MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA SECRETARIA DE MINAS E METARLUGIA CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

PROGRAMA DE AVALIAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA BACIA DO ALTO SÃO FRANCISCO SUB-BACIA 40

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQÜÊNCIA



BELO HORIZONTE 1999

PROGRAMA DE AVALIAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA BACIA DO ALTO SÃO FRANCISCO - SUB-BACIA 40

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQÜÊNCIA

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM Superintendência Regional de Belo Horizonte

Copyright @ 1999 CPRM - Superintendência Regional de Belo Horizonte Av. Brasil 1731 - Bairro Funcionários

Belo Horizonte - MG - 30.140-002

Telefone: 0(XX)(31)261-0391 Fax: 0(XX)(31)261-5585

http://www.cprm.gov.br cprmbh@estaminas.com.br

Ficha Catalográfica

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Caracterização Pluviométrica da Bacia do Alto São Francisco; Sub-Bacia 40 / Equação Intensidade-Duração-Freqüência. Eber José de Andrade Pinto - Belo Horizonte: ANEEL/CPRM,1999.

78p.; mapa e anexos (Série Programa de Avaliação de Recursos Hídricos)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. Bacia do Alto São Francisco I - Título II - Pinto, Eber J. de A.

CDU: 556.51

Direitos desta edição: CPRM - Serviço Geológico do Brasil e ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica

É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

CRÉDITOS

EXECUTORES - CPRM

CHEFE DO PROJETO

Eber José de Andrade Pinto - Engenheiro Civil - M. Sc.

EQUIPE TÉCNICA

Alice Silva de Castilho - Engenheira Civil Marcus Vinicius Rolla Becho - Digitador Bruno Henrique Alves Teixeira - Digitador Maria Fernanda Machado de Souza - Estagiária de Engenharia Eunice Helena da Silva Ferreira - Estagiária de Engenharia Milene Ramos dos Reis - Estagiária de Engenharia

APOIO OPERACIONAL

Maria Madalena Costa Ferreira - Bibliotecária Rosemary Correa - Desenhista Terezinha Inácia Carvalho Pereira - Digitalizadora

COLABORAÇÃO

Márcio Cândido de Oliveira - Engenheiro Civil

SUPERVISÃO TÉCNICA

Maria Letícia Rabelo Alves Patrus – Engenheira Civil

COORDENAÇÃO GERAL

Ligia Maria Nascimento de Araújo - Engenheira Civil

APRESENTAÇÃO

A CPRM - Serviço Geológico do Brasil, iniciou em 1995 o "Programa de Avaliação de Recursos Hídricos da Sub-bacia 40", cuja área corresponde à região do Alto São Francisco até o reservatório de Três Marias. Este Programa visa promover o conhecimento das condições climáticas e das disponibilidades hídricas superficiais, em nível quantitativo e qualitativo, através dos estudos de caracterização pluviométrica, fluviométrica, de qualidade da água, sedimentométrica e fisica da bacia hidrográfica.

Em outubro de 1998 foi formalizado um convênio de cooperação técnica e cientifica entre a CPRM e a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, que detêm a maior rede hidrometeorológica do país e reúne um valiosissímo acervo de informações básicas sobre os recursos hídricos nacionais.

Neste convênio, foram incluídos os estudos de avaliação de recursos hídricos e, no âmbito desta atividade, foi estabelecido que seria realizado um estudo de chuvas intensas para a região do Alto São Francisco, no qual seriam definidas as equações intensidade-duração-frequência para as estações pluviográficas da sub-bacia 40, cujos dados, relativos ao período 1973-1995, haviam sido anteriormente discretizados pela CPRM.

O período estabelecido para a realização dos estudos foi de 6 meses, de abril a setembro 1999, tendo sido desenvolvidas os trabalhos de análise de frequência, definição das equações IDF e elaboração do relatório técnico metodológico.

A CPRM havia coletado as informações de 12 estações pluviográficas da rede da ANEEL, entretanto, foi definido que seriam utilizadas as estações que apresentassem pelo menos 9 anos hidrológicos completos de dados. Assim, foram estudadas 6 (seis) estações pluviográficas, Lagoa do Gouvea (01845004), Pitangui (01944032), Papagaios (01944049), Entre Rios de Minas (02044007), Piumhi (02045012) e Santo Antônio do Monte (02045013). Os resultados finais alcançados estão apresentados neste relatório.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO	2
3 - METODOLOGIA	2
3.1 - Coleta de dados	2
3.2 - Análise de frequência	7
3.2.1 - Modelos com séries de duração Parcial	9
3.2.1.1 - A distribuição de Poisson	9
3.2.1.2 - Modelo Poisson -Pareto	10
3.3 - Determinação das equações IDF	13
4 - RESULTADOS	18
4.1 - Estação Pluviográfica de Lagoa do Gouvea - Cód. 01845004	18
4.1.1 - Coleta de dados	18
4.1.2 - Verificação da homogeneidade das séries	18
4.1.3 - Aplicação do teste de Cunname	18
4.1.4 - Análise de frequência	19
4.1.5 - Definição das equações IDF	19
4.1.5.1 - Equação para durações inferiores ou iguais a 1 hora	23
4.1.5.1 - Equação para durações superiores a 1 hora	23
4.2 - Estação Pluviográfica de Pitangui - Cód. 01944032	27
4.2.1 - Coleta de dados	27
4.2.2 - Verificação da homogeneidade das séries	27
4.2.3 - Aplicação do teste de Cunname	27
4.2.4 - Análise de frequência	28
4.2.5 - Definição das equações IDF	28
4.2.5.1 - Equação para durações inferiores ou iguais a 1 hora	32
4.2.5.1 - Equação para durações superiores a 1 hora	32

4.3 - Estação Pluviográfica de Papagaios - Cód. 01944049	36
4.3.1 - Coleta de dados	36
4.3.2 - Verificação da homogeneidade das séries	36
4.3.3 - Aplicação do teste de Cunname	36
4.3.4 - Análise de frequência	37
4.3.5 - Definição das equações IDF	37
4.3.5.1 - Equação para durações inferiores ou iguais a 1 hora	41
4.3.5.1 - Equação para durações superiores a 1 hora	41
4.4 - Estação Pluviográfica de Entre Rios de Minas - Cód. 02044007	45
4.4.1 - Coleta de dados	45
4.4.2 - Verificação da homogeneidade das séries	45
4.4.3 - Aplicação do teste de Cunname	45
4.4.4 - Análise de frequência	46
4.4.5 - Definição das equações IDF	46
4.4.5.1 - Equação para durações inferiores ou iguais a 1 hora	50
4.4.5.1 - Equação para durações superiores a 1 hora	51
4.5 - Estação Pluviográfica de Piumhi - Cód. 02045012	54
4.5.1 - Coleta de dados	54
4.5.2 - Verificação da homogeneidade das séries	54
4.5.3 - Aplicação do teste de Cunname	54
4.5.4 - Análise de frequência	55
4.5.5 - Definição das equações IDF	55
4.5.5.1 - Equação para durações inferiores ou iguais a 1 hora	59
4.5.5.1 - Equação para durações superiores a 1 hora	59
4.6 - Estação Pluviográfica de Santo Antônio do Monte - Cód. 02045013	63
4.6.1 - Coleta de dados	63
4.6.2 - Verificação da homogeneidade das séries	63

4.6.3 - Aplicação do teste de Cunname	.63
4.6.4 - Análise de frequência	.64
4.6.5 - Definição das equações IDF	. 64
4.6.5.1 - Equação para durações inferiores ou iguais a 1 hora	. 68
4.6.5.1 - Equação para durações superiores a 1 hora	. 68
5 - CONCLUSÕES	.72
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.75
ANEXOS	
Anexo I - Mapa de Localização das Estações Pluviográficas	
Anexo II - Dados Utilizados	
Anexo III - Teste de Mann-Kendal	
Anexo IV - Distribuições de Frequência	
Anexo V - Teste de Cunname	
Anexo VI - Fichas Descritivas das Estações Pluviográficas	
Anexo VII - Resultados da verificação do ajuste entre os quantis obtidos na análise frequência e os valores calculados pelas equações DPMA DQM r ²	: de

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Localização da Sub-Bacia 40 no Estado de Minas Gerais (CPRM, 1996)

Figura 3.1.1 - Pluviograma

Figura 3.1.2 - Planilha de anotação de dados

Figura 4.1.1 - Diagramas das relações IDF de Lagoa do Gouvea

Figura 4.2.1 - Diagramas das relações IDF de Pitangui

Anexo VIII - Quantis gerados na análise de frequência

- Figura 4.3.1 Diagramas das relações IDF de Papagaios
- Figura 4.4.1 Diagramas das relações IDF de Entre Rios de Minas
- Figura 4.5.1 Diagramas das relações IDF de Piumhi
- Figura 4.6.1 Diagramas das relações IDF de Santo Antônio do Monte

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 4.1.1 Modelos Probabilísticos Ajustados Durações inferiores ou igual a 1 hora (Lagoa do Gouvea Cód. 01845004)
- Gráfico 4.1.2 Modelos Probabilísticos Ajustados Durações superiores a 1 hora (Lagoa do Gouvea Cód. 01845004)
- Gráfico 4.2.1 Modelos Probabilísticos Ajustados Durações inferiores ou igual a 1 hora (Pitangui Cód. 01944032)
- Gráfico 4.2.2 Modelos Probabilísticos Ajustados Durações superiores a 1 hora (Pitangui Cód. 01944032)
- Gráfico 4.3.1 Modelos Probabilísticos Ajustados Durações inferiores ou igual a 1 hora (Papagaios Cód. 01944049)
- Gráfico 4.3.2 Modelos Probabilísticos Ajustados Durações superiores a 1 hora (Papagaios Cód. 01944049)
- Gráfico 4.4.1 Modelos Probabilísticos Ajustados Durações inferiores ou igual a 1 hora (Entre Rios de Minas Cód. 02044007)
- Gráfico 4.4.2 Modelos Probabilísticos Ajustados Durações superiores a 1 hora (Entre Rios de Minas Cód. 02044007)
- Gráfico 4.5.1 Modelos Probabilísticos Ajustados Durações inferiores ou igual a 1 hora (Piumhi Cód. 02045012)
- Gráfico 4.5.2 Modelos Probabilísticos Ajustados Durações superiores a 1 hora (Piumhi Cód. 02045012)
- Gráfico 4.6.1 Modelos Probabilísticos Ajustados Durações inferiores ou igual a 1 hora (Santo Antônio de Monte Cód. 02045013)
- Gráfico 4.6.2 Modelos Probabilísticos Ajustados Durações superiores a 1 hora (Santo Antônio do Monte Cód. 02045013)

LISTA DE QUADROS

- Quadro 3.1.1 Diagrama de Barras
- Ouadro 3.1.2 Durações e limites mínimos considerados
- Quadro 4.1.1 Relações entre precipitações de diferentes durações (Lagoa do Gouvea Cód. 01845004)
- Quadro 4.1.2 Intensidades calculadas com as equações IDF de Lagoa do Gouvea (mm/h)
- Quadro 4.2.1 Relações entre precipitações de diferentes durações (Pitangui Cód. 01944032)
- Quadro 4.2.2 Intensidades calculadas com as equações IDF de Pitangui (mm/h)
- Quadro 4.3.1 Relações entre precipitações de diferentes durações (Papagaios Cód. 01944049)
- Quadro 4.3.2 Intensidades calculadas com as equações IDF de Papagaios (mm/h)
- Quadro 4.4.1 Relações entre precipitações de diferentes durações (Entre Rios de Minas Cód. 02044007)
- Quadro 4.4.2 Intensidades calculadas com as equações IDF de Entre Rios de Minas (mm/h)
- Quadro 4.5.1 Relações entre precipitações de diferentes durações (Piumhi Cód. 02045012)
- Quadro 4.5.2 Intensidades calculadas com as equações IDF de Piumhi (mm/h)
- Quadro 4.6.1 Relações entre precipitações de diferentes durações (Santo Antônio do Monte Cód. 02045013)
- Quadro 4.6.2 Intensidades calculadas com as equações IDF de Santo Antônio do Monte (mm/h)

1 - INTRODUÇÃO

No dimensionamento de estruturas hidráulicas, tais como galerias pluviais, bueiros, sistemas de drenagem e barragens, deve-se levar em conta um risco de falha da estrutura, o qual é definido em função da vida útil, de critérios de segurança e econômicos, entre outros. Assim, estruturas com menor risco de falha terão maior porte e, em consequência, maior custo.

Como algumas das variáveis que condicionam o dimensionamento destas estruturas são eventos naturais – precipitações, vazões etc – o risco estará associado à frequência dos ocorrência dos eventos cuja magnitude pode causar danos às estruturas, tornando de suma importância a elaboração de um estudo de frequência de eventos raros.

No caso da utilização prática dos dados de chuva em projetos de engenharia, além das características mencionadas acima, a duração e a distribuição espacial das precipitações também são fundamentais.

A magnitude dos eventos é expressa pela intensidade da precipitação, ou seja, pela quantidade de chuva que cai em um dado intervalo de tempo, por exemplo, milímetros por hora (mm/h) ou por minuto (mm/min.). A duração é o período de tempo do evento chuvoso, e a freqüência refere-se à expectativa de ocorrência de intensidades de chuva iguais ou superiores a um dado valor, para uma determinada duração. A distribuição espacial reflete a variação das relações entre a intensidade, a duração e a freqüência de uma precipitação entre uma localidade e outra, podendo ser obtida através de uma análise regional dos diversos postos de coleta de dados localizados na área de interesse.

As características intensidade, duração e frequência podem ser sintetizadas através de curvas chamadas IDF (Intensidade-Duração-Frequência) ou equações que refletem essas relações.

Observa-se, ao se correlacionar as durações e as intensidades das chuvas, que quanto maior for a duração, menos intensa será a precipitação; e que quanto menor o risco de ocorrência, ou seja, menor frequência, maior será a intensidade da chuva. Sendo assim, a função i = f(t, P), que relaciona as características descritas acima, onde i = intensidade, t = duração e P = probabilidade de excedência, deve satisfazer as observações mencionadas acima.

As relações IDF podem ser locais, ou seja, utilizam as informações de uma estação pluviográfica na sua definição, ou regional, onde os dados de todas as estações pluviográficas de uma região considerada homogênea são utilizadas no estabelecimento das relações IDF da região. Esse trabalho descreve a metodologia utilizada no estabelecimento das equações de chuvas intensas das estações pluviográficas de Lagoa do Gouvea (Cód. 01845004), Pitangui (Cód. 01944032), Papagaios (Cód. 01944049), Entre Rios de Minas (Cód. 02044007), Piumhi (Cód. 02045012) e Santo Antônio do Monte (Cód. 02045013), abrangendo a coleta dos dados, a análise de freqüência e a definição das relações IDF.

2 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A sub-bacia 40 corresponde à área de drenagem do Alto São Francisco, que compreende as nascentes dos rios São Francisco, Pará, Paraopeba, Indaiá, Borrachudo e seus afluentes até a barragem de Três Marias da CEMIG.

A região está localizada entre os paralelos 18° e 21° de latitude sul e os meridianos 43°30' e 46°40' de longitude oeste na região central de Minas Gerais (Figura 2.1). Possui uma área de aproximadamente 51.000km², abrangendo cerca de 100 municípios. Mais informações sobre a sub-bacia podem ser encontradas no volume "Caracterização Física da Bacia publicado pela CPRM em dezembro 1996. (CPRM, 1996)

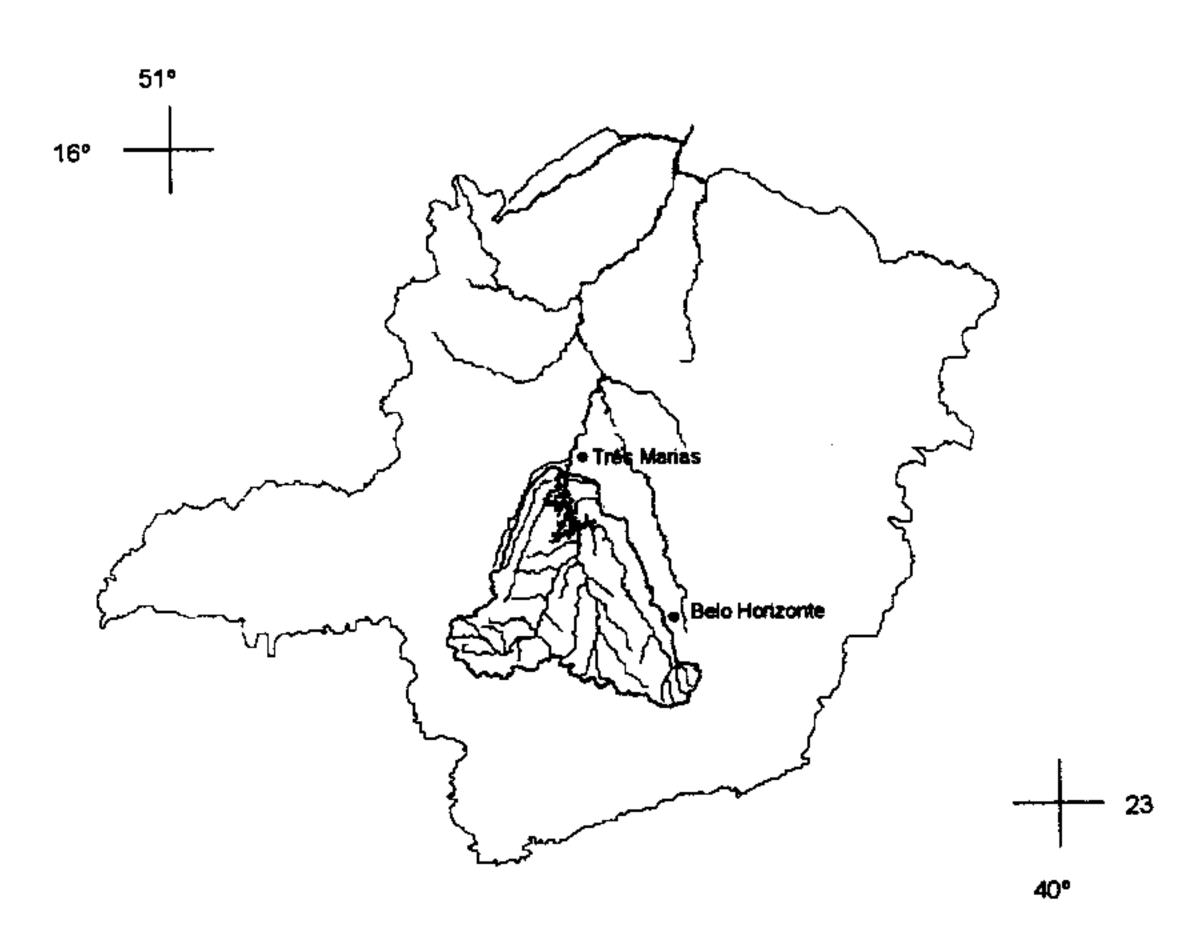


Figura 2.1 - Localização da Sub-Bacia 40 no Estado de Minas Gerias (CPRM, 1996)

3 – METODOLOGIA

3.1 – Coleta dos dados

Os dados necessários para a definição das relações IDF são oriundos da análise dos pluviogramas das estações pluviográficas. Através desses registros foi possível fazer a seleção das chuvas consideradas intensas para as diversas durações. A Figura 3.1.1 apresenta a reprodução de um pluviograma que contêm chuvas consideradas intensas para diversas durações.

Os pluviogramas utilizados nesse estudo foram obtidos junto à ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica – (antigo DNAEE), sendo que os pluviogramas analisados referentes ao período de 1990 a 1995 estavam armazenados na CPRM, Superintendência Regional de Belo Horizonte, e os referentes ao período de 1970 até 1985 no 5º Distrito do Ministério de Minas e Energia, também em Belo Horizonte. Infelizmente os pluviogramas referentes ao período de 1986 a 1989 não foram encontrados em Belo Horizonte. O Quadro 3.1.1 apresenta o diagrama

de barras com a disponibilidade de dados das estações utilizadas. O Anexo I apresenta o mapa com a localização das estações pluviográficas estudadas.

As durações adotadas para as chuvas intensas são definidas a partir dos propósitos para os quais se destinam e por limitações impostas pela precisão de leitura nos registros pluviográficos. Além disto, na análise dos pluviogramas é necessário fazer a seleção das chuvas consideradas intensas, ou seja, daquelas que tenham intensidades maiores que os limites mínimos estipulados para cada duração. O Quadro 3.1.2 mostra os valores mínimos utilizados no estudo, assim como as diversas durações adotadas.

		Dur	ação	(min.)	Duração (horas)						
Limites	5	10	15	30	45	1	2	3	4	8	14	24
I (mm/h)	96	72	60	40	30,6	25	15	11	8,8	5	3,4	2,3
P (mm)	8	12	15	20	23	25	30	33	35	40	47	55

Quadro 3.1.2 – Durações e limites mínimos considerados

A seleção da chuva intensa correspondente a uma determinada duração foi executada pesquisando-se a parte mais inclinada do pluviograma ou o trecho de curva com a maior diferença de precipitações para a duração considerada. Na seleção efetuada foram extraídas chuvas consideradas intensas para diferentes durações em um mesmo evento chuvoso, sendo que neste caso, o início ou o fim das chuvas intensas não precisam ser coincidentes. Entretanto, é importante ressaltar que para um mesmo evento chuvoso, foi extraída somente uma chuva intensa para cada duração.

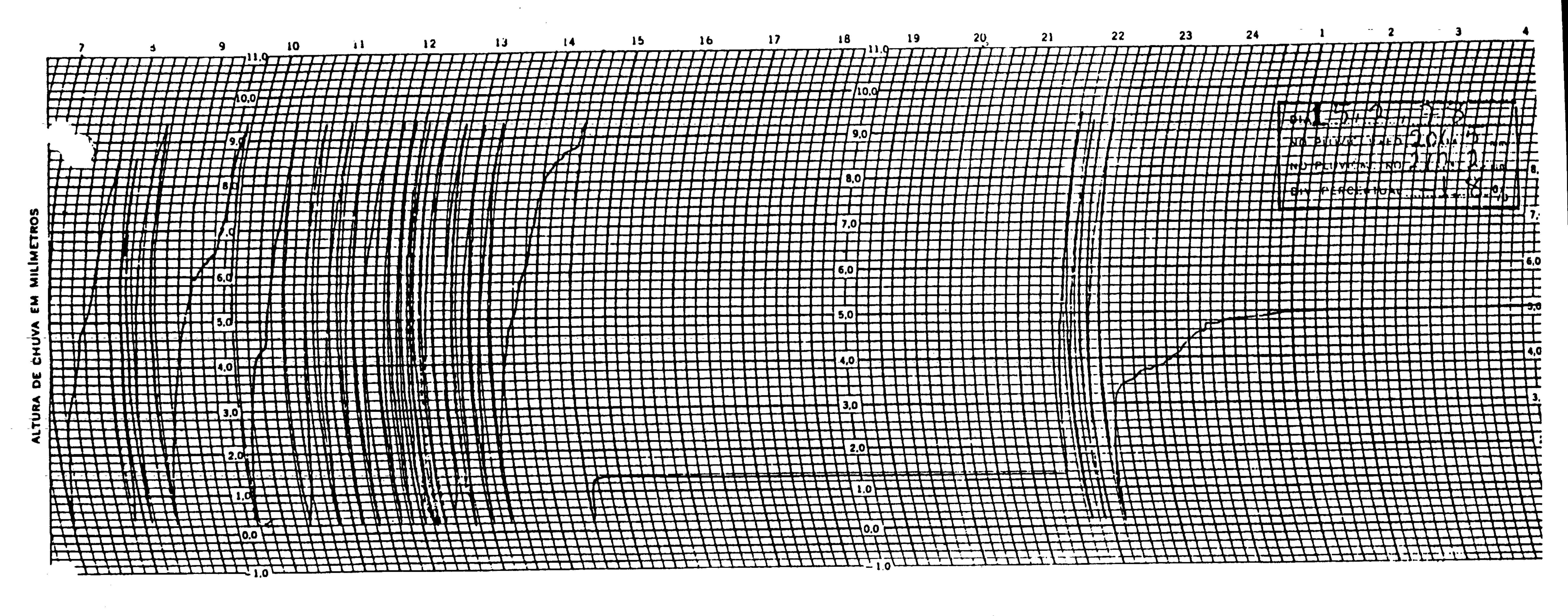
A distinção entre eventos chuvosos foi efetuada considerando os critérios apresentados por Brandão e Hipólito (1995), e Huff (1967) mencionados por Pinheiro (1997), onde eventos chuvosos distintos, são aqueles que apresentam um período mínimo de 6 horas sem chuva entre eles. Além desse critério, outro fator considerado na separação de eventos chuvosos distintos foi a avaliação, quando possível, dos processos geradores da precipitação, como por exemplo, frentes frias estacionárias, processos convectivos de final de tarde devido ao aquecimento diurno etc.

