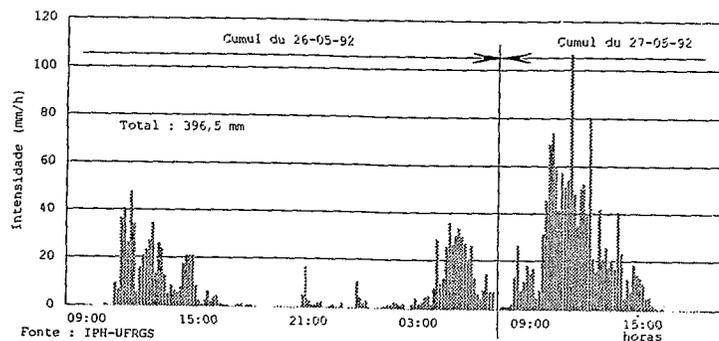


Figura 4 : Hietograma registrado em Pejuçara

#### Avaliação estatística

É sempre arriscado avaliar períodos de retorno para um evento que não se enquadra nas observações historicamente realizadas. As mais longas séries de observações na região atingem pouco mais de 70 anos.

Estudemos a distribuição estatística obtida pelo acúmulo de tormentas, em dois dias consecutivos, em uma série reconstituída de 73 anos em Santo Ângelo (entre 1914 e 1988, com algumas lacunas). O melhor ajuste é dado por uma distribuição Gama com a seguinte equação :

$$\gamma = 0,021 (P-1238) \quad (1)$$

onde P é a precipitação acumulada em dois dias consecutivos.

Das precipitações acumuladas em dois dias consecutivos superiores a 300, 400 e 500 mm obtêm-se, respectivamente, períodos de retorno da ordem de 160, 1 700 e 16 000 anos. Estes resultados, sobretudo os dois últimos, fazem pouco sentido na medida em que eles foram avaliados para um período de observação muito mais curto (73 anos), por um lado, e, por outro, pelo fato de uma duração superior a 10 000 anos se situar numa escala de tempo maior que a escala de tempo das variações climáticas planetárias. Contudo, pode-se estimar, com pouco risco de engano, que este evento possui um período de retorno da ordem de, pelo menos, alguns séculos.

Quanto às intensidades, segundo o estudo realizado por Chevallier (1991), observa-se que os valores máximos observados em 10, 30 e 60 minutos correspondem a períodos de retorno da ordem de 2 a 3 anos. O valor observado em três horas é muito mais raro, com uma recorrência superior a 50 anos, limite proposto pelo autor que dispunha de apenas 16 anos de observações pluviográficas. O que torna o evento de 26 e 27 de maio particularmente excepcional é sobretudo a sua duração, antes que a sua intensidade. Esta particularidade é encontrada também para o valor de erosividade. Dentro da precisão das medições, o valor de 170 t.mm/ha.h, calculado para a tormenta da manhã do dia 27, é pouco superior ao valor de 153 t.mm/ha.h para o qual Chevallier dá um período de retorno de 20 anos. A erosividade, além da intensidade de um aguaceiro, depende também da sua duração. No caso desta tromba d'água, ela apresenta um período de retorno pouco frequente mas não extremamente raro, inferior a 50 anos.

#### OS ESCOAMENTOS

##### Dados registrados

Essas chuvas provocaram as maiores cheias jamais vistas na região. Infelizmente, poucos dados estão disponíveis, pois nenhum hidrólogo qualificado estava na área no momento oportuno. Nos postos da rede hidrológica gerida pela CPRM ou nas centrais hidroelétricas da CEEE, as leituras das réguas apresentam alturas excepcionais. Contudo, atualmente é difícil explorar esses resultados, já que esses órgãos até o momento não dispõem de uma extrapolação das curvas-chaves cota-descarga até cotas atingidas pelas enchentes. Além disso, os leitos dos cursos d'água e as estruturas de retenção e pontes, junto às quais estão instalados os postos sofreram grandes danos. Em muitos casos, não é suficiente a extrapolação da curva-chave. É necessário revisar os perfis longitudinais e transversais das seções e, também, verificar se os controles a jusante não foram modificados.