Os dados obtidos da análise dos pluviogramas foram anotados em uma planilha que contem a data, a hora de início e fim do evento, as durações para as quais se selecionou as chuvas e os limites mínimos adotados, com o objetivo de facilitar a montagem das séries para a análise de frequência. A Figura 3.1.2 apresenta um exemplo desta planilha. Os eventos selecionados foram discretizados e armazenados em planilhas eletrônicas de maneira a serem reconstituídos a qualquer momento. Este tipo de armazenamento facilitou a pesquisa das informações quando ocorreram dúvidas. No Anexo II estão apresentados os dados utilizados para a definição das equações.

Cabe ressaltar que no preenchimento da planilha foi adotado o "princípio das durações prolongadas de Sherman", o qual propõe que na ocorrência de eventos em que a precipitação total apresente valores médios significativos para tempos de duração maiores que o da duração real do evento, pode-se considerar que a mesma altura de chuva seja relativa as durações superiores que a real verificada. (Pfafstetter, 1957). Por exemplo, uma chuva de 15 minutos de duração que produziu uma precipitação de 22 mm, pode ser adotada não só como uma chuva de 15 minutos, mas também como uma chuva de 30 minutos, caso fossem adotados os limites mínimos estipulados no Quadro 3.1.2. No trabalho Chuvas Intensas no Brasil, Otto Pfafstetter utilizou este princípio.

										Ano Hic	lrológic	0						
Código	Estação	Início	74/75	75/76	76/77	77/78	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95
01845004	Lagoa do Gouvea	01/05/75																
01944032	Pitangui	28/08/74																
01944049	Papagaios	10/10/75																
02044007	Entre Rios de Minas	27/10/73																
02045012	Piumhi	31/12/74	<u> </u>															
02045013	Santo Antônio do Monte	31/12/74	<u> </u>															

Quadro 3.1.1 - Diagrama de Barras



COLOCADO DIA 14/02/78 AS 7:00 HORAS RETIRADO DIA 15/02/78 AS 7:00 HORAS

Figura 3.1.1 - Pluviograma

ESTAÇÃO:	Santo Antônio do Monte	CÓDIGO:	02045013
TÉCNICO:	Eunice Helena da Silva Ferreira (Estagiária)	DATA:	14/03/96

				<u> </u>	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			D	U RAÇÃ	O					,
			5min	10min	15min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	8h	14h	24h	48h
	НО	RA	LIMITES MÍNIMOS (mm)												
DATA	INÍCIO	FIM	>8	>12	>15	>20	>23	>25	>30	>33	>35	>40	>47	>55	>70
13/11/95	02:50	12:30	-	-	-	-	-	-	_	_	35,8	54,0	55,2	55,2	<u>-</u>
02/12/95	17:40	17:50	9,0	13,0	-	-		<u>-</u>		-	<u></u>	-	-	-	
03/12/95	16:05	16:45	11,2	14,2	21,2	23,7	25,7	25,7	-	-	_	<u></u>	-	-	-
13/12/95	22:00	06:00			-	-	-	-	-	-	40,4	56,8	56,8	56,8	
19/12/95	17:40	18:40	8,4	12,4	-	21,0	28,4	29,0		-	-	-	***	<u>-</u>	-
29/12/95	16:40	18:40		-	-	-	-	-	30,6	-	_	-	-	_	_

Figura 3.1.2 – Planilha de anotação dos dados

3.2 – Análise de frequência

A análise de frequência de eventos extremos de precipitação tem por objetivo permitir a estimativa de valores de altura de chuva (mm) ou intensidade (mm/h), associados a uma probabilidade de excedência.

A análise estatística das informações coletadas dos pluviogramas pode ser efetuada com a utilização de dois tipos de séries de dados. As séries de máximos anuais, que consiste na seleção das maiores precipitações ocorridas num intervalo de tempo anual para as durações definidas. E as séries de duração parcial, para as quais são selecionados todos os valores observados superiores a um valor limite definido para cada duração. Esse valor limite pode ser determinado com o objetivo de se obter um número mínimo de observações, ou por meio de critérios físicos. Assim, dispondo de uma série de n anos, é possível analisar, 2n, 3n eventos.

As séries assim constituídas devem ser representativas do processo analisado, possuir um número mínimo de elementos para garantir uma boa confiabilidade nas extrapolações e não apresentar erros acidentais ou sistemáticos (Pires, 1994).

Basicamente, as etapas para análise de frequência local são:

- Análise dos dados disponíveis para opção pela utilização de séries de valores máximos anuais ou de duração parcial.
- Avaliação da consistência e a homogeneidade das séries.
- Analisar qual a distribuição de probabilidade teórica será utilizada para cada duração, com a estimativa de seus parâmetros e a verificação do ajuste a distribuição empírica.
- Estimativa dos quantis e traçados das curvas IDF.

Quando se utiliza tanto as séries de valores máximos anuais quanto as de duração parcial, assume-se que os eventos selecionados são independentes e identicamente distribuídos. A independência dos eventos, no caso das séries de valores máximos anuais, pode ser assegurada pela seleção dos dados de precipitação por ano hidrológico, que em Minas Gerais inicia-se em outubro e finaliza em setembro. Para as séries de duração parcial, a independência pode ser garantida através da seleção de eventos intercalados por períodos sem chuva e da avaliação dos eventos formadores da precipitação, conforme descrito no item 3-1. (Pinto, 1998)

A utilização desses dois tipos de série nos estudos de análise de frequência tem gerado bastante polêmica entre os autores. Wilken (1978), considera que para fins práticos, as séries de duração parcial e as séries anuais não diferem muito, exceto para baixos períodos de retorno e recomenda a análise com os dois tipos de séries para comparação.

O relatório dos estudos de vazões do Natural Environment Research Council da Inglaterra em 1975, recomenda o uso de séries de valores máximos anuais quando se dispõe de mais de 25 anos de observações. (NERC, 1975)

Occhipinti (1965) apud Wilken (1978) e Villela (1977), afirmam que as séries anuais revelam-se mais significantes, pois são definidas em termos de sua ocorrência em vez da sua magnitude.

Bertoni e Tucci (1993) afirmam que a metodologia de séries parciais deve ser utilizada quando o número de anos de dados é pequeno (< 12 anos) e os tempos de retorno que serão utilizados são inferiores a 5 anos.

Wang (1991) apud Laura (1997) mostrou que os modelos de séries parciais também são eficientes para grandes períodos de retorno.

Kite (1977), indica que a escolha das séries de duração parcial ou anual depende das relações entre o evento hidrológico e o tipo e características da estrutura a projetar-se.

Moreira, Damázio, Costa e Kelman (1983), em estudo comparativo sobre a utilização de séries de duração parcial ou de máximos anuais para a estimativa de vazões extremas através de séries sintéticas obtiveram resultados conflitantes. Por vezes, as séries parciais mostraramse mais precisas, produzindo quantis estimados com menor erro médio absoluto em relação aos gerados nas séries sintéticas do que as séries de máximos anuais. Em outras vezes, ocorria o inverso.

A definição da distribuição teórica de probabilidade é de suma importância, pois valores calculados para um mesmo período de retorno podem apresentar grandes variações quando estimados por diferentes distribuições. O ajuste ou aderência da distribuição teórica à curva da distribuição empírica pode ser verificado pelos testes do Qui-Quadrado, de Kolmogorov-Smirnov, de Filliben e do teste visual. Descrições dos testes do Qui-Quadrado e de Kolmogorov-Smirnov são apresentadas em Costa Neto (1977) e Haan (1979). O teste de Filliben foi desenvolvido por Filliben (1975) e em Pinheiro (1997) encontra-se uma descrição resumida do teste. Pires (1994) descreve com maiores detalhes os critérios que podem ser empregados na escolha da distribuição teórica.

Nesse trabalho optou-se pela utilização das séries de duração parcial, apresentadas no Anexo II, sendo que a sua homogeneidade foi verificada através do teste de Mann-Kendal, cuja descrição encontra-se no Anexo III. A análise de freqüência foi realizada aplicando-se o modelo Poisson-Pareto, descrita no item 3.2.1.2, e ajustando as distribuições de probabilidade de Gumbel, Log-Normal, Log-Pearson tipo III e Generalizada de Valores Extremos (GEV). O Anexo IV apresenta as fórmulas para a estimativa da posição de plotagem das amostras ordenadas, uma pequena descrição dos momentos-L, as funções densidade de probabilidade e acumuladas das distribuições citadas acima, além dos métodos para a estimativa dos parâmetros das distribuições. O cálculo dos quantis das distribuições de Gumbel, Log-Normal e Log-Pearson foi realizado utilizando a equação geral de freqüência. Os parâmetros da GEV foram obtidos pelo método do máximo de verosimilhança e os parâmetros da distribuição Generalizada de Pareto para o modelo Poisson-Pareto foram calculados com o uso dos momentos-L, que são combinações lineares dos momentos ponderados por probabilidade (Hosking, 1986). A verificação da aderência entre o modelo teórico e o empírico foi efetuada através dos testes visual e Qui-Quadrado.

Esquematicamente, as etapas efetuadas para a análise de frequência foram as seguintes:

- a) Montagem das séries de duração parcial
- b) Verificação da homogeneidade das séries com o teste de Mann-Kendal
- c) Aplicação do teste de Cunname para verificar se a taxa de excedência dos eventos segue um modelo poissoniano.

d) Estabelecimento da distribuição empírica

Esta etapa foi realizada através do ordenamento decrescente das séries e o cálculo da posição de plotagem com a fórmula de Weibull:

$$P_P = P(X \ge x) = \frac{m}{n+1} \tag{1}$$

onde

m é a posição do evento na série e n é o tamanho da série.

Em seguida foram definidos os períodos de retorno para a série de duração parcial através da seguinte relação:

$$T_P = \frac{1}{\lambda q_e} \tag{2}$$

onde

 λ é taxa de excedência; q_e é a probabilidade de excedência, $P(X \ge x)$.

E calculado o período de retorno anual pela equação (16), que será deduzida no item 3.2.1.2.

- e) Ajuste do modelo Poisson-Pareto e das distribuições de probabilidade de Gumbel, Log-Normal, Log-Pearson tipo III e Generalizada de Valores Extremos (GEV).
- f) Avaliação do ajuste entre a distribuição empírica e os modelos teóricos pelo teste visual e do Qui-Quadrado para definição do modelo probabilístico mais adequado.
- g) Cálculo dos quantis para diversos períodos de retorno e elaboração das curvas IDF.

3.2.1 – Modelos com séries de duração parcial

A modelação com séries de duração parcial (SDP), resulta em dois questionamentos: qual é o melhor modelo para a taxa de excedência dos eventos maiores que um limite estipulado, e qual é o modelo que descreve a magnitude desses eventos. Por exemplo, a distribuição de Poisson é frequentemente usada para modelar a taxa de excedência dos eventos, e geralmente uma distribuição exponencial descreve a magnitude dos picos que excedem o limite estabelecido. (Stedinger et al. 1992)

3.2.1.1 – A distribuição de Poisson

A distribuição de Poisson foi estudada por Siméon-Denis Baron Poisson (1781-1840), sendo publicada pela primeira vez em 1837 no livro "Recherches sur la probabilité des jugements en matière criminelle e matière civile". Esta distribuição pode surgir nas seguintes condições:

- Independência entre os eventos
- Probabilidade constante de evento para evento
- Número de eventos muito grande e a probabilidade de sua ocorrência pequena.

Por definição, uma variável aleatória discreta X, tem distribuição de Poisson com parâmetro λ , se sua distribuição de probabilidade é dada por:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{e^{-\lambda} \lambda x}{x!}, & x = 0, 1, 2, 3, \dots \\ 0 & em \quad outros \quad casos \end{cases}$$
 (3)

Esta distribuição apresenta as seguintes propriedades:

$$E(x) = \lambda \quad e \quad Var(x) = \lambda$$
 (4)

$$f(x+1,\lambda) = f(x) \frac{\lambda}{\lambda+1}$$
 (5)

onde E(x) e Var(x) são respectivamente o valor esperado e a variância populacional.

Caso as séries de duração parcial satisfaçam os critérios da distribuição de Poisson, temos que o número de eventos, $\eta(t)$, em um intervalo de tempo (0,t], é uma variável aleatória descrita pela distribuição de Poisson, como está apresentado a seguir:

$$P[\eta(t) = x] = P_X = \frac{(\lambda t)^x}{x!} \exp(-\lambda t) \qquad x = 0,1,2,3,....$$
 (6)

onde,

 $P[\eta(t)=x]$ é a probabilidade de x excedências em um intervalo de tempo (0,t] λ é o número médio de eventos por unidade de tempo

$$E [\eta(t)] = Var [\eta(t)] = \lambda t$$
 (7)

3.2.1.2 - Modelo Poisson-Pareto

Existem relações importantes entre a distribuição de probabilidade para máximos anuais e a frequência de eventos em uma série de duração parcial. Para uma série de duração parcial, com taxa de excedência, λ , que é igual ao número médio de eventos por ano maiores que um limite estabelecido (x_0) , e G(x) a probabilidade dos eventos serem menores que x e estarem na faixa (x_0,x) ; temos que a taxa de excedência para qualquer limite x, com $x \ge x_0$ é:

$$\lambda^* = \lambda [1 - G(x)] \tag{8}$$

onde,

[1-G(x)] é a probabilidade dos eventos serem maiores que x, sendo $x \ge x_0$;

 λ é taxa de excedência (número médio de eventos por ano maiores que um limite estabelecido);

 λ^* é a taxa de excedência para qualquer limite x, com $x \ge x_0$

A função de distribuição acumulada correspondente à série de máximos anuais, $F_a(x)$, é a probabilidade de um máximo anual não exceder x. Para eventos independentes, a probabilidade de não excedência de x em um ano é dada pela distribuição de Poisson:

$$P_X = \frac{[\lambda t]^x}{x!} \exp(-\lambda t) \qquad x = 0, 1, 2, 3, ...$$
 (9)

Para x = 0 (não há excedência) e t = 1 ano, temos:

$$P_x = \exp(-\lambda)$$
 (10)
 $F_a(x) = \exp(-\lambda^*)$ (11)
 $F_a(x) = \exp\{-\lambda[1-G(x))]\}$ (12)

A equação acima representa a relação entre a função de distribuição acumulada para máximos anuais, $F_a(x)$, a razão de ocorrência dos eventos acima do limite estipulado, λ , e a função de distribuição acumulada da série de duração parcial, G(x).

Sendo a probabilidade de excedência anual, $[1-F_a(x)]$, dada por $1/T_a$, onde T_a é o período de retorno anual, e a correspondente probabilidade de excedência, [1-G(x)], para um nível x em uma série de duração parcial dada por q_e , temos:

$$1 - F_a(x) = 1 - \exp \left\{-\lambda [1 - G(x)]\right\}$$

$$1 - F_a(x) = 1 - \exp \left(-\lambda q_e\right)$$

$$\frac{1}{T_a} = 1 - \exp \left(-\frac{1}{T_p}\right)$$
(13)

onde $T_p = 1/(\lambda q_e)$

$$T_{a} = \frac{1}{1 - \exp\left(-\frac{1}{T_{p}}\right)}$$

$$T_{p} = -\frac{1}{\ln\left(1 - \frac{1}{T_{a}}\right)}$$
ou
$$T_{p} = \frac{1}{\ln(T_{a}) - \ln(T_{a} - 1)}$$
(17)

A distribuição das magnitudes dos eventos maiores que x_0 , pode ser modelada pela distribuição Generalizada de Pareto (GDP), cuja função acumulada é dada por:

$$G(x) = 1 - \left[1 - K\left(\frac{x - x_0}{\alpha}\right)\right]^{\frac{1}{K}}$$
 (18)

рага

$$K > 0$$
, $x_0 < x \le x_0 + \frac{\alpha}{K}$

$$K < 0$$
, $x_0 < x < \infty$

K=0, gera uma distribuição exponencial de dois parâmetros.

Substituindo G(x) na equação (12), quando $K \neq 0$, obtemos a distribuição Generalizada de Extremos (GEV) para a série de máximos anuais maiores que x_0 :

$$F_a(x) = \exp\left[-\left(1 - K\left(\frac{x - \xi}{\alpha^*}\right)\right)^{\frac{1}{K}}\right] \qquad K \neq 0,$$
 (19)

com parâmetros transformados ξ e α^* assim definidos:

$$\xi = x_0 + \frac{\alpha \left(1 - \lambda^{-K}\right)}{K} \tag{20}$$

$$\alpha^* = \alpha \lambda^{-K} \tag{21}$$

sendo que a função inversa é igual a:

$$x(F_a) = x_0 + \frac{(\alpha - \alpha^*)}{K} + \frac{\alpha^*}{K} \left\{ 1 - \left[-\ln(F_a) \right]^K \right\}$$
 (22)

E quando K = 0, teremos a distribuição de Gumbel.

$$F_{a}(x) = \exp\left\{-\exp\left[-\left(\frac{x-\xi}{\alpha}\right)\right]\right\} \qquad K = 0$$
 (23)

com parâmetro transformado:

$$\xi = x_0 + \alpha \ln(\lambda) \tag{24}$$

e função inversa:

$$x(F_a) = x_0 - \alpha \left\{ \ln\left[-\ln(F_a) - \ln(\lambda)\right] \right\}$$
 (25)

Este modelo, chamado Poisson-Pareto, permite a análise de séries de duração parcial e a obtenção direta dos quantis para períodos de retornos anuais. A aplicação deste modelo só é

possível quando se garante que a taxa de excedência dos eventos segue um modelo poissoniano. Uma das maneiras de se verificar esta condição é através de um teste elaborado por Cunname (1979). Esse teste está descrito no Anexo V.

3.3 - Determinação das Equações IDF

A partir das curvas geradas com a análise de frequência é possível definir uma equação que represente as relações Intensidade-Duração-Frequência. Dentre os diversos trabalhos elaborados para o estabelecimento de equações IDF destacam-se os de Pfafstetter (1957), Occhipinti e Santos (1965) e Wilken (1978). Estes trabalhos apresentaram dois tipos de equações.

Pfafstetter (1957), estabeleceu equações do tipo:

$$P = K.[a.t + b log (1+c.t)]$$
 (26)

onde

P = Precipitação total máxima (mm)

K =Fator de probabilidade

t = duração da precipitação em horas

a, b, c = valores constantes para cada estação

Sendo que o fator de probabilidade, K, é obtido pela seguinte equação:

$$K = T^{\alpha + \frac{\beta}{T'}} \tag{27}$$

T = tempo de recorrência em anos

 α , β = valores que dependem da duração da precipitação

 γ = valor constante para cada estação

Segundo Pfafstetter (1957), "A escolha deste tipo de equação decorre da observação de que, na representação gráfica da precipitações em função dos tempos de recorrência, as curvas para as diversas durações possuem, em primeira aproximação, configuração bastante semelhante, passando-se de uma para outra por simples translação, paralela ao eixo das precipitações.

Como os gráficos estão representados em escala bilogarítmica, o paralelismo das curvas traduz-se por um desdobramento da equação em dois fatores; onde o primeiro caracteriza a forma da curva, e o segundo, sua posição relativa ao eixo das precipitações.

O primeiro, que se pode chamar de fator de probabilidade:

$$K = T^{\alpha + \frac{\beta}{T'}} \tag{28}$$

define a forma da curva a ajustar à representação gráfica das precipitações, em função do tempo de recorrência, enquanto que o segundo fator:

$$[a.t + b log (1+c.t)]$$
 (29)

exprime o valor da precipitação para o tempo de recorrência T = 1 ano. Este fator dá a ordenada da curva para T = 1 ano, porque K se torna igual à unidade para este valor."

Wilken (1978) recomendou o emprego de equações do seguinte tipo:

$$i = \frac{A}{(t+b)^c} \tag{30}$$

onde,

 $A = kT^{\gamma}$

 $c = \alpha T^{\beta}$

i = Intensidade da precipitação

T =Período de recorrência

t = Duração da precipitação

k, a, b, α , β = Parâmetros da equação

Nesse trabalho optou-se pela utilização do tipo de equação sugerido por Wilken (1978), e a determinação dos parâmetros foi realizada por processos semi-gráficos e pelo método dos mínimos quadrados, os quais serão descritos a seguir.

Por anamorfose logarítmica temos que a equação apresentada por Wilken (1978) é transformada em:

$$\log i = \log A - c \log (t + b) \tag{31}$$

Ao se plotar, para cada período de retorno, os pares de pontos "i" versus "(t + b)" em papel bilogarítmico, adotando inicialmente "b" = 0, constata-se um alinhamento dos pontos. Entretanto, para durações menores os pontos apresentam uma curvatura. Assim, procura-se determinar um valor para "b" que retifica a curva. A determinação do parâmetro "b" é feita variando-se o seu valor até a linearização da curva. O valor de "b" adotado como parâmetro da equação foi o valor médio entre os calculados para cada período de retorno. Além do método gráfico, Wilken, 1978, sugere as seguintes etapas para definição do parâmetro "b":

a) Nas curvas, log i x log (t + b), definidas na análise freqüência, para cada período de retorno seleciona-se os pontos próximos aos extremos das curvas, (i1,t1) e (i2,t2). Para estes pontos temos:

$$i_1 = \frac{A}{(t_1 + b)^c}$$
 $i_2 = \frac{A}{(t_2 + b)^c}$ (32)

b) Define-se um terceiro ponto, (i_3,t_3) , de tal maneira que: $i_3 = \sqrt{i_1.i_2}$ (33)

$$i_3 = \sqrt{i_1 \cdot i_2} \tag{33}$$

c) Obtém-se t3 correspondente a i3, através das curvas traçadas. Assim, temos:

$$\frac{A}{(t_3+b)^c} = \sqrt{\frac{A}{(t_1+b)^c} \cdot \frac{A}{(t_2+b)^c}}$$
 (34)

Elevando-se a equação acima ao quadrado e resolvendo para "b", temos:

$$b = \frac{t_3^2 - t_1 \cdot t_2}{t_1 + t_2 - 2t_3} \tag{35}$$

A partir da definição do parâmetro "b", é possível determinar, para cada período de retorno, através do método dos mínimos quadrados, os valores de "c" e "Log A". Adotando a curva de ajuste como sendo a equação (31), os valores de "c" e "Log A", para cada período de retorno, são determinados de maneira que a soma dos quadrados dos desvios entre os valores calculados de "i" e os observados seja a menor possível. Assim, para

$$x = i_{observado} - i_{calculado} \tag{36}$$

Temos que,

$$\sum x^2 = \sum \left[\log i - \log A + c \log (t+b) \right]^2 \tag{37}$$

Esta equação será um mínimo quando as suas derivadas parciais em relação a "c" e a "log A" forem iguais a zero.

$$\frac{\partial \left(\sum x^2\right)}{\partial \log A} = 0 \qquad \frac{\partial \left(\sum x^2\right)}{\partial c} = 0 \qquad (38)$$

Resolvendo as derivadas obtêm-se as duas equações normais.

$$\sum \log i = n \log A - c \sum \log(t+b)$$

$$\sum \left[\log i \cdot \log(t+b)\right] = \log A \cdot \sum \log(t+b) - c \cdot \sum \left[\log(t+b)\right]^2$$
(40)

A resolução do sistema de equações acima resulta nos seguintes valores para as incógnitas:

$$\log A = \frac{\sum \log i \cdot \sum [\log(t+b)]^2 - \sum \log(t+b) \cdot \sum [\log i \cdot \log(t+b)]}{n \cdot \sum [\log(t+b)]^2 - [\sum \log(t+b)]^2}$$

$$c = \frac{\sum \log(t+b) \cdot \sum \log i - n \cdot \sum [\log i \cdot \log(t+b)]}{n \cdot \sum [\log(t+b)]^2 - [\sum \log(t+b)]^2}$$
(42)

onde,

n é igual ao número de durações adotadas nesse estudo

Assim, foi possível calcular as incógnitas acima para cada período de retorno utilizado na definição das curvas IDF.

Os parâmetros k, α , α e β foram determinados a partir dos valores de "c" e "log A", obtidos na análise anterior.

Como $c = \alpha T^{\beta}$, temos por anamorfose logaritmica que:

$$\log c = \log \alpha + \beta \log T \tag{43}$$

Adotando esta equação como a curva de ajuste e aplicando o método dos mínimos quadrados obtêm-se:

$$\log \alpha = \frac{\sum (\log T)^2 \cdot \sum \log c - \sum (\log c \cdot \log T) \sum \log T}{n \cdot \sum (\log T)^2 - (\sum \log T)^2}$$
(44)

$$\beta = \frac{n\sum (\log c \cdot \log T) - \sum \log T \cdot \sum \log c}{n\sum (\log T)^2 - (\sum \log T)^2}$$
(45)

onde,

n é igual ao número de períodos de retorno utilizados na definição das curvas IDF.

Aplicando as mesmas etapas descritas anteriormente para $A = kT^r$, temos que:

$$\log A = \log k + \gamma \log T$$

$$\log k = \frac{\sum (\log T)^2 \cdot \sum \log A - \sum (\log A \cdot \log T) \sum \log T}{n \cdot \sum (\log T)^2 - (\sum \log T)^2}$$

$$\gamma = \frac{n \sum (\log A \cdot \log T) - \sum \log T \cdot \sum \log A}{n \sum (\log T)^2 - (\sum \log T)^2}$$
(48)

onde,

n é igual ao número de períodos de retorno utilizados na definição das curvas IDF.

As etapas descritas acima são regressões lineares simples, que podem ser analisadas a partir do coeficiente de determinação (r²). Este coeficiente é a relação entre a variância explicada pelo modelo linear e a variância total. O valor deste coeficiente pode variar entre 0 e 1. Se o coeficiente de determinação for próximo a 1, os pontos amostrais podem ser representados pelo modelo linear. Por outro lado, se for próximo a 0, o modelo não pode ser linear.

A avaliação do ajuste entre os pontos oriundos da análise de frequência e os valores obtidos pela equação definida no estudo pode ser realizado pelo cálculo dos desvios quadráticos mínimos (DQM), dos desvios percentuais médios absolutos (DPMA), do coeficiente de determinação (r²), além da comparação gráfica.

Os desvios quadráticos mínimos são obtidos pela seguinte equação:

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (i_a - i_c)^2}{N - 1}}$$
 (49)

E os desvios percentuais médios absolutos por:

$$DPMA = \frac{\sum \frac{\left|i_a - i_c\right|}{i_a}.100}{N} \tag{50}$$

onde, i_a é a intensidade obtida da análise de frequência, i_c é a intensidade calculada pela equação e N o tamanho da amostra.

A análise gráfica permite que se visualize, plotando pontos oriundos da análise de frequência "versus" valores obtidos pela equação definida no estudo, o alinhamento dos pontos. Em uma situação ideal, o modelo descrevendo perfeitamente a variação da amostra, os pontos representarão uma reta que passa pela origem, com coeficiente angular e coeficiente de determinação iguais a 1.

4 - RESULTADOS

4.1 - Estação Pluviográfica de Lagoa do Gouvea - Cód. 01845004

A estação pluviográfica de Lagoa do Gouvea, código 01845004, pertencente à rede hidrometeorológica da ANEEL, está instalada no povoado de Lagoa do Gouvea, no município de Tiros, numa altitude aproximada de 1035m. A operação da estação iniciou em 23/01/75 com a instalação de um pluviômetro "Ville de Paris"; em 01/05/75 foi colocado em funcionamento um pluviógrafo "IH" mod. 4. Mais informações sobre esta estação podem ser encontradas na sua ficha descritiva no Anexo VI.

A partir dos dados pluviométricos referentes ao período fev/75 a dez/92, recentemente consistidos pela CPRM, constata-se que o trimestre mais chuvoso é o de Novembro-Dezembro-Janeiro e o mais seco é o de Junho-Julho-Agosto. O mês de janeiro apresenta a maior média mensal e o de junho a menor. Além disso, verifica-se que a média dos totais anuais referente ao período foi de 1.571,0mm. De acordo com CPRM/DNAEE (1995), a estação está localizada, segundo a classificação de Köppen, em uma região de tipologia climática Cwa, clima temperado brando com verão quente (temperatura média do mês mais quente superior a 22° C) e inverno brando (temperatura média do mês mais frio inferior a 18° C); a estação seca é coincidente com o inverno.

4.1.1 - Coleta de dados

Foram coletados os pluviogramas do período 1975 a 1985 e 1990 a 1995. Para este período, devido a problemas com o aparelho, foi possível reunir 14 anos hidrológicos completos, conforme está apresentado no Quadro 3.1.1.

Analisando os pluviogramas que perfaziam os 14 anos hidrológicos completos foram selecionadas as chuvas intensas para as durações e os limites mínimos estabelecidos no Quadro 3.1.2. A seleção dos eventos chuvosos obedeceu os critérios definidos no item 3.1.

Foram selecionados 142 eventos chuvosos que permitiram a montagem das séries de duração parcial para cada duração adotada neste estudo. As séries estão apresentadas no Anexo II, tendo sido considerado o número de eventos igual ao dobro do números de anos hidrológicos reunidos ($\lambda = 2$), ou seja,28 eventos.

4.1.2 Verificação da homogeneidade das séries

A aplicação do teste de Mann-Kendal mostrou que, para um nível de significância de 5 %, as séries são homôgeneas. Os resultados estão no Anexo III.

4.1.3 - Aplicação do teste de Cunname

Os resultados obtidos com a aplicação do teste para um nível de significância de 9,5 % demonstram, como está apresentado no Anexo V, que as taxas de excedência de todas as séries seguem um modelo poissoniano. Dessa maneira é garantida a utilização da equação (12), que representa a relação entre a função de distribuição acumulada para máximos anuais, a razão de ocorrência dos eventos e a função de distribuição acumulada da série de duração parcial.

4.1.4 - Análise de frequência

A primeira etapa da análise de frequência constituiu no estabelecimento da distribuição empírica e, em seguida, como descrito no item 3.2, foram ajustadas as distribuições de probabilidade de Gumbel, Log-Normal, Log-Pearson tipo III e a Generalizada de Valores Extremos (GEV), além do modelo Poisson-Pareto.

A escolha do modelo probabilístico que apresentou o melhor ajuste para cada distribuição empírica foi efetuado com a aplicação dos testes visual e Qui-Quadrado, com nível de significância de 2,5%. Após a verificação do ajuste optou-se pelos seguintes modelos:

Duração	Modelo Probabilístico	Parâmetros
5 min	Gumbel	$\overline{X} = 147,6$ $\sigma_X = 39,6$
10 min	Gumbel	$\overline{X} = 118,5$ $\sigma_X = 21,2$
15 min	Gumbel	$\overline{X} = 101,2$ $\sigma_X = 21,1$
30 min	Gumbel	$\overline{X} = 68,1$ $\sigma_X = 10,3$
45 min	Gumbel	$\overline{X} = 54,0$ $\sigma_X = 8,9$
1 h	Gumbel	$\overline{X} = 44.2$ $\sigma_X = 8.5$
2 hs	Gumbel	$\overline{X} = 25.8 \sigma_X = 5.2$
3 hs	Gumbel	$\overline{X} = 19,3$ $\sigma_X = 4,1$
4 hs	Gumbel	$\overline{X} = 15,1$ $\sigma_X = 3,6$
8 hs	Poisson-Pareto	$x_0 = 7,09$ $K = -0,0262$ $\alpha = 1,702$ $\alpha^* = 1,733$ $\xi = 8,278$
14 hs	Poisson-Pareto	$x_0 = 4.36$ $K = -0.0664$ $\alpha = 1.0334$ $\alpha^* = 1.0821$ $\xi = 5.090$
24 hs	Poisson-Pareto	$x_0 = 2,99$ $K = -0,0214$ $\alpha = 0,7967$ $\alpha^* = 0,8086$ $\xi = 3,5480$

O fator de frequência para a definição dos quantis da distribuição de Gumbel pela equação geral de frequência foi calculado em função do tamanho da amostra, neste caso 28 elementos, com $\mu_Y = 0.53426$ e $\sigma_Y = 1.104703$. Maiores detalhes sobre o cálculo do fator de frequência são encontrados no Anexo IV.

Os Gráficos 4.1.1 e 4.1.2 apresentam as distribuições empíricas e os modelos probabilísticos ajustados. Os quantis calculados constam do Anexo VIII e permitiram o cálculo da relação entre precipitações de diferentes durações. Estas relações estão apresentadas no Quadro 4.1.1.

4.1.5 - Definição das equações IDF

Os quantis gerados pelos modelos probabilísticos adotados permitiram a definição das relações IDF recomendadas por Wilken (1978), equação (30), a partir da utilização da metodologia descrita no item 3.3.

Para esta estação, foram definidas duas equações, uma para durações iguais ou inferiores a lhora e outra para durações superiores a l hora.

Papel de Gumbel 01845004 - Lagoa do Gouvea

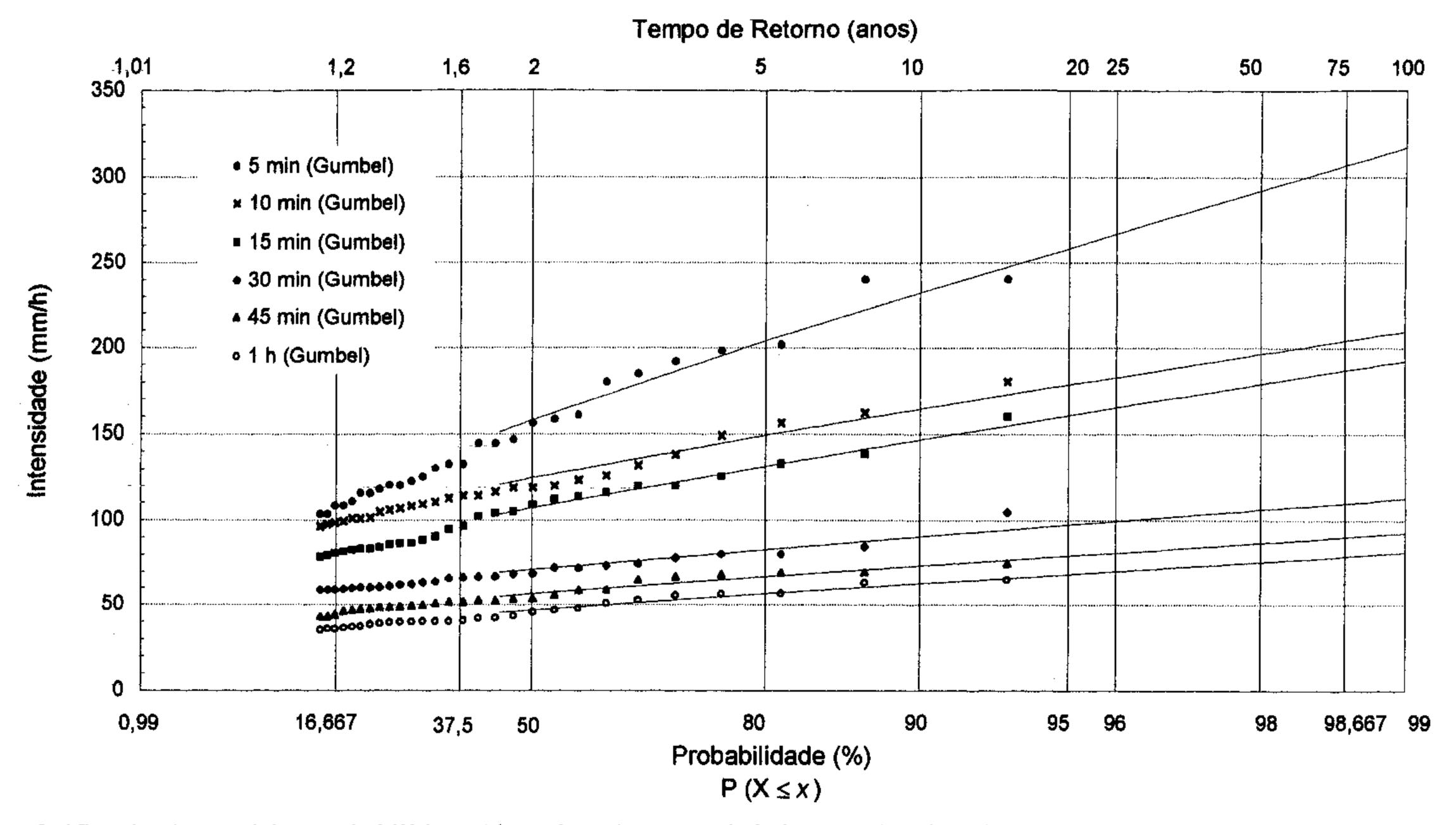


Gráfico 4.1.1 - Modelos Probabilíticos Ajustados - Durações inferiores ou igual a 1 hora (Lagoa do Gouvea - Cód. 01845004)

Papel de Gumbel 01845004 - Lagoa do Gouvea

Tempo de Retorno (anos)

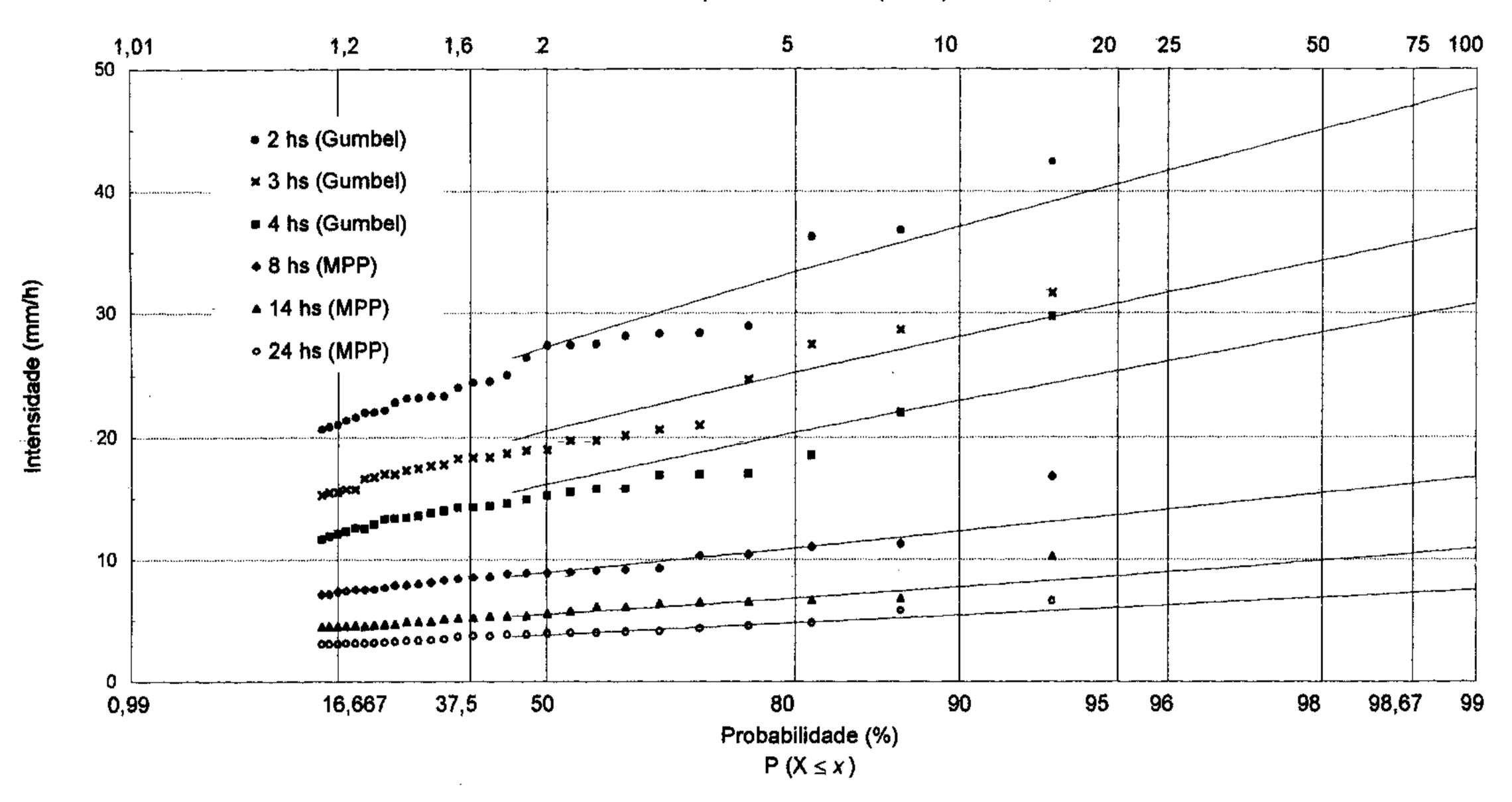


Gráfico 4.1.2 - Modelos Probabilíticos Ajustados - Durações superiores a 1 hora (Lagoa do Gouvea - Cód. 01845004)

Tr (anos)	5min/30min	10min/30min	10min/30min	30min/1h	45min/1h	1h/24h	2h/24h	3h/24h	4h/24h	8h/24h	14h/24h
1,8	0,36	0,58	0,75	0,77	0,91	0,51	0,59	0,66	0,69	0,77	0,83
2	. 0,37	0,58	0,75	0,76	0,91	0,51	0,59	0,67	0,70	0,77	0,83
5	0,41	0,60	0,79	0,73	0,89	0,49	0,58	0,66	0,71	0,76	0,83
10	0,43	0,61	0,81	0,72	0,88	0,48	0,57	0,65	0,71	0,76	0,83
15	0,44	0,61	0,82	0,72	0,87	0,48	0,57	0,64	0,70	0,76	0,83
20	0,44	0,61	0,83	0,71	0,87	0,47	0,56	0,64	0,70	0,75	0,84
25	0,45	0,61	0,83	0,71	0,87	0,47	0,56	0,64	0,70	0,75	0,84
30	0,45	0,61	0,83	0,71	0,87	0,47	0,56	0,63	0,70	0,75	0,84
35	0,45	0,62	0,84	0,71	0,86	0,46	0,55	0,63	0,70	0,75	0,84
40	0,46	0,62	0,84	0,70	0,86	0,46	0,55	0,63	0,70	0,75	0,84
45	0,46	0,62	0,84	0,70	0,86	0,46	0,55	0,63	0,69	0,75	0,84
50	0,46	0,62	0,84	0,70	0,86	0,46	0,55	0,63	0,69	0,75	0,85
55	0,46	0,62	0,84	0,70	0,86	0,46	0,55	0,63	0,69	0,75	0,85
60	0,46	0,62	0,85	0,70	0,86	0,46	0,55	0,63	0,69	0,75	0,85
65	0,46	0,62	0,85	0,70	0,86	0,46	0,55	0,62	0,69	0,75	0,85
70	0,46	0,62	0,85	0,70	0,86	0,46	0,55	0,62	0,69	0,75	0,85
75	0,47	0,62	0,85	0,70	0,86	0,46	0,54	0,62	0,69	0,75	0,85
80	0,47	0,62	0,85	0,70	0,86	0,45	0,54	0,62	0,69	0,75	0,85
85	0,47	0,62	0,85	0,70	0,86	0,45	0,54	0,62	0,69	0,75	0,85
90	0,47	0,62	0,85	0,70	0,86	0,45	0,54	0,62	0,69	0,75	0,85
95	0,47	0,62	0,85	0,70	0,86	0,45	0,54	0,62	0,69	0,75	0,85
100	0,47	0,62	0,85	0,69	0,86	0,45	0,54	0,62	0,69	0,75	0,85
Média	0,45	0,61	0,83	0,71	0,87	0,47	0,56	0,63	0,69	0,75	0,84

Quadro 4.1.1 - Relações entre precipitações de diferentes durações (Lagoa do Gouvea - Cód. 01845004)

4.1.5.1 - Equação para durações inferiores ou iguais a 1 hora

Através dos quantis gerados para as durações inferiores ou iguais a 1 hora e aplicando o método dos mínimos quadrados, calculou-se os termos "log A" e "c" da equação (31), através das equações (41) e (42). O parâmetro "b", obtido pelo método gráfico foi igual a 0,036. Os resultados alcançados foram:

Tr	log A	С	r^2
2	3,897794	0,572165	0,99316
5	4,062917	0,600557	0,99563
10	4,152076	0,613149	0,99488
20	4,229166	0,622804	0,99365
25	4,252269	0,625501	0,99321
50	4,32001	0,632933	0,99178
70	4,351041	0,636117	0,99109
80	4,363063	0,637316	0,99081
100	4,382805	0,639244	0,99035

Os resultados acima possibilitaram o cálculo dos parâmetros " α " e " β " da equação (43), através das equações (44) e (45), com os seguintes resultados:

$$\alpha = 0.58426$$
 $\beta = 0.0202$ $r^2 = 0.980985$

Com os valores de "log A" e "Tr" definidos na primeira etapa, calculou-se os parâmetros "K" e "γ" da equação (46), através das equações (47) e (48). Os resultados obtidos foram:

$$k = 47,2295$$
 $\gamma = 0,1186$ $r^2 = 0,98295$

Assim, a equação intensidade-duração-frequência desta estação para durações iguais ou inferiores a 1 hora é:

$$i(mm/h) = \frac{47,2295.Tr(anos)^{0,1186}}{(t(h)+0,036)^{0,5843.Tr(anos)^{0,0202}}}$$
(51)

A verificação do ajuste entre os quantis obtidos na análise de frequência e os valores calculados pela equação estabelecida foi efetuado pelos índices DQM, DPMA e o coeficiente de determinação (r²), cujos os resultados estão no Anexo VII.

A Figura 4.1.1 apresenta os diagramas das relações IDF e o Quadro 4.1.2 as intensidades calculadas com a equação IDF para vários períodos de retorno.

4.1.5.2 - Equação para durações superiores a 1 hora

Com os quantis gerados para as durações superiores a 1 hora e aplicando o método dos mínimos quadrados, calculou-se os termos "log A" e "c" da equação (31), através das

equações (41) e (42). O parâmetro b, neste caso, é igual a 0 (zero). Os resultados alcançados foram:

Tr	log A	c	r ²
2	3,916661	0,809873	0,99847
5	4,029267	0,768461	0,99778
10	4,111999	0,753197	0,99772
20	4,193984	0,744092	0,99783
25	4,220275	0,742075	0,99788
50	4,301708	0,737998	0,99806
70	4,341131	0,737034	0,99815
80	4,35676	0,736812	0,99819
100	4,382858	0,736631	0,99825

Os resultados acima possibilitaram o cálculo dos parâmetros " α " e " β " da equação (43), através das equações (44) e (45), com os seguintes resultados:

$$\alpha = 0.8025$$
 $\beta = -0.0212$ $r^2 = 0.829659$

Com os valores de "log A" e "Tr" definidos na primeira etapa, calculou-se os parâmetros "K" e "γ" da equação (46), através das equações (47) e (48), Os resultados obtidos foram:

$$k = 46,3807$$
 $\gamma = 0,1188$ $r^2 = 0.9999$

Assim, a equação intensidade-duração-freqüência desta estação para durações superiores a l hora é:

$$i(mm/h) = \frac{46,3807.Tr(anos)^{0,1188}}{(t(h))^{0,80250Tr^{-0,0212}}}$$
(52)

A verificação do ajuste entre os quantis obtidos na análise de frequência e os valores calculados pela equação estabelecida foi efetuado pelos índices DQM, DPMA e o coeficiente de determinação (r²), cujos os resultados estão no Anexo VII.

A Figura 4.1.1 apresenta os diagramas das relações IDF e o Quadro 4.1.2 as intensidades calculadas com a equação IDF para vários períodos de retorno.