Nos quatro linigrafos que funcionam no Projeto Potiribu do IPH-UFRGS (próximo a Pejuçara), um único registrou o evento em sua totalidade, aquele instalado na pequena bacia hidrográfica de Donato (1,10 km<sup>2</sup>). Os três outros (Turcato, 19,5 km<sup>2</sup>; Rincão, 16,8 km<sup>2</sup> e Andorinhas, 563 km<sup>2</sup>) ficaram submersos ou foram, até mesmo, destruídos. Contudo, pouco tempo após a cheia, foi possível realizar levantamentos precisos das seções transversais e avaliações das cotas máximas atingidas, a partir de marcas, bem visíveis, deixadas pela enchente. Foi depois, necessário efetuar extrapolações ousadas para avaliar as descargas ocorridas: foi impossível fazê-lo apenas no caso do posto de Rincão, onde o número de medições anteriores era pequeno demais e onde a seção foi quase inteiramente destruída pela queda da ponte na qual se apoiava o linígrafo.

##### Resultados

A tabela 1 apresenta as observações realizadas nos postos do Projeto Potiribu, no momento do pico de cheia, e a figura 5 o hidrograma registrado no posto de Donato. Em todos os casos trata-se de dados estabelecidos com a ajuda de curvas-chaves fortemente extrapoladas e, provavelmente, afetadas por um erro importante. Mas as ordens de grandeza são particularmente interessantes.

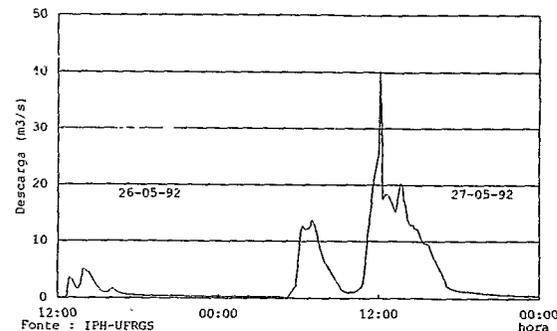


Figura 5 : Hidrograma da cheia de 26 e 27 de maio de 1992 no posto de Donato.

Tabela 1 : Características de picos de cheias nas bacias do Projeto Potiribu

Posto	Área da bacia (km <sup>2</sup> ) A	Cota máxima observada (cm)	Descarga máxima avaliada (m <sup>3</sup> /s) Q	Descarga espec. máx. avaliada (m <sup>3</sup> /s.km <sup>2</sup> )	Coefficiente K
Donato	1,10	321	40,3	36,6	4,48
Turcato	19,5	680	200	10,3	4,49
Andorinhas	563	530	720	1,38	4,01

O coeficiente K foi proposto por Francou e Rodier (1967) para avaliar a força das cheias ; ele se calcula segundo :

$$K = 10 \times (1 - \frac{\log(Q) - 6}{\log(A) - 8}) \quad (2)$$

As maiores enchentes registradas no mundo ultrapassam K=5,75 para as bacias maiores que 100 km<sup>2</sup> e K=5,1 para as pequenas bacias (Rodier e Roche, 1984). As enchentes muito fortes que se referem a estes valores pertencem em todos os casos às regiões tropicais úmidas.

Os valores obtidos em nossas bacias de uma região temperada, mesotérmica e relativamente úmida, não alcançam estes recordes. A principal razão é a forma da chuva cuja intensidade fica bem menor que aquela das tormentas tropicais. Lembrando-se que a excepcionalidade de nosso evento é caracterizada pela duração da chuva, sugerimos, por analogia com as análises das intensidades e da erosividade da chuva, que, por causa dos processos de concentração do escoamento nas bacias, a vazão de pico poderia não ser muito rara, com um período de retorno provavelmente muito menor que cem anos.