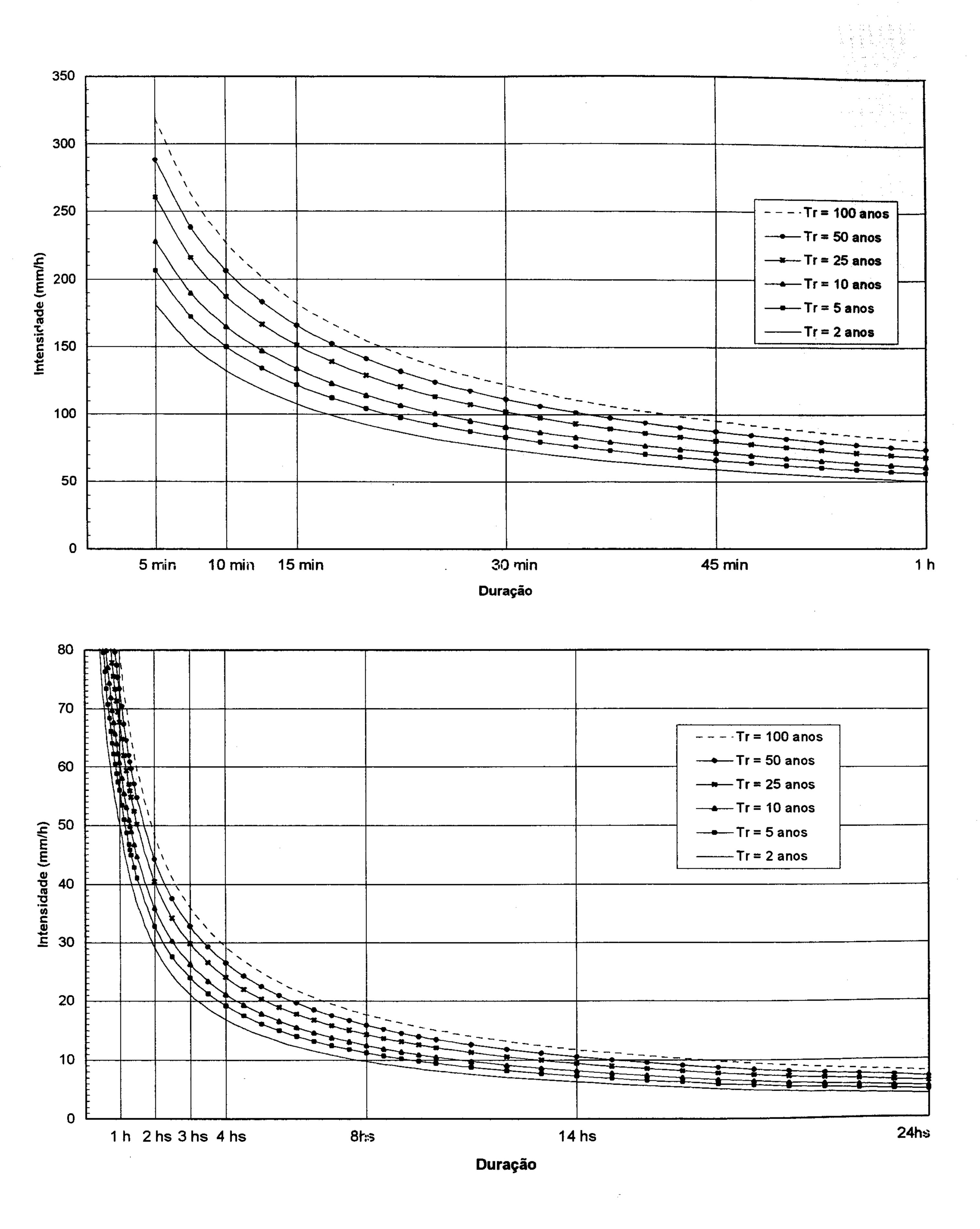


Figura 4.1.1 - Diagramas das relações IDF de Lagoa do Gouvea

Tr (anos)	5min	10min	15min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	8h	14h	24h
1,8	178,0	130,1	106,1	73,2	58,4	49,6	28,7	20,8	16,6	9,6	6,1	4,0
2	180,7	132,0	107,6	74,2	59,1	50,2	29,1	21,1	16,8	9,7	6,2	4,1
5	206,2	149,8	121,7	83,3	66,1	56,0	32,8	23,9	19,2	11,2	7,3	4,8
10	227,9	164,8	133,5	90,9	71,9	60,7	35,9	26,3	21,1	12,4	8,1	5,4
15	241,7	174,3	141,0	95,7	75,5	63,7	37,8	27,8	22,4	13,2	8,7	5,8
20	252,0	181,4	146,5	99,2	78,2	65,9	39,3	28,9	23,3	13,8	9,1	6,0
25	260,3	187,1	151,0	102,0	80,4	67,7	40,4	29,8	24,0	14,3	9,4	6,3
30	267,3	191,9	154,7	104,4	82,2	69,1	41,4	30,6	24,7	14,7	9,7	6,5
35	273,4	196,1	157,9	106,5	83,7	70,4	42,2	31,2	25,2	15,1	9,9	6,6
40	278,7	199,7	160,8	108,3	85,1	71,5_	43,0	31,8	25,7	15,4	10,1	6,8
45	283,6	203,0	163,4	109,9	86,3	72,5	43,6	32,3	26,1	15,6	10,3	6,9
50	288,0	206,0	165,7	111,4	87,5	73,4	44,2	32,8	26,5	15,9	10,5	7,1
55	292,0	208,8	167,8	112,7	88,5	74,3	44,8	33,2	26,9	16,1	10,7	7,2
60	295,7	211,3	169,8	114,0	89,4	75,0	45,3	33,6	27,2	16,3	10,8	7,3
65	299,2	213,7	171,7	115,2	90,3	75,8	45,8	34,0	27,5	16,5	11,0	7,4
70	302,4	215,9	173,4	116,2	91,1	76,4	46,2	34,3	27,8	16,7	11,1	7,5
75	305,5	218,0	175,0	117,3	91,9	77,0	46,6	34,6	28,1	16,9	11,2	7,6
80	308,4	219,9	176,5	118,2	92,6	77,6	47,0	34,9	28,3	17,1	11,3	7,6
85	311,1	221,8	178,0	119,1	93,3	78,2	47,4	35,2	28,6	17,2	11,4	7,7
90	313,7	223,6	179,3	120,0	93,9	78,7	47,7	35,5	28,8	17,4	11,5	7,8
95	316,2	225,2	180,7	120,8	94,6	79,2	48,1	35,8	29,0	17,5	11,6	7,9
100	318,6	226,9	181,9	121,6	95,1	79,7	48,4	36,0	29,2	17,6	11,7	7,9

Quadro 4.1.2 - Intensidades calculadas com as equações IDF de Lagoa do Gouvea. (mm/h)

4.2 - Estação Pluviográfica de Pitangui - Cód. 01944032

A estação pluviográfica de Pitangui, código 01944032, pertencente à rede hidrometeorológica da ANEEL, está instalada na área da estação de tratamento de água da prefeitura municipal, no município de Pitangui, numa altitude aproximada de 696m. A operação da estação iniciou em 28/08/74 com a instalação de um pluviógrafo "IH"; em 01/05/75 foi colocado um pluviômetro "Ville de Paris". Mais informações sobre esta estação podem ser encontradas na sua ficha descritiva no Anexo VI.

A partir dos dados pluviométricos referentes ao período out/74 a dez/92, recentemente consistidos pela CPRM, constata-se que o trimestre mais chuvoso é o de Novembro-Dezembro-Janeiro e o mais seco é o de Junho-Julho-Agosto. O mês de janeiro apresenta a maior média mensal e o de junho a menor. Além disso, verifica-se que a média dos totais anuais referente ao período foi de 1.468,3mm. De acordo com CPRM/DNAEE (1995), a estação está localizada, segundo a classificação de Köppen, em uma região de tipologia climática Cwa, clima temperado brando com verão quente (temperatura média do mês mais quente superior a 22° C) e inverno brando (temperatura média do mês mais frio inferior a 18° C); a estação seca é coincidente com o inverno.

4.2.1 - Coleta de dados

Foram utilizados os pluviogramas do período 1974 a 1985 e 1990 a 1995. Para este período, devido a problemas com o aparelho, foi possível reunir 09 anos hidrológicos completos, conforme está apresentado no Quadro 3.1.1.

Analisando os pluviogramas que perfaziam os 09 anos hidrológicos completos foram selecionadas as chuvas intensas para as durações e os limites mínimos estabelecidos no Quadro 3.1.2. A seleção dos eventos chuvosos obedeceu os critérios definidos no item 3.1.

Foram selecionados 98 eventos chuvosos que permitiram a montagem das séries de duração parcial para cada duração adotada neste estudo. As séries estão apresentadas no Anexo II, tendo sido considerado o número de eventos igual ao dobro do números de anos hidrológicos reunidos ($\lambda = 2$), ou seja, 18 eventos.

4.2.2 Verificação da homogeneidade das séries

A aplicação do teste de Mann-Kendal mostrou que, para um nível de significância de 5 %, as séries são homôgeneas. Os resultados estão no Anexo III.

4.2.3 - Aplicação do teste de Cunname

Os resultados obtidos com a aplicação do teste para um nível de significância de 10 % demonstram, como está apresentado no Anexo V, que as taxas de excedência de todas as séries seguem um modelo poissoniano. Dessa maneira é garantida a utilização da equação (12), que representa a relação entre a função de distribuição acumulada para máximos anuais, a razão de ocorrência dos eventos e a função de distribuição acumulada da série de duração parcial.

4.2.4 - Análise de frequência

A primeira etapa da análise de frequência constituiu no estabelecimento da distribuição empírica e, em seguida, como descrito no item 3.2, foram ajustadas as distribuições de probabilidade de Gumbel, Log-Normal, Log-Pearson tipo III e a Generalizada de Valores Extremos (GEV), além do modelo Poisson-Pareto.

A escolha do modelo probabilístico que apresentou o melhor ajuste para cada distribuição empírica foi efetuado com a aplicação dos testes visual e Qui-Quadrado, com nível de significância de 2,5%. Após a verificação do ajuste optou-se pelos seguintes modelos:

Duração	Modelo Probabilístico	Parâmetros
5 min	Gumbel	$\overline{X} = 158,7$ $\sigma_X = 38,6$
10 min	Gumbel	$\overline{X} = 116,5$ $\sigma_X = 22,0$
15 min	Gumbel	$\overline{X} = 97.4$ $\sigma_X = 17.9$
30 min	Gumbel	$\overline{X} = 69,1$ $\sigma_X = 10,5$
45 min	Gumbel	$\overline{X} = 54,4$ $\sigma_X = 9,2$
1 h	Gumbel	$\overline{X} = 46,1$ $\sigma_X = 8,4$
2 hs	Gumbel	$\overline{X} = 26,6 \sigma_X = 5,0$
3 hs	Gumbel	$\overline{X} = 19,4$ $\sigma_X = 3,8$
4 hs	Gumbel	$\overline{X} = 16,3$ $\sigma_X = 3,2$
8 hs	Poisson-Pareto	$x_0 = 7,24$ $K = -0,0617$ $\alpha = 1,6654$ $\alpha^* = 1,7382$ $\xi = 8,4169$
14 hs	Poisson-Pareto	$x_0 = 4.41$ $K = -0.07197$ $\alpha = 1.044$ $\alpha^* = 1.0974$ $\xi = 5.1563$
24 hs	Poisson-Pareto	$x_0 = 2.98 K = -0.0779 \alpha = 0.6649 \alpha^* = 0.7018 \xi = 3.4569$

O fator de frequência para a definição dos quantis da distribuição de Gumbel pela equação geral de frequência foi calculado em função do tamanho da amostra, neste caso 18 elementos, com $\mu_Y = 0.51980$ e $\sigma_Y = 1.048076$. Maiores detalhes sobre o cálculo do fator de frequência são encontrados no Anexo IV.

Os Gráficos 4.2.1 e 4.2.2 apresentam as distribuições empíricas e os modelos probabilísticos ajustados. Os quantis calculados constam do Anexo VIII, e permitiram o cálculo da relação entre precipitações de diferentes durações. Estas relações estão apresentadas no Quadro 4.2.1.

4.2.5 - Definição das equações IDF

Os quantis gerados pelos modelos probabilísticos adotados permitiram a definição das relações IDF recomendadas por Wilken (1978), equação (30), a partir da utilização da metodologia descrita no item 3.3.

Para esta estação, foram definidas duas equações, uma para durações iguais ou inferiores a lhora e outra para durações superiores a l hora.

Papel de Gumbel 01944032 - Pitangui

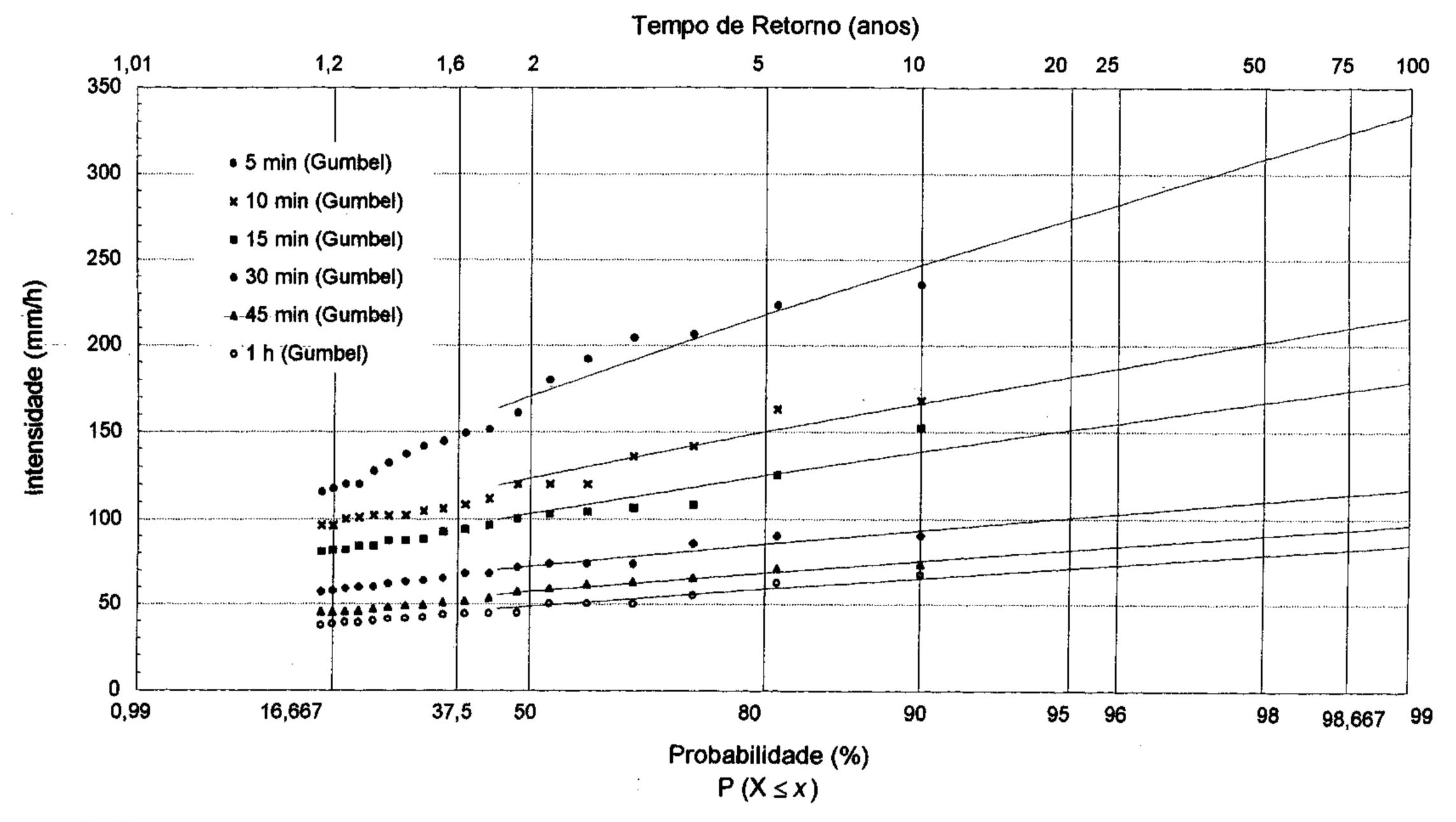


Gráfico 4.2.1 - Modelos Probabilíticos Ajustados - Durações inferiores ou igual a 1 hora (Pitangui - Cód. 01944032)

Papel de Gumbel 01944032 - Pitangui

Tempo de Retorno (anos)

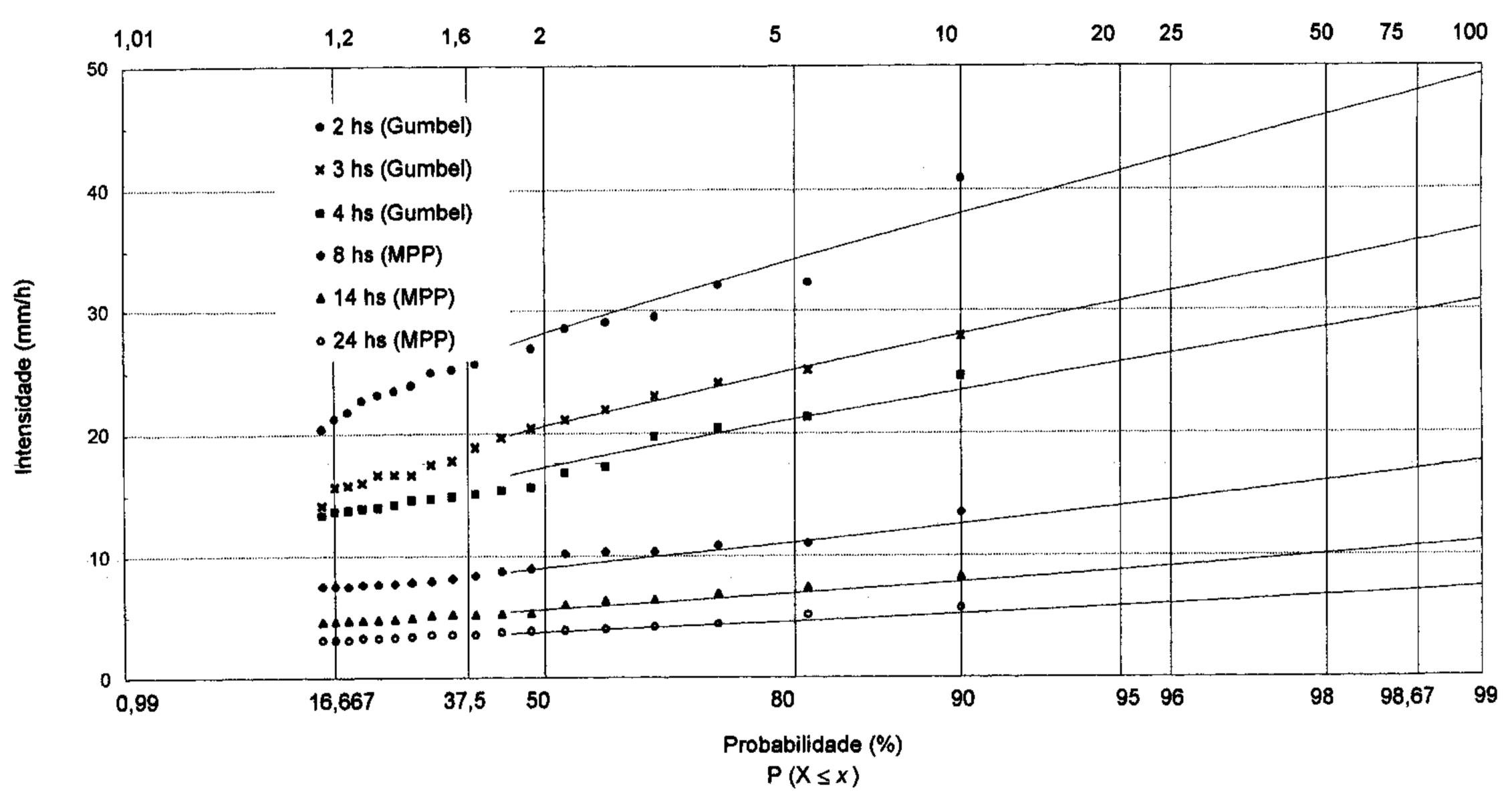


Gráfico 4.2.2 - Modelos Probabilíticos Ajustados - Durações superiores a 1 hora (Pitangui - Cód. 01944032)

Tr (anos)	5min/30min	10min/30min	10min/30min	30min/1h	45min/1h	1h/24h	2h/24h	3h/24h	4h/24h	8h/24h	14h/24h
1,8	0,39	0,56	0,71	0,75	0,88	0,54	0,63	0,69	0,77	0,81	0,87
2	0,39	0,57	0,71	0,74	0,88	0,55	0,63	0,69	0,78	0,81	0,87
5	0,43	0,59	0,73	0,72	0,87	0,54	0,62	0,69	0,77	0,81	0,88
10	0,44	0,60	0,74	0,71	0,87	0,53	0,61	0,68	0,76	0,81	0,88
15	0,45	0,60	0,75	0,71	0,86	0,52	0,60	0,67	0,75	0,81	0,88
20	0,45	0,60	0,75	0,71	0,86	0,51	0,60	0,66	0,74	0,81	0,88
25	0,46	0,61	0,75	0,70	0,86	0,51	0,59	0,66	0,73	0,81	0,88
30	0,46	0,61	0,75	0,70	0,86	0,50	0,59	0,65	0,73	0,81	0,88
35	0,46	0,61	0,76	0,70	0,86	0,50	0,58	0,65	0,73	0,81	0,88
40	0,46	0,61	0,76	0,70	0,86	0,50	0,58	0,65	0,72	0,81	0,88
45	0,47	0,61	0,76	0,70	0,86	0,50	0,58	0,64	0,72	0,81	0,88
50	0,47	0,61	0,76	0,70	0,86	0,49	0,58	0,64	0,72	0,81	0,89
55	0,47	0,61	0,76	0,70	0,86	0,49	0,57	0,64	0,71	0,81	0,89
60	0,47	0,61	0,76	0,70	0,86	0,49	0,57	0,64	0,71	0,80	0,89
65	0,47	0,61	0,76	0,70	0,86	0,49	0,57	0,64	0,71	0,80	0,89
70	0,47	0,61	0,76	0,70	0,85	0,49	0,57	0,63	0,71	0,80	0,89
75	0,47	0,61	0,76	0,69	0,85	0,49	0,57	0,63	0,71	0,80	0,89
80	0,47	0,62	0,76	0,69	0,85	0,48	0,56	0,63	0,70	0,80	0,89
85	0,47	0,62	0,76	0,69	0,85	0,48	0,56	0,63	0,70	0,80	0,89
90	0,47	0,62	0,76	0,69	0,85	0,48	0,56	0,63	0,70	0,80	0,89
95	0,48	0,62	0,76	0,69	0,85	0,48	0,56	0,63	0,70	0,80	0,89
100	0,48	0,62	0,77	0,69	0,85	0,48	0,56	0,63	0,70	0,80	0,89
Média	0,46	0,61	0,75	0,70	0,86	0,50	0,58	0,65	0,73	0,81	0,88

Quadro 4.2.1 - Relações entre precipitações de diferentes durações (Pitangui - Cód. 01944032)

4.2.5.1 - Equação para durações inferiores ou iguais a 1 hora

Através dos quantis gerados para as durações inferiores ou iguais a 1 hora e aplicando o método dos mínimos quadrados, calculou-se os termos "log A" e "c" da equação (31), através das equações (41) e (42). O parâmetro "b", obtido pelo método gráfico foi igual a 0,015. Os resultados alcançados foram:

Tr	log A	c	r^2
2	3,909678	0,535205	0,99915
5	4,080332	0,557895	0,99953
10	4,172057	0,568	0,99888
20	4,251165	0,575763	0,99808
25	4,274839	0,577933	0,99781
50	4,344175	0.583918	0,99698
70	4,375899	0,586484	0,99659
80	4,388183	0,587451	0,99643
100	4,408348	0,589005	0,99617

Os resultados acima possibilitaram o cálculo dos parâmetros "α" e "β" da equação (43), através das equações (44) e (45), com os seguintes resultados:

$$\alpha = 0.544667$$
 $\beta = 0.017532$ $r^2 = 0.981538$

Com os valores de "log A" e "Tr" definidos na primeira etapa, calculou-se os parâmetros "K" e "γ" da equação (46), através das equações (47) e (48). Os resultados obtidos foram:

$$k = 47,77181$$
 $\gamma = 0,121811$ $r^2 = 0,982361$

Assim, a equação intensidade-duração-frequência desta estação para durações iguais ou inferiores a 1 hora é:

$$i(mm/h) = \frac{47,7718Tr(anos)^{0,1218}}{(t(h)+0,015)^{0,5447.Tr(anos)^{0,0175}}}$$
(53)

A verificação do ajuste entre os quantis obtidos na análise de frequência e os valores calculados pela equação estabelecida foi efetuado pelos índices DQM, DPMA e o coeficiente de determinação (r²), cujos os resultados estão no Anexo VII.

A Figura 4.2.1 apresenta os diagramas das relações IDF e o Quadro 4.2.2 as intensidades calculadas com a equação IDF para vários períodos de retorno.

4.2.5.2 - Equação para durações superiores a 1 hora

Com os quantis gerados para as durações superiores a 1 hora e aplicando o método dos mínimos quadrados, calculou-se os termos "log A" e "c" da equação (31), através das

equações (41) e (42). O parâmetro b, neste caso, é igual a 0 (zero). Os resultados alcançados foram:

Tr	log A	c	r^2
2	3,943178	0,816968	0,99811
5	4,058683	0,779336	0,99822
10	4,143666	0,765013	0,99846
20	4,227896	0,756014	0,99869
25	4,254907	0,753899	0,99876
50	4,338566	0,749185	0,99892
70	4,379065	0,747754	0,99898
80	4,39512	0,747322	0,99900
100	4,421928	0,746759	0,99902

Os resultados acima possibilitaram o cálculo dos parâmetros " α " e " β " da equação (43), através das equações (44) e (45), com os seguintes resultados:

$$\alpha = 0.811794$$
 $\beta = -0.0203$ $r^2 = 0.859576$

Com os valores de "log A" e "Tr" definidos na primeira etapa, calculou-se os parâmetros "K" e "γ" da equação (46), através das equações (47) e (48), Os resultados obtidos foram:

$$k = 47,52009$$
 $\gamma = 0,122022$ $r^2 = 0,9999$

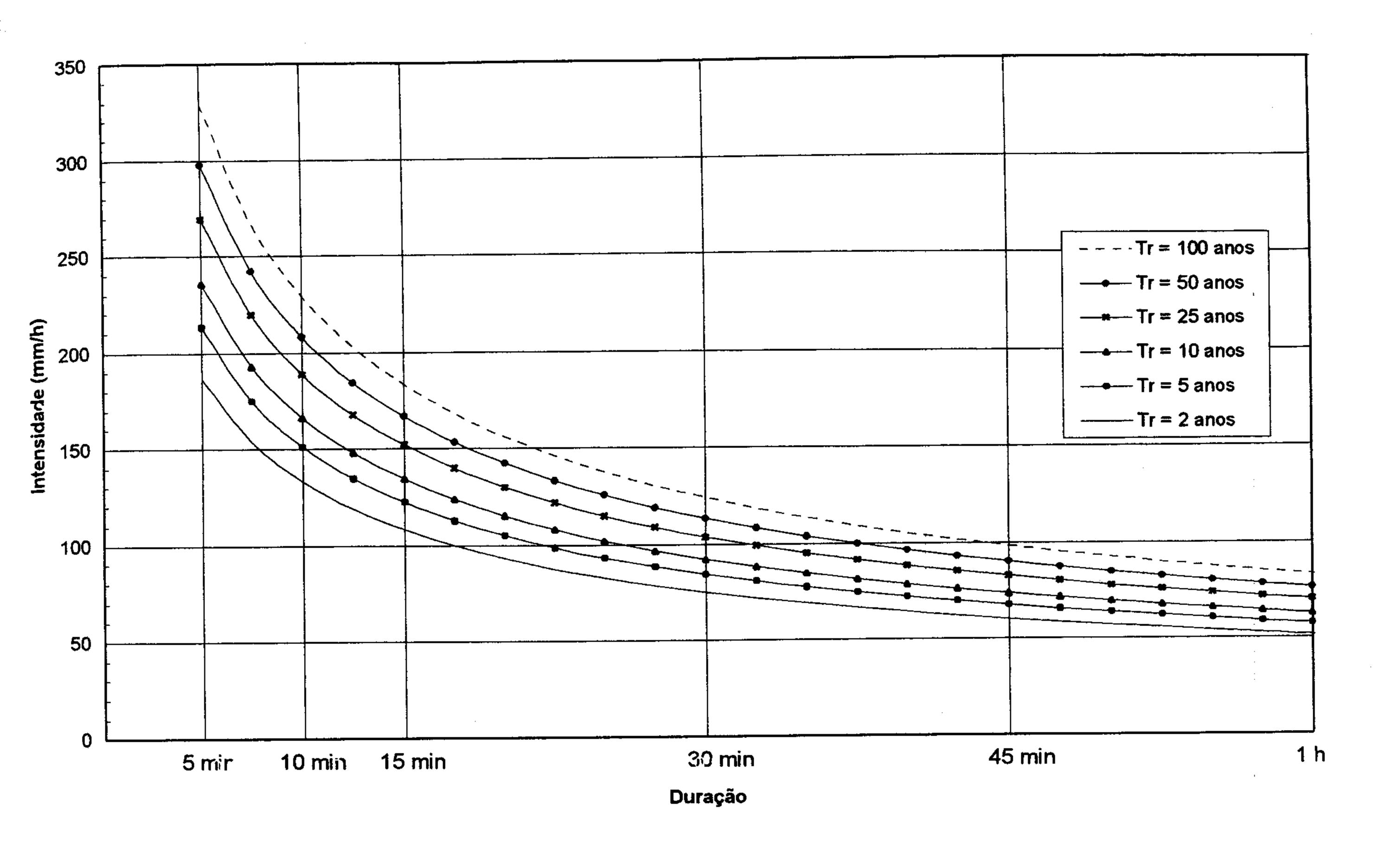
Assim, a equação intensidade-duração-freqüência desta estação para durações superiores a 1 hora é:

$$i(mm/h) = \frac{47,5201.Tr(anos)^{0,1220}}{(t(h))^{0,8118Tr^{-0,0203}}}$$
(54)

A verificação do ajuste entre os quantis obtidos na análise de frequência e os valores calculados pela equação estabelecida foi efetuado pelos índices DQM, DPMA e o coeficiente de determinação (r²), cujos os resultados estão no Anexo VII.

A Figura 4.2.1 apresenta os diagramas das relações IDF e o Quadro 4.2.2 as intensidades calculadas com a equação IDF para vários períodos de retorno.





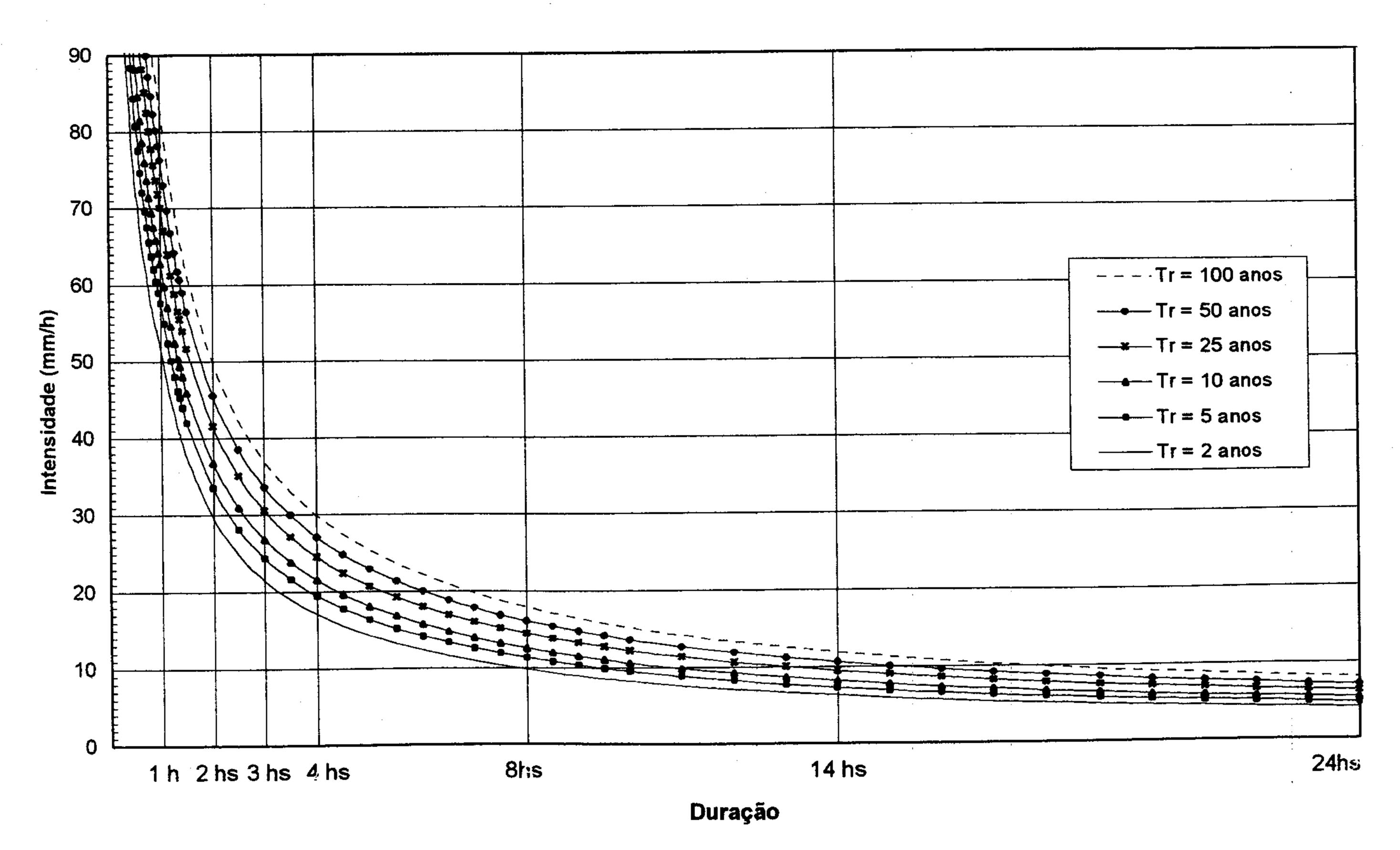


Figura 4.2.1 - Diagramas das relações IDF de Pitangui

Tr (anos)	5min	10min	15min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	8h	14h	24h
1,8	183,9	131,2	106,6	73,9	59,5	50,9	29,3	21,1	16,8	9,6	6,1	4,0
2	186,7	133,1	108,1	74,9	60,3	51,6	29,7	21,5	17,0	9,8	6,3	4,1
5	213,1	151,1	122,3	84,3	67,5	57,6	33,5	24,4	19,5	11,3	7,3	4,8
10	235,6	166,4	134,3	92,1	73,6	62,7	36,8	26,9	21,5	12,6	8,1	5,4
15	249,9	176,0	141,9	97,1	77,4	65,9	38,8	28,4	22,8	13,4	8,7	5,8
_20	_260,5	183,2	_147,5	100,7	80,2	68,2	40,3	29,6	23,8	14,0	9,1	6,0
25	269,1	188,9	152,0	103,6	82,5	70,1	41,5	30,5	24,5	14,5	9,5	6,3
30	276,3	193,8	155,8	106,1	84,4	71,7	42,6	31,3	25,2	14,9	9,7	6,5
35	282,6	198,0	159,1	108,2	86,0	73,0	43,4	32,0	25,7	15,2	10,0	6,7
40	288,2	201,7	162,0	110,1	87,5	74,2	44,2	32,6	26,2	15,6	10,2	6,8
45	293,1	205,0	164,6	111,8	88,8	75,3	44,9	33,1	26,7	15,8	10,4	6,9
50	297,7	208,1	166,9	113,3	89,9	76,3	45,5	33,6	27,1	16,1	10,6	7,1
55	301,8	210,9	169,1	114,7	91,0	77,2	46,1	34,1	27,5	16,3	10,8	7,2
60	305,7	213,4	171,1	116,0	92,0	78,0	46,7	34,5	27,8	16,6	10,9	7,3
65	309,2	215,8	173,0	117,2	92,9	78,7	47,2	34,9	28,1	16,8	11,0	7,4
70	312,6	218,1	174,7	118,3	93,8	79,5	47,6	35,2	28,4	17,0	11,2	7,5
75	315,8	220,2	176,4	119,4	94,6	80,1	48,1	35,6	28,7	17,1	11,3	7,6
80	318,7	222,2	177,9	120,4	95,4	80,8	48,5	35,9	29,0	17,3	11,4	7,7
85	321,6	224,0	179,4	121,3	96,1	81,4	48,9	36,2	29,2	17,5	11,5	7,7
90	324,3	225,8	180,8	122,2	96,8	81,9	49,2	36,5	29,5	17,6	11,6	7,8
95	326,8	227,5	182,1	123,1	97,4	82,5	49,6	36,7	29,7	17,8	11,7	7,9
100	329,3	229,2	183,4	123,9	98,1	83,0	49,9	37,0	29,9	17,9	11,8	8,0

Quadro 4.2.2 - Intensidades calculadas com as equações IDF de Pitangui. (mm/h)

4.3 - Estação Pluviográfica de Papagaios - Cód. 01944049

A estação pluviográfica de Papagaios, código 01944049, pertencente à rede hidrometeorológica da ANEEL, está instalada na Fazenda Miguel Dias, de propriedade do Sr. José Miguel Duarte Marciel, no município de Papagaios, numa altitude aproximada de 703 m. A operação da estação iniciou em 23/08/75 com a instalação de um pluviômetro "Ville de Paris", e em 10/10/75 foi colocado em funcionamento um pluviógrafo "IH", mod. 4. Mais informações sobre esta estação podem ser encontradas na sua ficha descritiva no Anexo VI.

A partir dos dados pluviométricos referentes ao período set/75 a dez/92, recentemente consistidos pela CPRM, constata-se que o trimestre mais chuvoso é o de Novembro-Dezembro-Janeiro e o mais seco é o de Junho-Julho-Agosto. O mês de janeiro apresenta a maior média mensal e o de agosto a menor. Além disso, verifica-se que a média dos totais anuais referente ao período foi de 1.356,4mm. De acordo com CPRM/DNAEE (1995), a estação está localizada, segundo a classificação de Köppen, em uma região de tipologia climática Cwa, clima temperado brando com verão quente (temperatura média do mês mais quente superior a 22° C) e inverno brando (temperatura média do mês mais frio inferior a 18° C); a estação seca é coincidente com o inverno.

4.3.1 - Coleta de dados

Foram utilizados os pluviogramas do período 1975 a 1985 e 1990 a 1995. Para este período, devido a problemas com o aparelho, foi possível reunir 11 anos hidrológicos completos, conforme está apresentado no Quadro 3.1.1.

Analisando os pluviogramas que perfaziam os 11 anos hidrológicos completos foram selecionadas as chuvas intensas para as durações e os limites mínimos estabelecidos no Quadro 3.1.2. A seleção dos eventos chuvosos obedeceu os critérios definidos no item 3.1.

Foram selecionados 87 eventos chuvosos que permitiram a montagem das séries de duração parcial para cada duração adotada neste estudo. As séries estão apresentadas no Anexo II, tendo sido considerado o número de eventos igual ao dobro do números de anos hidrológicos reunidos ($\lambda = 2$), ou seja, 22 eventos.

4.3.2 Verificação da homogeneidade das séries

A aplicação do teste de Mann-Kendal mostrou que, para um nível de significância de 5 %, as séries são homôgeneas. Os resultados estão no Anexo III.

4.3.3 - Aplicação do teste de Cunname

Os resultados obtidos com a aplicação do teste para um nível de significância de 10 % demonstram, como está apresentado no Anexo V, que as taxas de excedência de todas as séries seguem um modelo poissoniano. Dessa maneira é garantida a utilização da equação (12), que representa a relação entre a função de distribuição acumulada para máximos anuais, a razão de ocorrência dos eventos e a função de distribuição acumulada da série de duração parcial.

4.3.4 - Análise de frequência

A primeira etapa da análise de frequência constituiu no estabelecimento da distribuição empírica e, em seguida, como descrito no item 3.2, foram ajustadas as distribuições de probabilidade de Gumbel, Log-Normal, Log-Pearson tipo III e a Generalizada de Valores Extremos (GEV), além do modelo Poisson-Pareto.

A escolha do modelo probabilístico que apresentou o melhor ajuste para cada distribuição empírica foi efetuado com a aplicação dos testes visual e Qui-Quadrado, com nível de significância de 2,5%. Após a verificação do ajuste optou-se pelos seguintes modelos:

Duração	Modelo Probabilístico	Parâmetros
5 min	Gumbel	$\overline{X} = 152,0 \sigma_X = 35,8$
10 min	Gumbel	$\overline{X} = 118,7$ $\sigma_X = 24,8$
15 min	Gumbel	$\overline{X} = 96,5$ $\sigma_X = 24,0$
30 min	Gumbel	$\overline{X} = 71,3$ $\sigma_X = 13,6$
45 min	Gumbel	$\overline{X} = 58,3$ $\sigma_X = 11,8$
1 h	Gumbel	$\overline{X} = 49,6$ $\sigma_X = 12,1$
2 hs	Gumbel	$\overline{X} = 28.8 \sigma_{X} = 6.3$
3 hs	Gumbel	$\overline{X} = 21,0$ $\sigma_X = 5,3$
4 hs	Gumbel	$\overline{X} = 16,6$ $\sigma_X = 4,3$
8 hs	Gumbel	$\overline{X} = 9.0 \sigma_X = 2.4$
14 hs	Gumbel	$\overline{X} = 5.6$ $\sigma_X = 1.5$
24 hs	Gumbel	$\overline{X} = 3.7$ $\sigma_X = 1.1$

O fator de frequência para a definição dos quantis da distribuição de Gumbel pela equação geral de frequência foi calculado em função do tamanho da amostra, neste caso 22 elementos, com $\mu_Y = 0.52678$ e $\sigma_Y = 1.07547$. Maiores detalhes sobre o cálculo do fator de frequência são encontrados no Anexo IV.

Os Gráficos 4.3.1 e 4.3.2 apresentam as distribuições empíricas e os modelos probabilísticos ajustados. Os quantis calculados constam do Anexo VIII, e permitiram o cálculo da relação entre precipitações de diferentes durações. Estas relações estão apresentadas no Quadro 4.3.1.

4.3.5 - Definição das equações IDF

Os quantis gerados pelos modelos probabilísticos adotados permitiram a definição das relações IDF recomendadas por Wilken (1978), equação (30), a partir da utilização da metodologia descrita no item 3.3.

Para esta estação, foram definidas duas equações, uma para durações iguais ou inferiores a lhora e outra para durações superiores a l hora.

Papel de Gumbel 01944049 - Papagaios

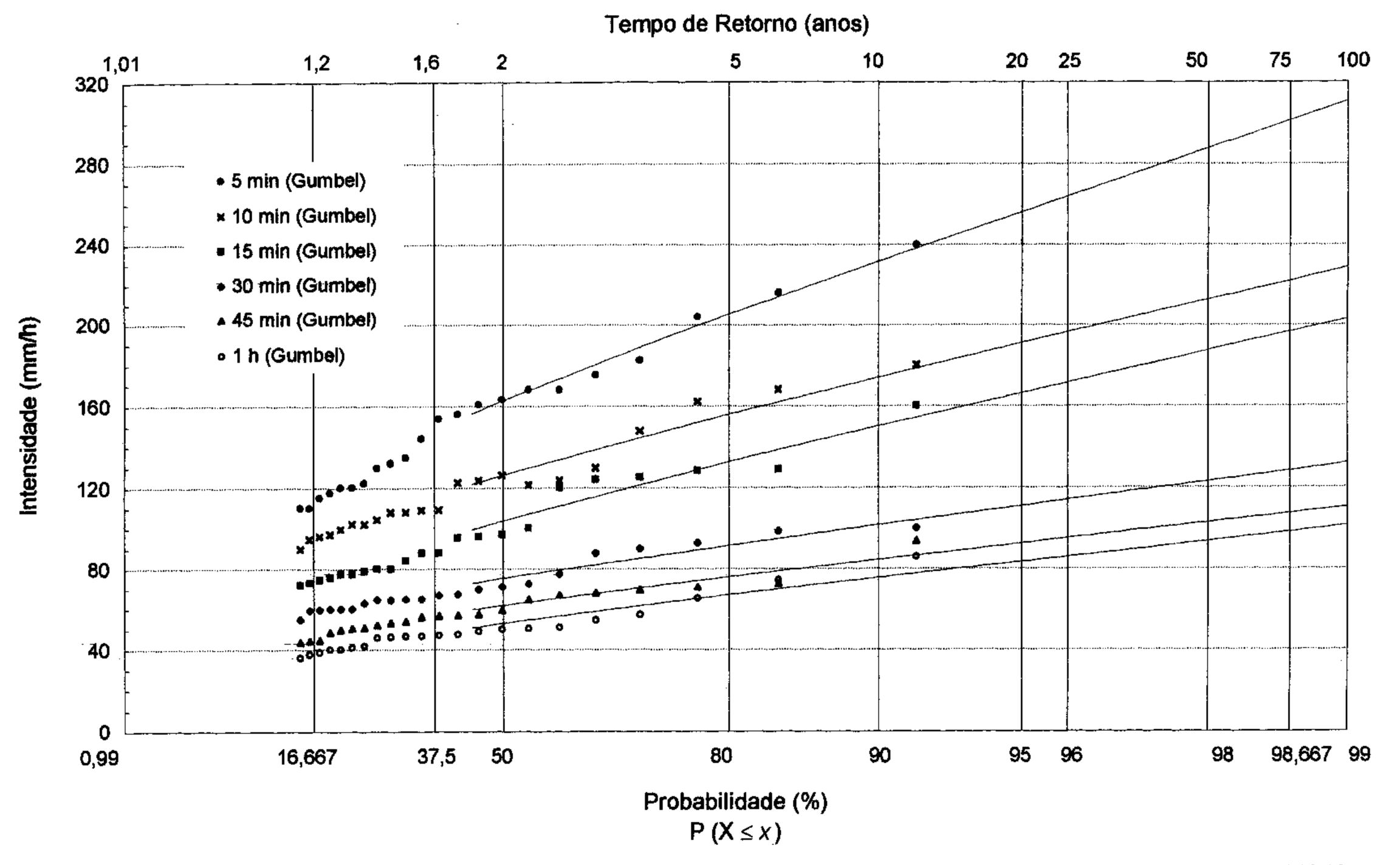


Gráfico 4.3.1 - Modelos Probabilíticos Ajustados - Durações inferiores ou igual a 1 hora (Papagaios - Cód. 01944049)

Papel de Gumbel 01944049 - Papagaios

Tempo de Retorno (anos)

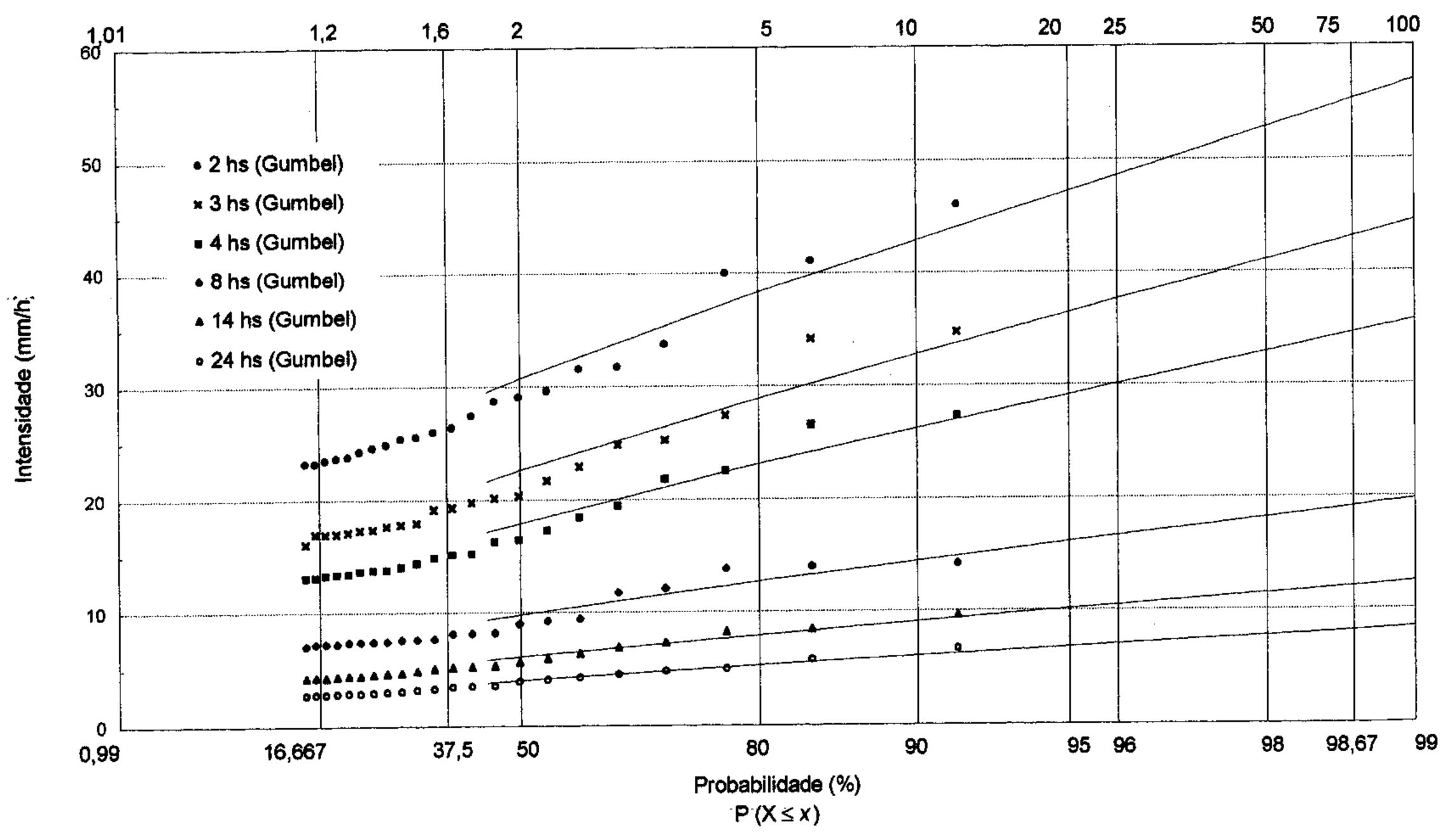


Gráfico 4.3.2 - Modelos Probabilíticos Ajustados - Durações superiores a 1 hora (Papagaios - Cód. 01944049)

Tr (anos)	5min/30min	10min/30min	10min/30min	30min/1h	45min/1h	1h/24h	2h/24h	3h/24h	4h/24h	8h/24h	14h/24h
1,8	0,36	0,56	0,68	0,72	0,88	0,55	0,64	0,71	0,75	0,81	0,88
2	0,36	0,56	0,69	0,71	0,87	0,55	0,64	0,70	0,75	0,81	0,88
5	0,37	0,57	0,72	0,68	0,85	0,53	0,60	0,68	0,73	0,80	0,87
10	0,38	0,57	0,74	0,67	0,84	0,52	0,59	0,68	0,72	0,79	0,87
15	0,38	0,57	0,74	0,67	0,83	0,52	0,58	0,67	0,72	0,79	0,87
20	0,38	0,57	0,75	0,66	0,83	0,51	0,58	0,67	0,72	0,79	0,87
25	0,39	0,57	0,75	0,66	0,83	0,51	0,58	0,67	0,71	0,79	0,87
30	0,39	0,58	0,76	0,66	0,83	0,51	0,58	0,67	0,71	0,79	0,87
35	0,39	0,58	0,76	0,66	0,83	0,51	0,57	0,67	0,71	0,79	0,87
40	0,39	0,58	0,76	0,66	0,83	0,51	0,57	0,67	0,71	0,79	0,87
45	0,39	0,58	0,76	0,66	0,82	0,51	0,57	0,67	0,71	0,79	0,87
50	0,39	0,58	0,76	0,66	0,82	0,51	0,57	0,67	0,71	0,79	0,87
55	0,39	0,58	0,76	0,66	0,82	0,51	0,57	0,67	0,71	0,79	0,87
60	0,39	0,58	0,76	0,65	0,82	0,51	0,57	0,66	0,71	0,79	0,87
65	0,39	0,58	0,77	0,65	0,82	0,50	0,57	0,66	0,71	0,79	0,87
70	0,39	0,58	0,77	0,65	0,82	0,50	0,57	0,66	0,71	0,79	0,87
75	0,39	0,58	0,77	0,65	0,82	0,50	0,57	0,66	0,71	0,79	0,87
80	0,39	0,58	0,77	0,65	0,82	0,50	0,57	0,66	0,71	0,79	0,87
85	0,39	0,58	0,77	0,65	0,82	0,50	0,57	0,66	0,71	0,79	0,87
90	0,39	0,58	0,77	0,65	0,82	0,50	0,57	0,66	0,71	0,79	0,87
95	0,39	0,58	0,77	0,65	0,82	0,50	0,56	0,66	0,71	0,79	0,87
100	0,39	0,58	0,77	0,65	0,82	0,50	0,56	0,66	0,71	0,79	0,87
Média	0,39	0,57	0,75	0,66	0,83	0,51	0,58	0,67	0,72	0,79	0,87

Quadro 4.3.1 - Relações entre precipitações de diferentes durações (Papagaios - Cód. 01944049

4.3.5.1 - Equação para durações inferiores ou iguais a 1 hora

Através dos quantis gerados para as durações inferiores ou iguais a 1 hora e aplicando o método dos mínimos quadrados, calculou-se os termos "log A" e "c" da equação (31), através das equações (41) e (42). O parâmetro "b", obtido pelo método gráfico foi igual a 0,040. Os resultados alcançados foram:

Tr	log A	c	r^2
2	3,996903	0,526622	0,99974
5	4,21048	0,533057	0,99905
10	4,321467	0,535888	0,99766
20	4,415433	0,538048	0,99619
25	4,44327	0,538649	0,99571
50	4,52411	0,540303	0,99428
70	4,560775	0,54101	0,99360
80	4,574922	0,541275	0,99334
100	4,598085	0,541702	0,99291

Os resultados acima possibilitaram o cálculo dos parâmetros " α " e " β " da equação (43), através das equações (44) e (45), com os seguintes resultados:

$$\alpha = 0.529265$$
 $\beta = 0.005201$ $r^2 = 0.982068$

Com os valores de "log A" e "Tr" definidos na primeira etapa, calculou-se os parâmetros "K" e "γ" da equação (46), através das equações (47) e (48). Os resultados obtidos foram:

$$k = 52,00362$$
 $\gamma = 0,146013$ $r^2 = 0,977746$

Assim, a equação intensidade-duração-frequência desta estação para durações iguais ou inferiores a 1 hora é:

$$i(mm/h) = \frac{52,0036Tr(anos)^{0,146}}{(t(h) + 0.040)^{0,5293.Tr(anos)^{0,0052}}}$$
(55)

A verificação do ajuste entre os quantis obtidos na análise de frequência e os valores calculados pela equação estabelecida foi efetuado pelos índices DQM, DPMA e o coeficiente de determinação (r²), cujos os resultados estão no Anexo VII.