#### O IMPACTO REGIONAL

O município de Ijuí (82 000 moradores em 1990), no centro de uma das mais importantes regiões agrícolas do Brasil, foi o mais atingido pela excepcionalidade das chuvas dos dias 26 e 27 de maio que resultaram em quatro mortes, muitos feridos e prejuízos econômicos incalculáveis, tanto no meio urbano como rural (Prefeitura de Ijuí, 1992a). O Poder Público Municipal chegou a decretar Estado de Emergência no município, já no dia 27 de maio. No dia seguinte em função do agravamento da situação, decretou Estado de Calamidade Pública. Outros municípios vizinhos seriamente atingidos foram : Ajuricaba, Augusto Pestana, Catuípe, Jóia, Panambi, Pejuçara e Santo Ângelo. Todos com enormes prejuízos econômicos : muito desabrigados, casa destruídas, estradas e pontilhões severamente danificados, problemas de abastecimento de água, de energia elétrica, e de comunicações.

#### Em meio urbano

A sede do município de Ijuí chegou a permanecer completamente isolada durante três dias em função de problemas nas rodovias federais (BR-285), estaduais (RS-155 e RS-342) e municipais : inundações, quedas de pontes, cabeceiras de pontes e barreiras, rompimento de camadas asfálticas, etc. O fornecimento de água foi completamente interrompido durante 24 horas e seu restabelecimento normal só aconteceu uma semana depois. Resultaram completamente destruídas 50 casas residenciais e mais 115 foram parcialmente destruídas. Na noite do dia 27, contavam-se mais de mil flagelados, abrigados em ginásios de esportes, escolas e prédios públicos e particulares. Os problemas na área urbana foram causados principalmente pelo Arroio do Moimho que atravessa a cidade e tem, em grande parte, a superfície do solo revestida (telhados e ruas pavimentadas) na sua bacia de captação.

Contudo, foi no setor energético que a municipalidade teve seu maior prejuízo econômico direto (Prefeitura de Ijuí, 1992b). Suas duas usinas geradoras, que aproveitam pequenas quedas do Rio Potiribu (PCH da Sede e PCH do Passo de Ajuricaba), responsáveis pela geração de 41% da energia consumida no

município, foram completamente destruídas. A primeira voltou a produzir quatro meses depois e a segunda, somente após oito meses. Enquanto que, em média para os anos de 1989 a 1991, estas duas usinas produziram 26 186 006 kWh/ano, em 1992 a produção caiu para 12 110 600 kWh (seja 46% da média). O município teve que adquirir a energia faltante da Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE).

Esta enchente está sendo considerada a maior que já aconteceu em Ijuí - pelo menos não há registros nem depoimentos que o desmintam - e nos municípios vizinhos. Suas consequências foram as mais drásticas já observadas.

#### Em meio rural

No meio rural houve destruição total ou parcial de estradas, pontes e pontilhões ; inundação e destruição total ou parcial de casas e galpões de armazenagem de grãos, depósitos de máquinas e abrigos de animais ; rompimento de açudes de piscicultura, cercas e silos de forragem animal ; perda de grãos, sementes e fertilizantes armazenados nas propriedades ; destruição de matas ciliares nas margens dos rios ; perda de animais (bovinos, suínos, aves, abelhas, peixes, etc.).