A Figura 4.3.1 apresenta os diagramas das relações IDF e o Quadro 4.3.2 as intensidades calculadas com a equação IDF para vários períodos de retorno.

4.3.5.2 - Equação para durações superiores a 1 hora

Com os quantis gerados para as durações superiores a 1 hora e aplicando o método dos mínimos quadrados, calculou-se os termos "log A" e "c" da equação (31), através das

equações (41) e (42). O parâmetro b, neste caso, é igual a 0 (zero). Os resultados alcançados foram:

Tr	log A	c	\mathbf{r}^2
2	4,045997	0,838957	0,99945
5	4,182998	0,785793	0,99907
10	4,284225	0,772981	0,99884
20	4,384631	0,7693	0,99864
25	4,416838	0,769403	0,99858
50	4,516605	0,772702	0,99841
70	4,564909	0,77566	0,99833
80	4,584058	0,777045	0,99830
100	4,616036	0,779608	0,99825

Os resultados acima possibilitaram o cálculo dos parâmetros "α" e "β" da equação (43), através das equações (44) e (45), com os seguintes resultados:

$$\alpha = 0.81609$$
 $\beta = -0.01368$ $r^2 = 0.462647$

Mas, como o valor do coeficiente de determinação é baixo, optou-se por substituir a equação, $c = \alpha T^{\beta}$, pelo valor médio do parâmetro "c", 0,782383.

Com os valores de "log A" e "Tr" definidos na primeira etapa, calculou-se os parâmetros "K" e "y" da equação (46), através das equações (47) e (48), Os resultados obtidos foram:

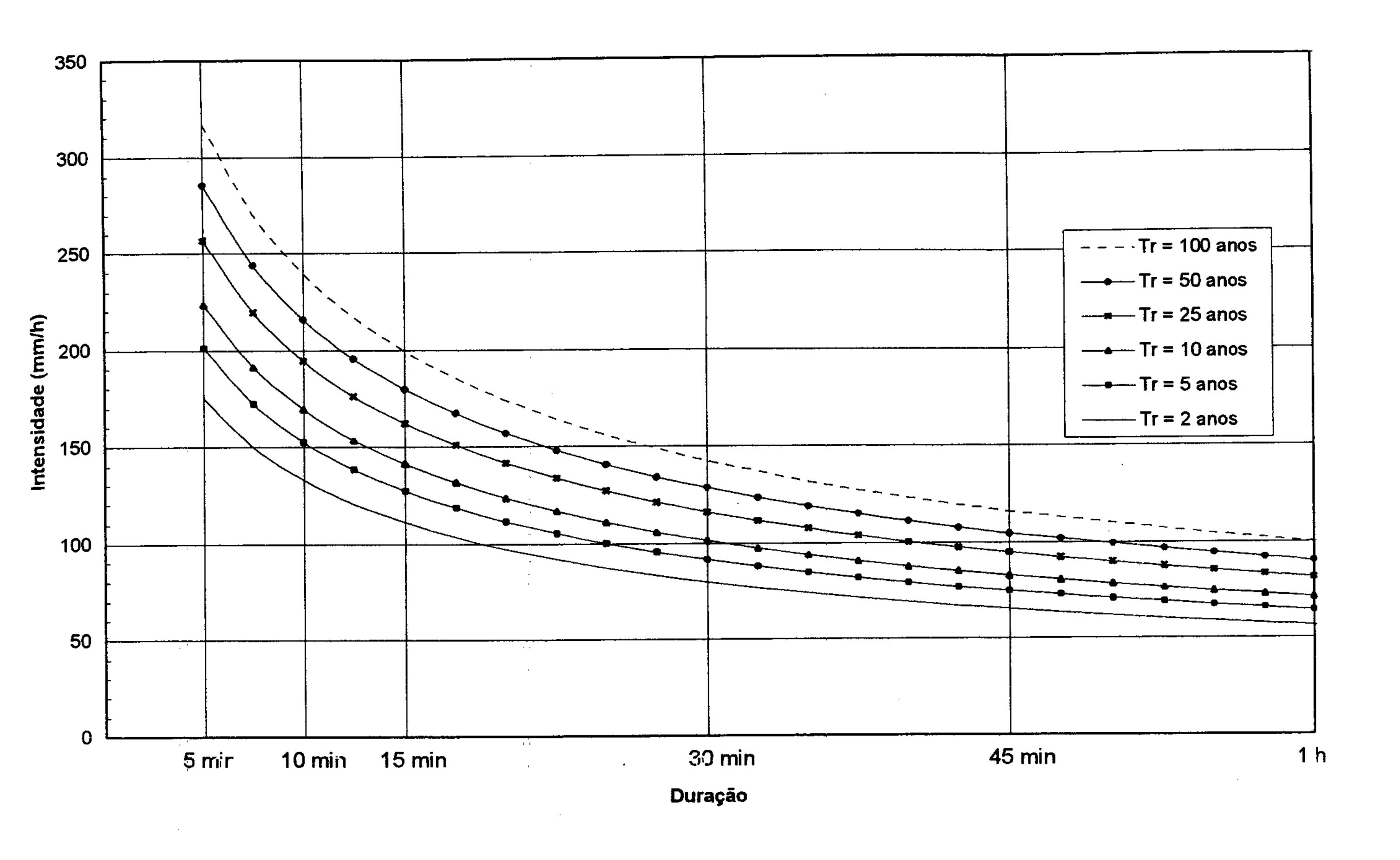
$$k = 51,82729$$
 $\gamma = 0,14539$ $r^2 = 0,9999$

Assim, a equação intensidade-duração-freqüência desta estação para durações superiores a 1 hora é:

$$i(mm/h) = \frac{51,8273.Tr(anos)^{0,1454}}{(t(h))^{0,7824}}$$
(56)

A verificação do ajuste entre os quantis obtidos na análise de frequência e os valores calculados pela equação estabelecida foi efetuado pelos índices DQM, DPMA e o coeficiente de determinação (r²), cujos os resultados estão no Anexo VII.

A Figura 4.3.1 apresenta os diagramas das relações IDF e o Quadro 4.3.2 as intensidades calculadas com a equação IDF para vários períodos de retorno.



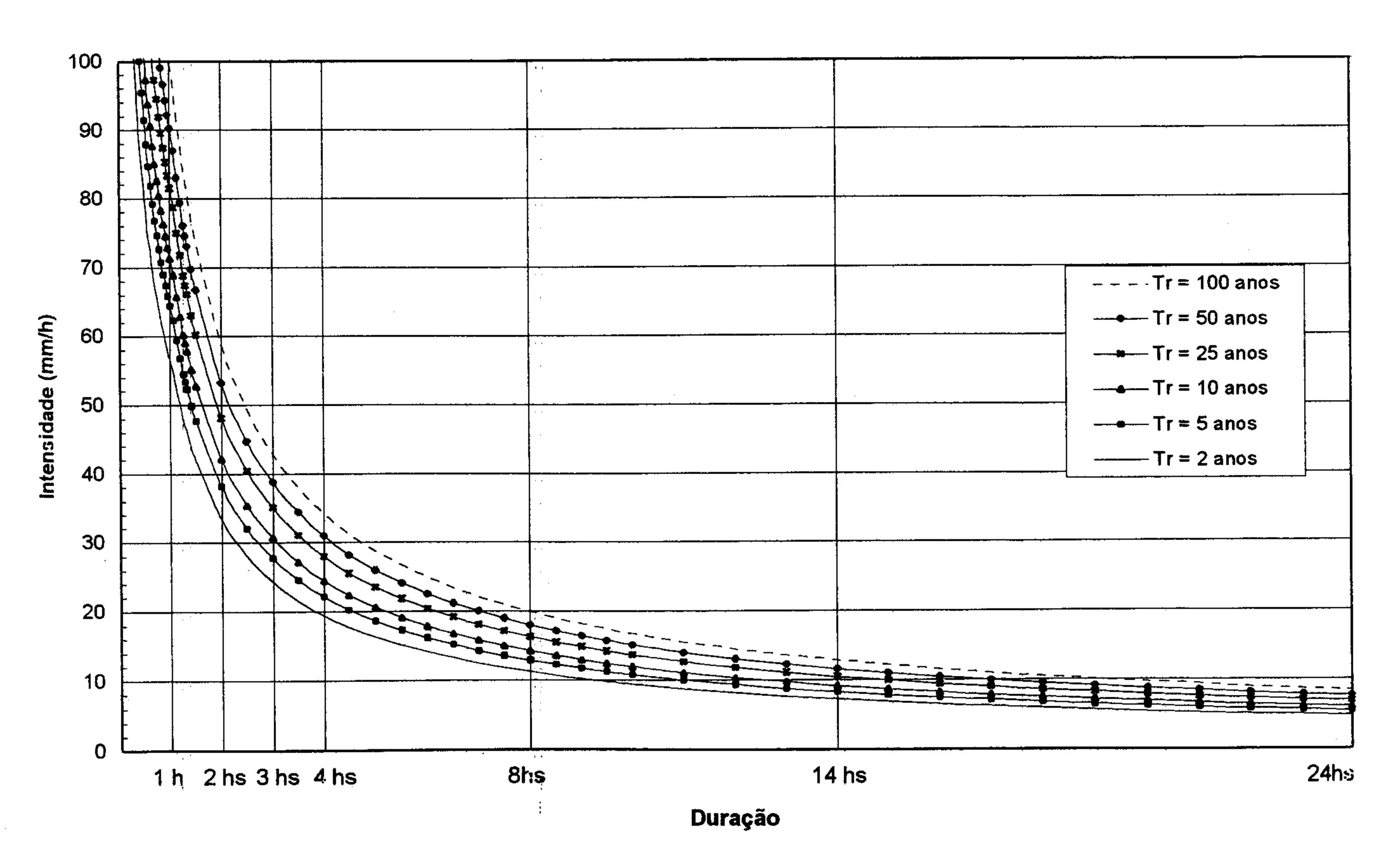


Figura 4.3.1 - Diagramas das relações IDF de Papagaios

Tr (anos)	5min	10min	15min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	8h	14h	24h
1,8	172,1	130,9	109,3	78,6	64,2	55,5	32,8	23,9	19,1	11,1	7,2	4,7
2	174,9	133,0	111,1	79,8	65,2	56,4	33,3	24,3	19,4	11,3	7,3	4,8
5	201,0	152,6	127,4	91,4	74,6	64,4	38,1	27,7	22,1	12,9	8,3	5,4
10	223,3	169,4	141,3	101,2	82,6	71,3	42,1	30,7	24,5	14,2	9,2	6,0
15	237,5	180,0	150,1	107,5	87,6	75,6	44,7	32,5	26,0	15,1	9,7	6,4
20	248,1	188,0	156,7	112,2	91,4	78,9	46,6	33,9	27,1	15,7	10,2	6,7
25	256,6	194,4	162,0	115,9	94,5	81,5	48,1	35,0	28,0	16,3	10,5	6,9
30	263,9	199,8	166,5	119,1	97,0	83,7	49,4	36,0	28,7	16,7	10,8	7,1
35	270,1	204,5	170,3	121,8	99,2	85,6	50,5	36,8	29,4	17,1	11,0	7,2
40	275,6	208,6	173,8	124,3	101,2	87,3	51,5	37,5	29,9	17,4	11,2	7,4
45	280,6	212,4	176,9	126,4	103,0	88,8	52,4	38,2	30,5	17,7	11,4	7,5
50	285,1	215,8	179,7	128,4	104,6	90,1	53,2	38,7	30,9	18,0	11,6	7,6
55	289,3	218,9	182,3	130,2	106,0	91,4	54,0	39,3	31,4	18,2	11,8	7,7
60	293,1	221,8	184,6	131,9	107,4	92,6	54,6	39,8	31,8	18,5	11,9	7,8
65	296,7	224,4	186,9	133,5	108,7	93,7	55,3	40,3	32,1	18,7	12,1	7,9
70	300,1	227,0	188,9	135,0	109,9	94,7	55,9	40,7	32,5	18,9	12,2	8,0
75	303,3	229,3	190,9	136,4	111,0	95,6	56,4	41,1	32,8	19,1	12,3	8,1
80	306,2	231,6	192,8	137,7	112,0	96,5	57,0	41,5	33,1	19,3	12,4	8,2
85	309,1	233,7	194,5	138,9	113,0	97,4	57,5	41,9	33,4	19,4	12,5	8,2
90	311,8	235,7	196,2	140,1	114,0	98,2	58,0	42,2	33,7	19,6	12,6	8,3
95	314,3	237,6	197,8	141,2	114,9	99,0	58,4	42,5	34,0	19,7	12,7	8,4
100	316,8	239,5	199,3	142,3	115,8	99,7	58,8	42,9	34,2	19,9	12,8	8,4

Quadro 4.3.2 - Intensidades calculadas com as equações IDF de Papagaios. (mm/h)

4.4 - Estação Pluviográfica de Entre Rios de Minas - Cód. 02044007

A estação pluviográfica de Entre Rios de Minas, código 02044007, pertencente à rede hidrometeorológica da ANEEL, está instalada no perimetro urbano de Entre Rios de Minas, na saída para Desterro de Entre Rios, numa altitude aproximada de 885m. A operação da estação iniciou em 16/07/41 com a instalação de um pluviômetro "Ville de Paris", e em 27/10/73 foi colocado em funcionamento um pluviógrafo "IH", mod. 4. Mais informações sobre esta estação podem ser encontradas na sua ficha descritiva no Anexo VI.

A partir dos dados pluviométricos referentes ao período ago/41 a dez/92, recentemente consistidos pela CPRM, constata-se que o trimestre mais chuvoso é o de Novembro-Dezembro-Janeiro e o mais seco é o de Junho-Julho-Agosto. O mês de dezembro apresenta a maior média mensal e o de julho a menor. Além disso, verifica-se que a média dos totais anuais referente ao período foi de 1.384,2mm. De acordo com CPRM/DNAEE (1995), a estação está localizada, segundo a classificação de Köppen, em uma região de tipologia climática Cwb, clima temperado brando com verão ameno (temperatura média do mês mais quente inferior a 22° C) e inverno brando (temperatura média do mês mais frio inferior a 18° C); a estação seca é coincidente com o inverno.

4.4.1 - Coleta de dados

Foram utilizados os pluviogramas do período 1973 a 1985 e 1990 a 1995. Para este período, devido a problemas com o aparelho, foi possível reunir 15 anos hidrológicos completos, conforme está apresentado no Quadro 3.1.1.

Analisando os pluviogramas que perfaziam os 15 anos hidrológicos completos foram selecionadas as chuvas intensas para as durações e os limites mínimos estabelecidos no Quadro 3.1.2. A seleção dos eventos chuvosos obedeceu os critérios definidos no item 3.1.

Foram selecionados 133 eventos chuvosos que permitiram a montagem das séries de duração parcial para cada duração adotada neste estudo. As séries estão apresentadas no Anexo II, tendo sido considerado o número de eventos igual ao dobro do números de anos hidrológicos reunidos ($\lambda = 2$), ou seja, 30 eventos.

4.4.2 Verificação da homogeneidade das séries

A aplicação do teste de Mann-Kendal mostrou que, para um nível de significância de 5 %, as séries são homôgeneas. Os resultados estão no Anexo III.

4.4.3 - Aplicação do teste de Cunname

Os resultados obtidos com a aplicação do teste para um nível de significância de 10 % demonstram, como está apresentado no Anexo V, que as taxas de excedência de todas as séries seguem um modelo poissoniano. Dessa maneira é garantida a utilização da equação (12), que representa a relação entre a função de distribuição acumulada para máximos anuais, a razão de ocorrência dos eventos e a função de distribuição acumulada da série de duração parcial.

4.4.4 - Análise de frequência

A primeira etapa da análise de frequência constituiu no estabelecimento da distribuição empírica e, em seguida, como descrito no item 3.2, foram ajustadas as distribuições de probabilidade de Gumbel, Log-Normal, Log-Pearson tipo III e a Generalizada de Valores Extremos (GEV), além do modelo Poisson-Pareto.

A escolha do modelo probabilístico que apresentou o melhor ajuste para cada distribuição empírica foi efetuado com a aplicação dos testes visual e Qui-Quadrado, com nível de significância de 2,5%. Após a verificação do ajuste optou-se pelos seguintes modelos:

Duração	Modelo Probabilístico	Parâmetros
5 min	Gumbel	$\overline{X} = 158.8 \sigma_X = 33.1$
10 min	Gumbel	$\overline{X} = 121,0$ $\sigma_{X} = 18,5$
15 min	Gumbel	$\overline{X} = 107,1$ $\sigma_X = 16,7$
30 min	Gumbel	$\overline{X} = 67.5$ $\sigma_{X} = 10.8$
45 min	Gumbel	$\overline{X} = 51.0$ $\sigma_X = 8.8$
1 h	Gumbel	$\overline{X} = 41,7 \sigma_X = 9,1$
2 hs	Gumbel	$\overline{X} = 24,7 \sigma_X = 5,5$
3 hs	Gumbel	$\overline{X} = 17,4$ $\sigma_X = 4,0$
4 hs	Gumbel	$\overline{X} = 13.8 \sigma_X = 3.1$
8 hs	Poisson-Pareto	$x_0 = 6,09$ $K = -0,00779$ $\alpha = 1,6413$ $\alpha^* = 1,6502$ $\xi = 7,2282$
14 hs	Poisson-Pareto	$x_0 = 3.93$ $K = -0.09364$ $\alpha = 0.8051$ $\alpha^* = 0.8591$ $\xi = 4.5052$
24 hs	Poisson-Pareto	$x_0 = 2,55$ $K = -0,0897$ $\alpha = 0,6015$ $\alpha^* = 0,6401$ $\xi = 2,9802$

O fator de frequência para a definição dos quantis da distribuição de Gumbel pela equação geral de frequência foi calculado em função do tamanho da amostra, neste caso 30 elementos, com $\mu_Y = 0.53622$ e $\sigma_Y = 1.112374$. Maiores detalhes sobre o cálculo do fator de frequência são encontrados no Anexo IV.

Os Gráficos 4.4.1 e 4.4.2 apresentam as distribuições empíricas e os modelos probabilísticos ajustados. Os quantis calculados constam do Anexo VIII, e permitiram o cálculo da relação entre precipitações de diferentes durações. Estas relações estão apresentadas no Quadro 4.4.1.

4.4.5 - Definição das equações IDF

Os quantis gerados pelos modelos probabilísticos adotados permitiram a definição das relações IDF recomendadas por Wilken (1978), equação (30), a partir da utilização da metodologia descrita no item 3.3.

Para esta estação, foram definidas duas equações, uma para durações iguais ou inferiores a lhora e outra para durações superiores a l hora.

Papel de Gumbel 02044007 - Entre Rios de Minas

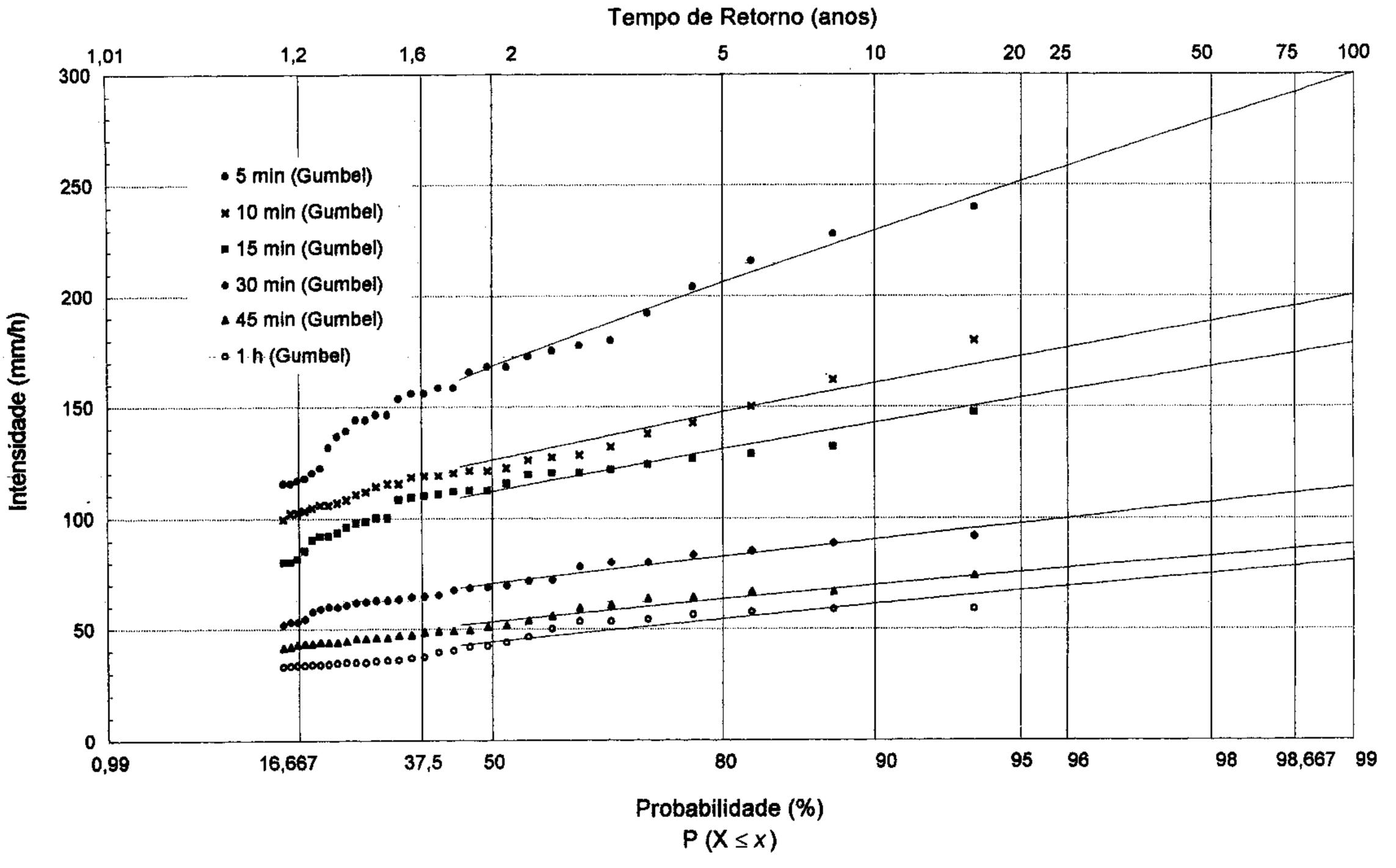


Gráfico 4.4.1 - Modelos Probabilíticos Ajustados - Durações inferiores ou igual a 1 hora (Entre Rios de Minas - Cód. 02044007)

Papel de Gumbel 02044007 - Entre Rios de Minas

Tempo de Retorno (anos)

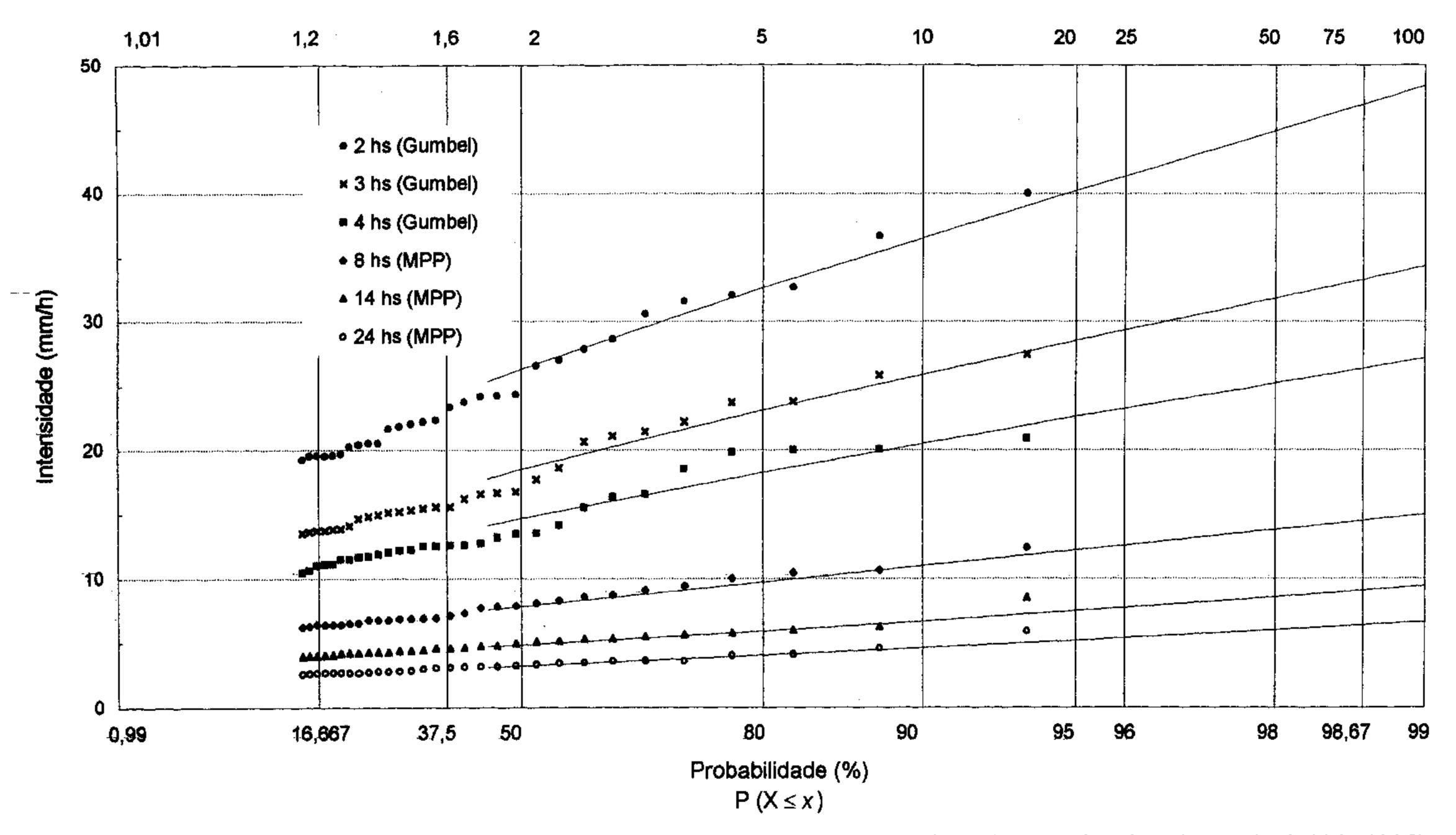


Gráfico 4.4.2 - Modelos Probabilíticos Ajustados - Durações superiores a 1 hora (Entre Rios de Minas - Cód. 02044007)

Tr (anos)	5min/30min	10min/30min	10min/30min	30min/1h	45min/1h	1h/24h	2h/24h	3h/24h	4h/24h	8h/24h	14h/24h
1,8	0,39	0,60	0,79	0,80	0,91	0,57	0,68	0,71	0,75	0,81	0,88
2	0,40	0,60	0,79	0,80	0,91	0,57	0,68	0,72	0,76	0,81	0,87
5	0,41	0,59	0,79	0,76	0,87	0,57	0,68	0,72	0,76	0,81	0,86
10	0,42	0,59	0,79	0,74	0,85	0,56	0,67	0,71	0,75	0,80	0,85
15	0,43	0,59	0,79	0,73	0,85	0,55	0,66	0,70	0,74	0,79	0,84
20	0,43	0,59	0,79	0,73	0,84	0,54	0,65	0,69	0,73	0,79	0,84
25	0,43	0,59	0,79	0,72	0,84	0,54	0,64	0,68	0,72	0,78	0,84
30	0,43	0,59	0,79	0,72	0,84	0,53	0,64	0,68	0,72	0,78	0,84
35	0,43	0,59	0,79	0,72	0,83	0,53	0,64	0,68	0,71	0,78	0,84
40	0,43	0,59	0,79	0,71	0,83	0,53	0,63	0,67	0,71	0,77	0,84
45	0,44	0,59	0,79	0,71	0,83	0,53	0,63	0,67	0,71	0,77	0,84
50	0,44	0,59	0,79	0,71	0,83	0,52	0,63	0,67	0,70	0,77	0,84
55	0,44	0,59	0,79	0,71	0,83	0,52	0,62	0,66	0,70	0,77	0,83
60	0,44	0,59	0,79	0,71	0,83	0,52	0,62	0,66	0,70	0,76	0,83
65	0,44	0,59	0,79	0,71	0,83	0,52	0,62	0,66	0,70	0,76	0,83
70	0,44	0,59	0,79	0,71	0,83	0,52	0,62	0,66	0,69	0,76	0,83
75	0,44	0,59	0,79	0,71	0,83	0,51	0,62	0,66	0,69	0,76	0,83
80	0,44	0,59	0,79	0,71	0,82	0,51	0,61	0,65	0,69	0,76	0,83
85	0,44	0,59	0,79	0,71	0,82	0,51	0,61	0,65	0,69	0,76	0,83
90	0,44	0,59	0,79	0,70	0,82	0,51	0,61	0,65	0,69	0,75	0,83
95	0,44	0,59	0,79	0,70	0,82	0,51	0,61	0,65	0,68	0,75	0,83
100	0,44	0,59	0,79	0,70	0,82	0,51	0,61	0,65	0,68	0,75	0,83
Média	0,43	0,59	0,79	0,72	0,84	0,53	0,63	0,67	0,71	0,77	0,84

Quadro 4.4.1 - Relações entre precipitações de diferentes durações (Entre Rios de Minas - Cód. 02044007)

4.4.5.1 - Equação para durações inferiores ou iguais a 1 hora

Através dos quantis gerados para as durações inferiores ou iguais a 1 hora e aplicando o método dos mínimos quadrados, calculou-se os termos "log A" e "c" da equação (31), através das equações (41) e (42). O parâmetro "b", obtido pelo método gráfico foi igual a 0,074. Os resultados alcançados foram:

Tr	log A	c	r^2
2	3,8579026	0,7016595	0,99524
5	4,0404902	0,6958919	0,99647
10	4,1374047	0,6932235	0,99558
20	4,220444	0,6911293	0,99423
25	4,2452082	0,6905368	0,99374
50	4,3175309	0,6888861	0,99214
70	4,3505253	0,6881708	0,99134
80	4,3632864	0,6879002	0,99101
100	4,3842179	0,6874637	0,99047

Os resultados acima possibilitaram o cálculo dos parâmetros "α" e "β" da equação (43), através das equações (44) e (45), com os seguintes resultados:

$$\alpha = 0,6997775$$
 $\beta = -0,0039594$ $r^2 = 0,9866682$

Entretanto, como as diferenças entre os valores calculados pela equação, $c = \alpha T^{\beta}$, e o valor médio do parâmetro "c", 0,691651, são insignificantes, optou-se por adotar o parâmetro "c" constante e igual a 0,69165.

Com os valores de "log A" e "Tr" definidos na primeira etapa, calculou-se os parâmetros "K" e "y" da equação (46), através das equações (47) e (48). Os resultados obtidos foram:

$$k = 45,345771$$
 $\gamma = 0,1282974$ $r^2 = 0,9807764$

Assim, a equação intensidade-duração-frequência desta estação para durações iguais ou inferiores a 1 hora é:

$$i(mm/h) = \frac{45,3458Tr(anos)^{0,1283}}{(t(h)+0,074)^{0,69165}}$$
(57)

A verificação do ajuste entre os quantis obtidos na análise de frequência e os valores calculados pela equação estabelecida foi efetuado pelos índices DQM, DPMA e o coeficiente de determinação (r²), cujos os resultados estão no Anexo VII.

A Figura 4.4.1 apresenta os diagramas das relações IDF e o Quadro 4.4.2 as intensidades calculadas com a equação IDF para vários períodos de retorno.

4.4.5.2 - Equação para durações superiores a 1 hora

Com os quantis gerados para as durações superiores a 1 hora e aplicando o método dos mínimos quadrados, calculou-se os termos "log A" e "c" da equação (31), através das equações (41) e (42). O parâmetro b, neste caso, é igual a 0 (zero). Os resultados alcançados foram:

Tr	log A	С	\mathbf{r}^{2}
2	3,866106	0,855531	0,99934
5	3,990202	0,816673	0,99889
10	4,080046	0,802285	0,99875
20	4,168616	0,79355	0,99865
25	4,196952	0,791566	0,99863
50	4,28456	0,787363	0,99854
70	4,326899	0,786226	0,99848
80	4,343672	0,785917	0,99846
100	4,371666	0,78557	0,99841

Os resultados acima possibilitaram o cálculo dos parâmetros "α" e "β" da equação (43), através das equações (44) e (45), com os seguintes resultados:

$$\alpha = 0.849147$$
 $\beta = -0.01909$ $r^2 = 0.840334$

Com os valores de "log A" e "Tr" definidos na primeira etapa, calculou-se os parâmetros "K" e "γ" da equação (46), através das equações (47) e (48), Os resultados obtidos foram:

$$k = 43,87096$$
 $\gamma = 0,128629$ $r^2 = 0,9998$

Assim, a equação intensidade-duração-freqüência desta estação para durações superiores a 1 hora é:

$$i(mm/h) = \frac{43,8710Tr(anos)^{0,1286}}{(t(h))^{0,849Tr(anos)^{-0,0191}}}$$
(58)

A verificação do ajuste entre os quantis obtidos na análise de frequência e os valores calculados pela equação estabelecida foi efetuado pelos índices DQM, DPMA e o coeficiente de determinação (r²), cujos os resultados estão no Anexo VII.

A Figura 4.4.1 apresenta os diagramas das relações IDF e o Quadro 4.4.2 as intensidades calculadas com a equação IDF para vários períodos de retorno.

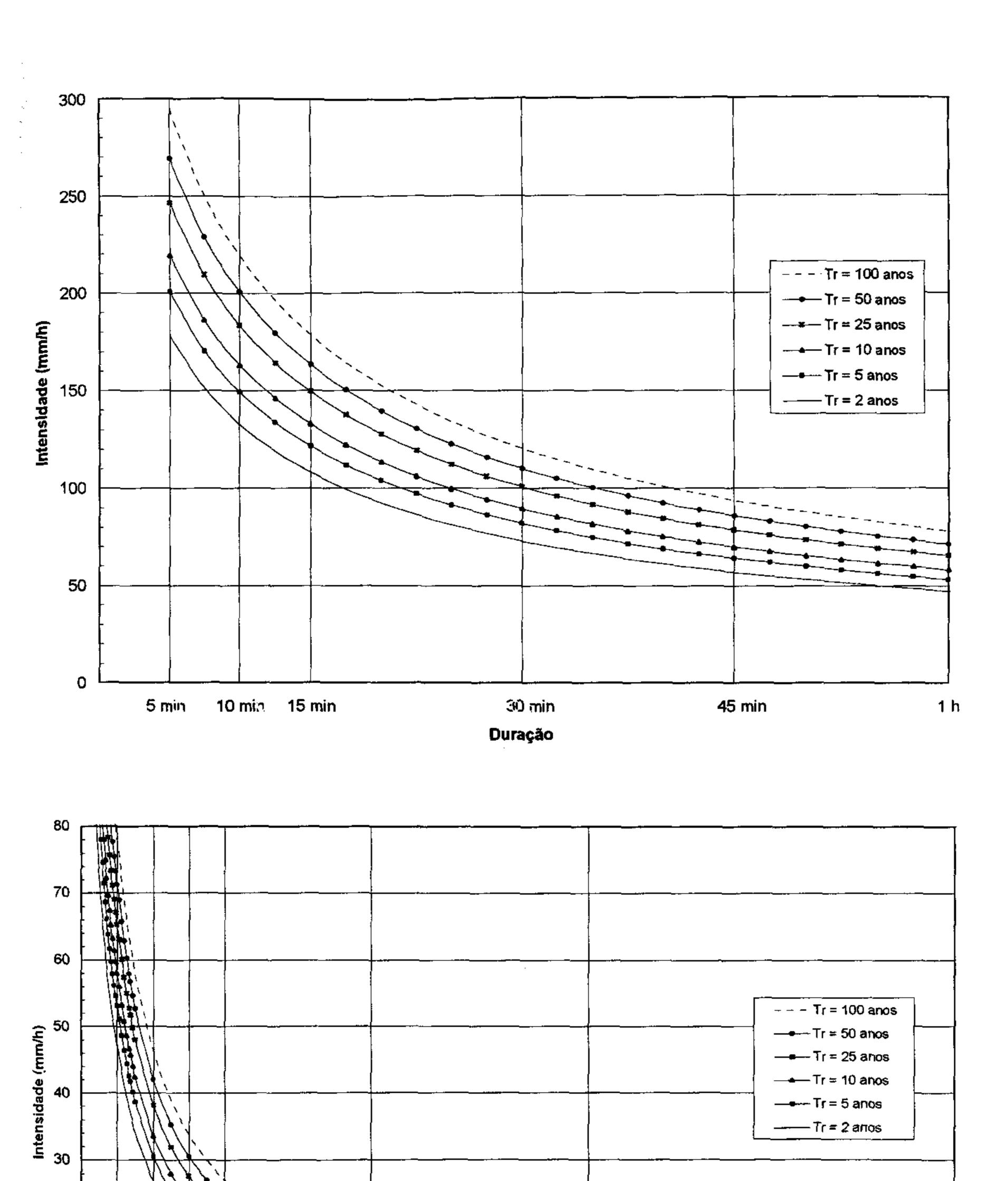


Figura 4.4.1 - Diagramas das relações IDF de Entre Rios de Minas

Duração

14 hs

24hs

8hs

20

10

0

1 h 2 hs 3 hs 4 hs

Tr (anos)	5min	10min	15min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	8h	14h	24h
1,8	⁻ 175,7	131,0	106,6	71,8	55,9	46,5	26,4	18,8	14,8	8,3	5,2	3,3
2	178,1	132,7	108,1	72,8	56,7	47,2	26,8	19,1	15,0	8,4	5,3	3,3
5	200,3	149,3	121,5	81,8	63,7	53,1	30,5	21,8	17,2	9,7	6,1	3,9
10	219,0	163,2	132,9	89,5	69,7	58,0	33,6	24,2	19,1	10,9	6,9	4,5
15	230,6	171,9	139,9	94,2	73,4	61,1	35,5	25,6	20,3	11,6	7,4	4,8
20	239,3	178,4	145,2	97,8	76,1	63,4	37,0	26,7	21,2	12,2	7,8	5,0
25	246,3	183,5	149,4	100,6	78,3	65,2	38,2	27,6	21,9	12,6	8,1	5,2
30	252,1	187,9	153,0	103,0	80,2	66,8	39,1	28,3	22,5	13,0	8,3	5,4
35	257,1	191,6	156,0	105,0	81,8	68,1	40,0	29,0	23,1	13,3	8,5	5,6
40	261,6	194,9	158,7	106,9	83,2	69,3	40,7	29,6	23,5	13,6	8,7	5,7
45	265,6	197,9	161,1	108,5	84,5	70,3	41,4	30,1	24,0	13,9	8,9	5,8
50	269,2	200,6	163,3	110,0	85,6	71,3	42,0	30,5	24,3	14,1	9,1	5,9
55	272,5	203,1	165,3	111,3	86,7	72,2	42,6	31,0	24,7	14,3	9,2	6,0
60	275,5	205,4	167,2	112,6	87,7	73,0	43,1	31,3	25,0	14,5	9,4	6,1
65	278,4	207,5	168,9	113,7	88,6	73,7	43,6	31,7	25,3	14,7	9,5	6,2
70	281,0	209,5	170,5	114,8	89,4	74,4	44,0	32,1	25,6	14,9	9,6	6,3
75	283,5	211,3	172,0	115,8	90,2	75,1	44,5	32,4	25,9	15,0	9,7	6,4
80	285,9	213,1	173,5	116,8	91,0	75,7	44,9	32,7	26,1	15,2	9,8	6,4
85	288,1	214,7	174,8	117,7	91,7	76,3	45,2	33,0	26,3	15,3	9,9	6,5
90	290,3	216,3	176,1	118,6	92,3	76,9	45,6	33,2	26,6	15,5	10,0	6,6
95	292,3	217,8	177,3	119,4	93,0	77,4	45,9	33,5	26,8	15,6	10,1	6,6
100	294,2	219,3	178,5	120,2	93,6	77,9	46,3	33,8	27,0	15,7	10,2	6,7

Quadro 4.4.2 - Intensidades calculadas com as equações IDF de Entre Rios de Minas. (mm/h)

4.5 - Estação Pluviográfica de Piumhi - Cód. 02045012

A estação pluviográfica de Piumhi, código 02045012, pertencente à rede hidrometeorológica da ANEEL, está instalada ao lado do Posto e Restaurante Brazinho, a cerca de 1 km da cidade de Piumhi, numa altitude aproximada de 806m. A operação da estação iniciou em 31/12/74 com a instalação de um pluviômetro "Ville de Paris" e um pluviógrafo "IH", mod. 4. Mais informações sobre esta estação podem ser encontradas na sua ficha descritiva no Anexo VI.

A partir dos dados pluviométricos referentes ao período jan/75 a dez/92, recentemente consistidos pela CPRM, constata-se que o trimestre mais chuvoso é o de Novembro-Dezembro-Janeiro e o mais seco é o de Junho-Julho-Agosto. O mês de janeiro apresenta a maior média mensal e o de junho a menor. Além disso, verifica-se que a média dos totais anuais referente ao período foi de 1.519,7mm. De acordo com CPRM/DNAEE (1995), a estação está localizada, segundo a classificação de Köppen, em uma região de tipologia climática Cwb, clima temperado brando com verão ameno (temperatura média do mês mais quente inferior a 22° C) e inverno brando (temperatura média do mês mais frio inferior a 18° C); a estação seca é coincidente com o inverno.

4.5.1 - Coleta de dados

Foram utilizados os pluviogramas do período 1975 a 1985 e 1990 a 1995. Para este período, devido a problemas com o aparelho, foi possível reunir 11 anos hidrológicos completos, conforme está apresentado no Quadro 3.1.1.

Analisando os pluviogramas que perfaziam os 11 anos hidrológicos completos foram selecionadas as chuvas intensas para as durações e os limites mínimos estabelecidos no Quadro 3.1.2. A seleção dos eventos chuvosos obedeceu os critérios definidos no item 3.1.

Foram selecionados 145 eventos chuvosos que permitiram a montagem das séries de duração parcial para cada duração adotada neste estudo. As séries estão apresentadas no Anexo II, tendo sido considerado o número de eventos igual ao dobro do números de anos hidrológicos reunidos ($\lambda = 2$), ou seja, 22 eventos.

4.5.2 Verificação da homogeneidade das séries

A aplicação do teste de Mann-Kendal mostrou que, para um nível de significância de 5 %, as séries são homôgeneas. Os resultados estão no Anexo III.

4.5.3 - Aplicação do teste de Cunname

Os resultados obtidos com a aplicação do teste para um nível de significância de 10 % demonstram, como está apresentado no Anexo V, que as taxas de excedência de todas as séries seguem um modelo poissoniano. Dessa maneira é garantida a utilização da equação (12), que representa a relação entre a função de distribuição acumulada para máximos anuais, a razão de ocorrência dos eventos e a função de distribuição acumulada da série de duração parcial.

4.5.4 - Análise de frequência

A primeira etapa da análise de frequência constituiu no estabelecimento da distribuição empírica e, em seguida, como descrito no item 3.2, foram ajustadas as distribuições de probabilidade de Gumbel, Log-Normal, Log-Pearson tipo III e a Generalizada de Valores Extremos (GEV), além do modelo Poisson-Pareto.

A escolha do modelo probabilístico que apresentou o melhor ajuste para cada distribuição empírica foi efetuado com a aplicação dos testes visual e Qui-Quadrado, com nível de significância de 2,5%. Após a verificação do ajuste optou-se pelos seguintes modelos:

Duração	Modelo Probabilístico	Parâmetros
5 min	Gumbel	$\overline{X} = 154,1$ $\sigma_X = 36,7$
10 min	Gumbel	$\overline{X} = 121,6$ $\sigma_{X} = 19,7$
15 min	Gumbel	$\overline{X} = 103,7$ $\sigma_X = 18,5$
30 min	Gumbel	$\overline{X} = 71,1$ $\sigma_X = 12,9$
45 min	Gumbel	$\overline{X} = 52,7$ $\sigma_{X} = 9,0$
1 h	Gumbel	$\overline{X} = 45,9 \sigma_X = 6,8$
2 hs	Gumbel	$\overline{X} = 26,4$ $\sigma_X = 3,4$
3 hs	Gumbel	$\overline{X} = 18,6$ $\sigma_X = 2,7$
4 hs	Gumbel	$\overline{X} = 14,4$ $\sigma_X = 2,3$
8 hs	Poisson-Pareto	$x_0 = 7,06$ $K = -0,08469$ $\alpha = 1,1304$ $\alpha^* = 1,1987$ $\xi = 7,8695$
14 hs	Poisson-Pareto	
24 hs	Poisson-Pareto	$x_0 = 2.93 K = -0.040 \alpha = 0.6979 \alpha^* = 0.7175 \xi = 3.4197$

O fator de frequência para a definição dos quantis da distribuição de Gumbel pela equação geral de frequência foi calculado em função do tamanho da amostra, neste caso 22 elementos, com $\mu_Y = 0.52678$ e $\sigma_Y = 1.07547$. Maiores detalhes sobre o cálculo do fator de frequência são encontrados no Anexo IV.

Os Gráficos 4.5.1 e 4.5.2 apresentam as distribuições empíricas e os modelos probabilísticos ajustados. Os quantis calculados constam do Anexo VIII, e permitiram o cálculo da relação entre precipitações de diferentes durações. Estas relações estão apresentadas no Quadro 4.5.1.

4.5.5 - Definição das equações IDF

Os quantis gerados pelos modelos probabilísticos adotados permitiram a definição das relações IDF recomendadas por Wilken (1978), equação (30), a partir da utilização da metodologia descrita no item 3.3.

Para esta estação, foram definidas duas equações, uma para durações iguais ou inferiores a 1hora e outra para durações superiores a 1 hora.