O impacto maior, entretanto, está nas perdas de solos por erosão - solos estes, que não podem ser substituídos. No município (cerca de 60 000 ha de terras agrícolas), o Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Ijuí estima perda total da camada arável do solo em 210 ha. Somem-se a estas, as perdas parciais, maiores ou menores, observadas em praticamente todas as áreas cultivadas na região. As perdas por erosão, na realidade, podem ser consideradas normais, ou mesmo menores que as esperadas. Os sistemas mecânicos de conservação do solo adotados na região (o terraceamento) são dimensionados para suportarem enxurradas máximas para períodos de retorno de 10 a 20 anos. Como visto anteriormente, as chuvas aqui analisadas tem um período de retorno muito maior em volume, mas nesta ordem de grandeza em intensidade e erosividade. As perdas observadas, portanto estão dentro dos riscos calculados e, seguramente não foram maiores porque uma série de fatores contribuiu neste sentido : a) a redução na área cultivada no inverno, em relação ao verão ; b) o atraso no preparo do solo e plantio, nesta safra ; c) o aumento significativo nas áreas mantidas com cobertura vegetal no inverno ; d) o aumento no emprego da ressemeadura natural e do plantio direto ; e) a utilização intensiva das práticas mecânicas da conservação do solo. Os prejuízos foram mais acentuados nas lavouras mal conduzidas : a) com preparo convencional excessivo (solo pulverizado) ou somente gradeados superficialmente para enterrar a semente jogada a lanço ; b) com espaçamento excessivo entre os terraços ; c) com a secção dos terraços (canal e camalhão) reduzida pelo preparo inadequado ; d) com solos compactados superficialmente ; e) com solos desestruturados superficialmente, pobres em matéria orgânica, etc.

Os prejuízos para as culturas específicas deste inverno não foram acentuados em função da época em que as precipitações mais intensas ocorreram. As lavouras já plantadas e mais severamente danificadas, de um modo geral, foram replantadas e ainda atingiram rendimentos razoáveis, quando devidamente fertilizadas. Por exemplo, em relação ao ano anterior, os rendimentos médios de trigo dos produtores associados à Cotrijuí foram significativamente mais elevados (1,016 t/ha em 1991, ano considerado seco, contra 1,872 t/ha em 1992). O mesmo não aconteceu, entretanto, com as aveias, o centeio e o triticale.

#### CONCLUSÃO

Procuramos associar neste estudo a análise do evento natural ligado ao fenômeno El Niño com o seu impacto sobre o meio ambiente desta região agrícola muito importante. As chuvas apresentaram um volume total de precipitações cujo período de retorno é estimado em vários séculos, os parâmetros secundários (intensidade, erosividade, vazão de pico), sendo mais frequentes. Talvez se repitam em futuro bem menos distante, produzindo novamente consequências indesejáveis, principalmente sobre as áreas cultivadas. As práticas mecânicas de conservação do solo adotadas na região, bem dimensionadas, revelaram-se

eficientes. Os prejuízos poderiam ser ainda menores, se as providências quanto a defesa e proteção civil fossem mais adequadas.

#### REFERÊNCIAS

CHEVALLIER, P. (1991). As precipitações na região de Cruz Alta e Ijuí RS - Brasil. Recursos Hídricos Publ. 24., IPH-UFRGS, Porto Alegre, 25 páginas.

CHEVALLIER, P. (1993). Projeto Potiribu. Dados básicos de fluviometria e pluviometria. 1989-1992. Recursos Hídricos Publ., IPH-UFRGS, Porto Alegre, 53 páginas.

FRANCOU, J., RODIER, J.A. (1967). Essai de classification des crues maximales observées dans le monde. Cahiers ORSTOM, Série Hydrologie, volume IV, número 3.

IBGE (1986). Levantamento de recursos naturais, volume 33. Folha SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 Uruguiana e SI.22 Lagoa Mirim. Projeto Radam Brasil, Rio de Janeiro, 792 páginas + mapas.

INPE (1992). Climanálise. Boletim de Monitoramento e análise climática. São José dos Campos, volume 7, número 5, maio de 1992.

NIMER, E. (1989). Climatologia da Região Sul. In: Climatologia do Brasil, 2a edição. IBGE, Rio de Janeiro, páginas. 195-264, ilustrações.

PREFEITURA DE IJUÍ (1992a). Relatório anual de atividades. Secretaria Municipal de Energia.

PREFEITURA DE IJUÍ (1992b). Relatório sobre enchente ocorrida em Ijuí nos dias 26, 27 e 28/05/1992.

RODIER, J.A., ROCHE, M. (1984). World catalogue of maximum observed floods. IAHS Publ. 143.

WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. Washington, Department of Agriculture, 61 páginas, Agriculture Handbook, 537.

#### ANEXO : PRECIPITAÇÕES DIÁRIAS DE 26 E 27 DE MAIO DE 1992

Lugar	Latitude	Longitude	Precipitação 26-05-92	Precipitação 27-05-92	Fonte
Chiapetta	27°55' S	53°57' O	70	143	Cotrijui (1)
Augusto Pestana	28°30' S	53°58' O	277	145	
Tenente Portela	27°21' S	53°46' O	30	55	
Santo Augusto	27°51' S	53°43' O	112	96	
Ajuricaba	28°10' S	53°46' O	140	158	
Jóia	28°39' S	54°09' O	142	70	
Coronel Bicaco	27°43' S	53°42' O	90	145	
CTC Cotrijui	28°26' S	54°01' O	247	268	
Santa Rosa	27°52' S	54°30' O	43	61	Ipagro (2)
Santo Ângelo	28°17' S	54°16' O	117	147	
Horizontina	27°58' S	54°18' O	57	53	CEEE (3)
Santo Cristo	27°49' S	54°40' O	61	40	
Frederico	27°21' S	53°24' O	62	57	
Westphalen					
Tenente Portela	27°22' S	53°45' O	34	80	
Criciumal	27°30' S	54°06' O	46	57	
São Miguel das M.	28°33' S	54°33' O	68	55	
Guarani das Missões	28°08' S	54°33' O	71	117	
Esquina Gaucha	28°51' S	53°13' O	51	74	
Cerro Largo	28°08' S	54°44' O	123	52	
Passo da Divisa	28°39' S	53°21' O	53	119	
Passo do Lagoão	28°44' S	53°09' O	43	85	
Ajuricaba	28°14' S	53°46' O	205	95	
Três de Maio	27°47' S	54°14' O	45	85	
Belisario	28°29' S	53°27' O	96	164	
Tuparendi	27°45' S	54°28' O	46	71	
Três Passos	27°27' S	53°56' O	35	97	
Usina Ajuricaba	28°16' S	53°48' O	178	126	
Usina Andorinhas	28°24' S	53°48' O	172	238	
Usina Ijuizinho	28°26' S	54°17' O	175	85	
Usina Santa Rosa	27°46' S	54°23' O	44	75	
Usina Guarita	27°36' S	53°24' O	158	80	
Ponte Santo Antônio	28°33' S	53°10' O	89	14	
Saldanha Marinho	28°23' S	53°05' O	125	148	
Maquinista Severo	28°16' S	53°07' O	275	10	
Três Capões	28°49' S	53°30' O	60	75	
Passo dos Alemães	28°50' S	53°36' O	118	43	
Gessy Lever	28°38' S	53°37' O	120	106	CPRM (4)
Conceição	28°31' S	53°53' O	184	242	
Coimbra	28°43' S	54°24' O	85	20	
Passo Major	28°44' S	54°37' O	63	27	
Zeferino					
Tucunduva	27°39' S	54°26' O	52	106	
Palmeira das Missões	27°54' S	53°19' O	136	51	
Palmitos	27°04' S	53°11' O	65	83	
Miraguaí	27°27' S	53°45' O	87	109	
Liberato Salzano	27°36' S	53°04' O	225	135	
Alto Uruguai	27°16' S	54°08' O	8	17	
Girua	28°01' S	54°21' O	60	120	

Lugar	Latitude	Longitude	Precipitação 26-05-92	Precipitação 27-05-92	Fonte
Esquina Araújo	27°57' S	54°08' O	72	73	
Boa Vista	28°06' S	54°02' O	161	102	
Pejuçara Norte	28°24' S	53°38' O	211	280	
Alto Turcato	28°24' S	53°39' O	220	199	
Pejuçara Cidade	28°25' S	53°39' O	171	227	
Rincão do Jesus	28°24' S	53°44' O	201	262	
Alto Taboão	28°27' S	53°36' O	175	199	
Velha Estr. Crz Alta	28°27' S	53°38' O	141	242	
Gr. das Castanheiras	28°28' S	53°41' O	158	203	
Alta Divisa	28°24' S	53°39' O	216	165	
Baixa Divisa	28°24' S	53°42' O	193	247	
Santa Lúcia	28°24' S	53°43' O	129	189	
Gr. Santa Catarina	28°25' S	53°44' O	183	270	

- (1) Cooperativa Regional Triticola Serrana Ltda
- (2) Instituto de Pesquisa Agropecuária da Secretária da Agricultura do Estado Rio Grande do Sul
- (3) Companhia Estadual de Energia Elétrica
- (4) Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais para a Direção Nacional das Águas e da Energia Elétrica.
- (5) Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

PREVISÃO DAS CARACTERÍSTICAS HORÁRIAS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS  
DO AFLUENTE A UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

FORECASTING OF THE QUANTITATIVE AND QUALITATIVE HOURLY CHARACTERISTICS  
OF THE INFLUENT TO A WASTEWATER TREATMENT PLANT

MARCOS VON SPERLING

Professor Adjunto  
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental  
Escola de Engenharia - UFMG  
Av. Contorno 842 - 7º andar  
30110-060 - Belo Horizonte - MG

**RESUMO** -- O afluente a uma estação de tratamento de esgotos usualmente apresenta variações seguindo um padrão diurno, tanto para as variáveis de *quantidade* (vazão), quanto para as variáveis de *qualidade* (matéria orgânica, sólidos em suspensão e amônia). Superpondo-se ao ciclo diário encontram-se variações aleatórias, bem como aquelas ditadas pela influência da chuva. O presente trabalho apresenta a metodologia utilizada para a previsão das características horárias para um horizonte de 24 horas. As variáveis consideradas foram a vazão e a concentração de amônia do afluente a uma estação de tratamento de esgotos servindo uma população de 50000 habitantes. O modelo utilizado foi o ARIMA, e a estimativa dos parâmetros usou a técnica dos Mínimos Quadrados Recursivos. O trabalho apresenta toda a sequência de desenvolvimento do modelo, compreendendo a identificação da estrutura, a calibração (estimativa de parâmetros) e a verificação (análise dos erros). Os resultados obtidos foram considerados satisfatórios, permitindo a que o procedimento de previsão fosse incluído como parte integrante de uma estratégia de controle ótimo da operação de algumas estações de tratamento de esgotos na Inglaterra.

**PALAVRAS-CHAVE:** Previsão / tratamento de esgotos / modelos ARIMA

**ABSTRACT** -- The influent to a wastewater treatment plant usually presents variations according to a diurnal pattern. This applies to the *quantitative* variables (inflow), as well as to the *qualitative* ones (organic matter, suspended solids and ammonia). Besides the daily cycles, there are also random variations, together with the variations influenced by rainfall. This work presents the methodology employed for the forecasting of the hourly characteristics over a 24-hour horizon. The variables analysed were the flow and the ammonia concentration of the influent to a sewage works treating the wastes from 50000 inhabitants. The model used was the ARIMA, and the parameter estimation utilized the Recursive Least Squares technique. The work presents the whole sequence of the model development, comprising the structure identification, calibration (parameter estimation) and verification (residuals analysis). The results obtained were considered satisfactory, allowing the procedure to be included as part of an optimal control strategy for some wastewater treatment plants in UK.

**KEY WORDS:** Forecasting / wastewater treatment / ARIMA models

**RBE**

**REVISTA BRASILEIRA  
DE ENGENHARIA**

---

**REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA – VOLUME 11/N.1 – MARÇO 1993**

**ISSN – 0102 - 2652**