Papel de Gumbel 02045012 - Piumhi



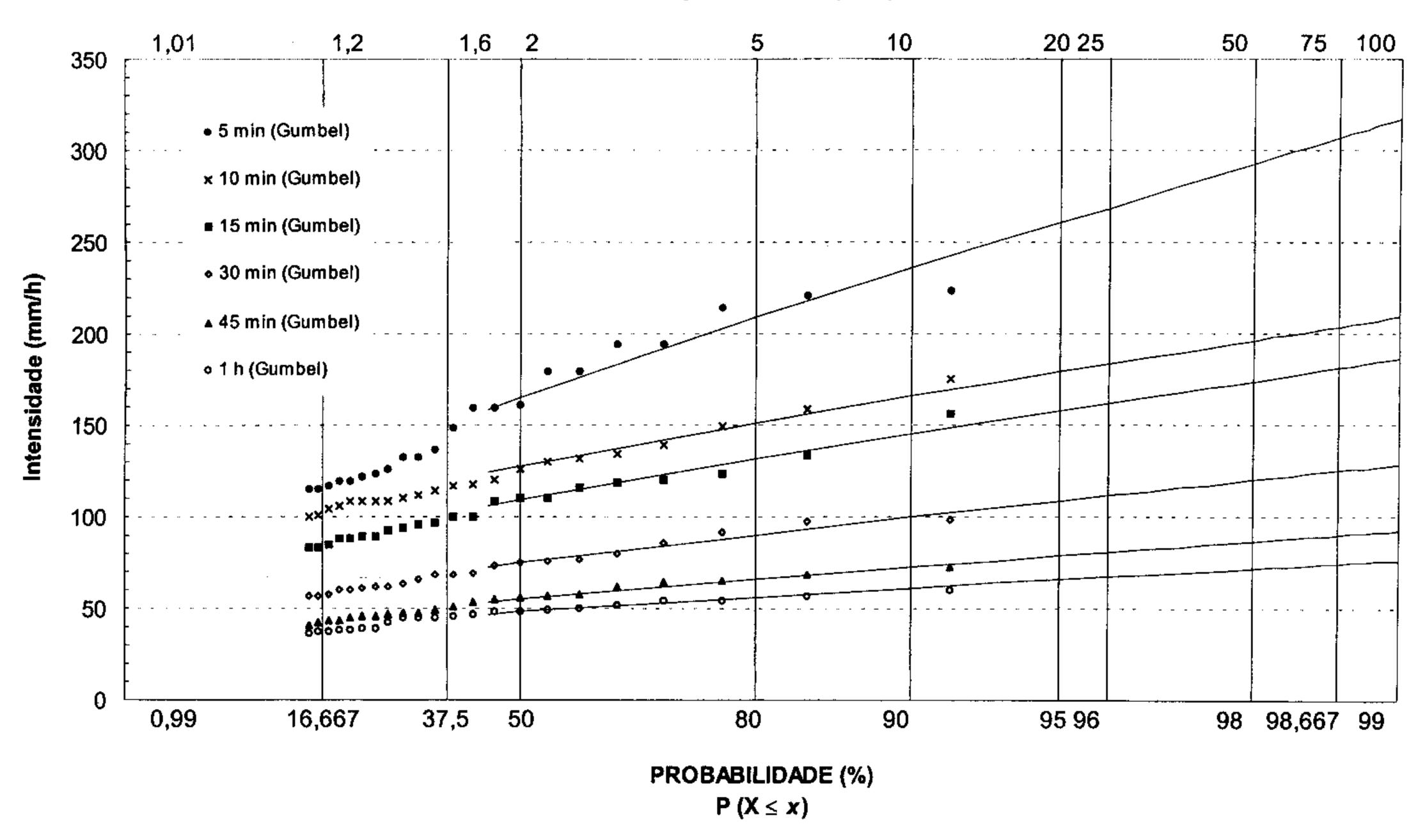


Gráfico 4.5.1 - Modelos Probabilíticos Ajustados - Durações inferiores ou igual a 1 hora (Piumhi - Cód. 02045012)

Papel de Gumbel 02045012 - Piumhi

Tempo de Retorno (anos)

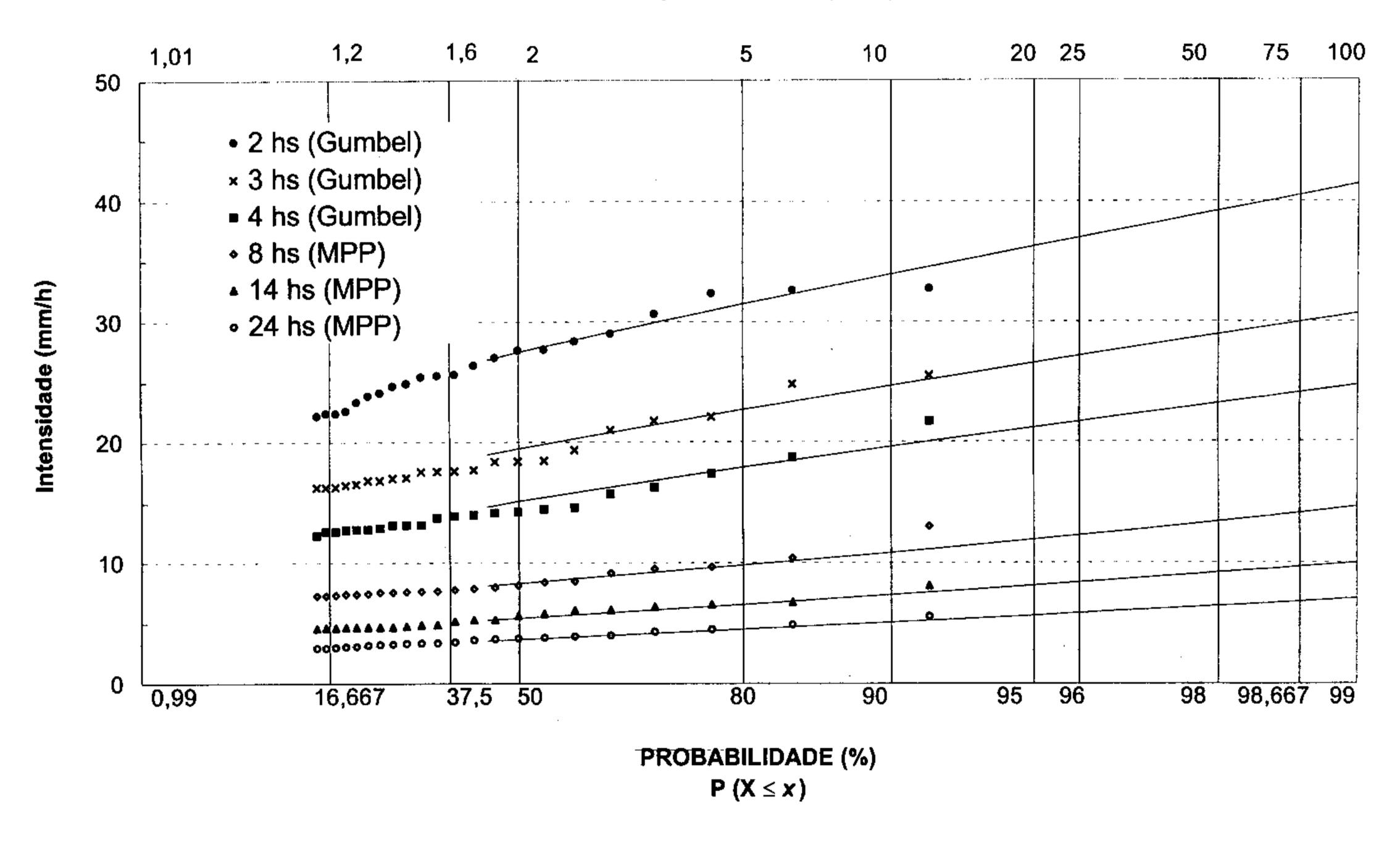


Gráfico 4.5.2 - Modelos Probabilíticos Ajustados - Durações superiores a 1 hora (Piumhi - Cód. 02045012)

Tr (anos)	5min/30min	10min/30min	15min/30min	30min/1h	45min/1h	1h/24h	2h/24h	3h/24h	4h/24h	8h/24h	14h/24h
1,8	0,36	0,57	0,73	0,78	0,86	0,54	0,63	0,66	0,69	0,76	0,87
2	0,37	0,57	0,73	0,78	0,87	0,54	0,62	0,66	0,68	0,75	0,86
5	0,39	0,56	0,73	0,81	0,88	0,52	0,58	0,63	0,66	0,72	0,85
10	0,39	0,55	0,73	0,82	0,89	0,50	0,55	0,60	0,64	0,71	0,84
15	0,40	0,55	0,73	0,82	0,90	0,49	0,54	0,59	0,63	0,70	0,84
20	0,40	0,55	0,73	0,83	0,90	0,48	0,53	0,58	0,62	0,70	0,83
25	0,40	0,55	0,73	0,83	0,90	0,48	0,52	0,58	0,61	0,70	0,83
30	0,40	0,55	0,73	0,83	0,90	0,47	0,52	0,57	0,61	0,70	0,83
35	0,40	0,55	0,73	0,83	0,90	0,47	0,52	0,57	0,61	0,69	0,83
40	0,41	0,55	0,73	0,83	0,90	0,47	0,51	0,57	0,60	0,69	0,83
45	0,41	0,55	0,73	0,83	0,90	0,47	0,51	0,56	0,60	0,69	0,83
50	0,41	0,55	0,73	0,84	0,91	0,46	0,51	0,56	0,60	0,69	0,83
55	0,41	0,55	0,73	0,84	0,91	0,46	0,50	0,56	0,60	0,69	0,83
60	0,41	0,55	0,73	0,84	0,91	0,46	0,50	0,56	0,59	0,69	0,83
65	0,41	0,54	0,72	0,84	0,91	0,46	0,50	0,55	0,59	0,69	0,83
70	0,41	0,54	0,72	0,84	0,91	0,46	0,50	0,55	0,59	0,69	0,83
75	0,41	0,54	0,72	0,84	0,91	0,46	0,50	0,55	0,59	0,69	0,83
80	0,41	0,54	0,72	0,84	0,91	0,45	0,49	0,55	0,59	0,69	0,83
85	0,41	0,54	0,72	0,84	0,91	0,45	0,49	0,55	0,59	0,69	0,83
90	0,41	0,54	0,72	0,84	0,91	0,45	0,49	0,55	0,59	0,69	0,83
95	0,41	0,54	0,72	0,84	0,91	0,45	0,49	0,55	0,59	0,69	0,83
100	0,41	0,54	0,72	0,84	0,91	0,45	0,49	0,54	0,58	0,69	0,82
Média	0,40	0,55	0,73	0,83	0,90	0,47	0,52	0,57	0,61	0,70	0,83

Quadro 4.5.1 - Relações entre precipitações de diferentes durações (Piumhi - Cód. 02045012)

4.5.5.1 - Equação para durações inferiores ou iguais a 1 hora

Através dos quantis gerados para as durações inferiores ou iguais a 1 hora e aplicando o método dos mínimos quadrados, calculou-se os termos "log A" e "c" da equação (31), através das equações (41) e (42). O parâmetro "b", obtido pelo método gráfico foi igual a 0,075. Os resultados alcançados foram:

Tr	log A	c	\mathbf{r}^2
2	3,922414	0,655954	0,99660
5	4,085086	0,68174	0,99657
10	4,172993	0,693395	0,99568
20	4,249054	0,702423	0,99466
25	4,271858	0,704958	0,99433
50	4,338754	0,711977	0,99331
70	4,369412	0,714999	0,99282
80	4,381292	0,716139	0,99263
100	4,400805	0,717975	0,99232

Os resultados acima possibilitaram o cálculo dos parâmetros " α " e " β " da equação (43), através das equações (44) e (45), com os seguintes resultados:

$$\alpha = 0,666192$$
 $\beta = 0,016753$ $r^2 = 0,982747$

Com os valores de "log A" e "Tr" definidos na primeira etapa, calculou-se os parâmetros "K" e "γ" da equação (46), através das equações (47) e (48). Os resultados obtidos foram:

$$k = 48,42652$$
 $\gamma = 0,116966$ $r^2 = 0,983099$

Assim, a equação intensidade-duração-frequência desta estação para durações iguais ou inferiores a 1 hora é:

$$i(mm/h) = \frac{48,4265.Tr(anos)^{0,11697}}{(t(h)+0,075)^{0,6662Tr(anos)^{0,0168}}}$$
(59)

A verificação do ajuste entre os quantis obtidos na análise de frequência e os valores calculados pela equação estabelecida foi efetuado pelos índices DQM, DPMA e o coeficiente de determinação (r²), cujos os resultados estão no Anexo VII.

A Figura 4.5.1 apresenta os diagramas das relações IDF e o Quadro 4.5.2 as intensidades calculadas com a equação IDF para vários períodos de retorno.

4.5.5.2 - Equação para durações superiores a 1 hora

Com os quantis gerados para as durações superiores a 1 hora e aplicando o método dos mínimos quadrados, calculou-se os termos "log A" e "c" da equação (31), através das

equações (41) e (42). O parâmetro b, neste caso, é igual a 0 (zero). Os resultados alcançados foram:

Tr	log A	c	r^2
2	3,908896	0,826732	0,99918
5	4,014726	0,797174	0,99861
10	4,093529	0,787033	0,99832
20	4,171978	0,781542	0,99806
25	4,197186	0,780461	0,99799
50	4,275383	0,778742	0,99773
70	4,313292	0,778669	0,99760
80	4,328329	0,77876	0,99754
100	4,353448	0,779057	0,99744

Os resultados acima possibilitaram o cálculo dos parâmetros " α " e " β " da equação (43), através das equações (44) e (45), com os seguintes resultados:

$$\alpha = 0.819593$$
 $\beta = -0.01288$ $r^2 = 0.768421$

Com os valores de "log A" e "Tr" definidos na primeira etapa, calculou-se os parâmetros "K" e "γ" da equação (46), através das equações (47) e (48), Os resultados obtidos foram:

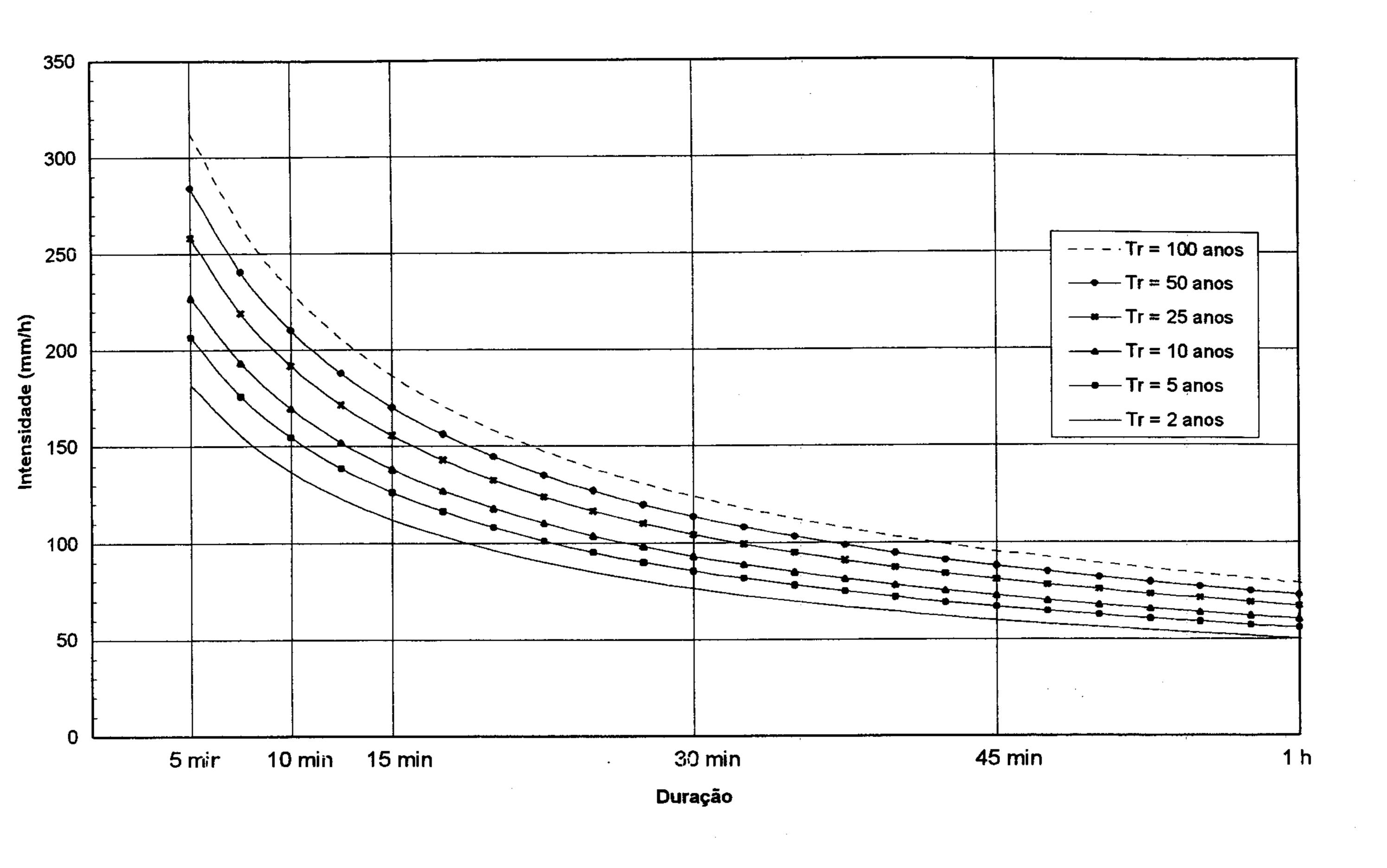
$$k = 46,13297$$
 $\gamma = 0,113454$ $r^2 = 0,9999$

Assim, a equação intensidade-duração-frequência desta estação para durações superiores a 1 hora é:

$$i(mm/h) = \frac{46,1330.Tr(anos)^{0,1135}}{(t(h))^{0,8196Tr(anos)^{-0,0129}}}$$
(60)

A verificação do ajuste entre os quantis obtidos na análise de frequência e os valores calculados pela equação estabelecida foi efetuado pelos índices DQM, DPMA e o coeficiente de determinação (r^2) , cujos os resultados estão no Anexo VII.

A Figura 4.5.1 apresenta os diagramas das relações IDF e o Quadro 4.5.2 as intensidades calculadas com a equação IDF para vários períodos de retorno.



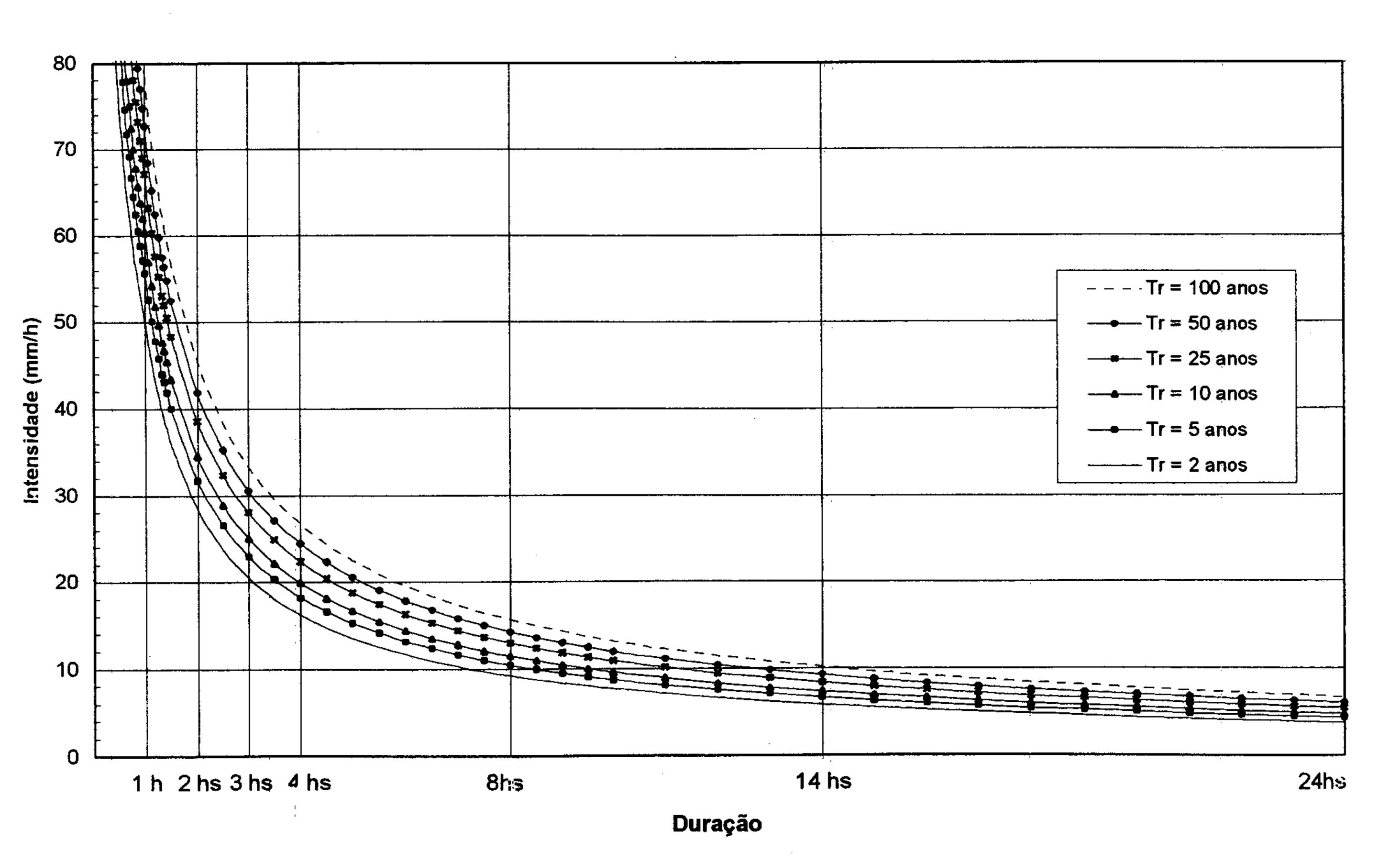


Figura 4.5.1 - Diagramas das relações IDF de Piumhi

Tr (anos)	5min	10min	15min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	8h	14h	24h
1,8	179,2	134,9	110,5	75,3	59,0	49,4	28,1	20,2	16,0	9,1	5,8	3,7
2	181,9	136,8	112,0	76,3	59,8	50,0	28,4	20,4	16,2	9,2	5,8	3,8
5	206,4	154,5	126,2	85,4	66,7	55,6	31,7	22,9	18,2	10,4	6,7	4,3
10	227,1	169,5	138,0	93,0	72,4	60,3	34,5	25,0	19,9	11,5	7,3	4,8
15	240,2	178,9	145,5	97,8	76,0	63,2	36,2	26,3	20,9	12,1	7,8	5,1
20	250,0	185,9	151,1	101,3	78,7	65,4	37,5	27,3	21,7	12,6	8,1	5,3
25	257,9	191,5	155,5	104,1	80,8	67,1	38,5	28,0	22,3	13,0	8,3	5,5
30	264,5	196,3	159,3	106,5	82,6	68,5	39,4	28,7	22,9	13,3	8,6	5,6
35	270,2	200,4	162,5	108,5	84,1	69,7	40,1	29,2	23,3	13,6	8,7	5,7
40	275,2	204,0	165,3	110,4	85,4	70,8	40,8	29,7	23,7	13,8	8,9	5,8
45	279,8	207,2	167,9	112,0	86,7	71,8	41,4	30,1	24,1	14,0	9,1	5,9
50	283,9	210,2	170,2	113,4	87,7	72,7	41,9	30,5	24,4	14,2	9,2	6,0
55	287,7	212,9	172,3	114,8	88,8	73,5	42,4	30,9	24,7	14,4	9,3	6,1
60	291,2	215,3	174,3	116,0	89,7	74,2	42,8	31,2	25,0	14,6	9,4	6,2
65	294,4	217,7	176,1	117,2	90,5	74,9	43,2	31,6	25,2	14,7	9,5	6,3
70	297,5	219,8	177,9	118,3	91,3	75,6	43,6	31,9	25,5	14,9	9,6	6,3
75	300,4	221,9	179,5	119,3	92,1	76,2	44,0	32,1	25,7	15,0	9,7	6,4
80	303,1	223,8	181,0	120,2	92,8	76,8	44,3	32,4	25,9	15,1	9,8	6,5
85	305,6	225,6	182,4	121,1	93,5	77,3	44,7	32,6	26,1	15,3	9,9	6,5
90	308,1	227,4	183,8	122,0	94,1	77,8	45,0	32,9	26,3	15,4	10,0	6,6
95	310,4	229,0	185,1	122,8	94,7	78,3	45,3	33,1	26,5	15,5	10,1	6,6
100	312,6	230,6	186,3	123,6	95,3	78,8	45,5	33,3	26,7	15,6	10,1	6,7

Quadro 4.5.2 - Intensidades calculadas com as equações IDF de Piumhi. (mm/h)

4.6 - Estação Pluviográfica de Santo Antônio do Monte - Cód. 02045013

A estação pluviográfica de Santo Antônio do Monte, código 02045013, pertencente à rede hidrometeorológica da ANEEL, está instalada na rua Olímpio Guimarães, bairro Nossa Senhora de Fátima, na cidade de Santo Antônio do Monte, numa altitude aproximada de 950m. A operação da estação iniciou em 27/12/74 com a instalação de um pluviômetro "Ville de Paris" e um pluviógrafo "IH", mod. 4. Mais informações sobre esta estação podem ser encontradas na sua ficha descritiva no Anexo VI.

A partir dos dados pluviométricos referentes ao período jan/75 a dez/92, recentemente consistidos pela CPRM, constata-se que o trimestre mais chuvoso é o de Novembro-Dezembro-Janeiro e o mais seco é o de Junho-Julho-Agosto. O mês de janeiro apresenta a maior média mensal e o de junho a menor. Além disso, verifica-se que a média dos totais anuais referente ao período foi de 1.476,9mm. De acordo com CPRM/DNAEE (1995), a estação está localizada, segundo a classificação de Köppen, em uma região de tipologia climática Cwb, clima temperado brando com verão ameno (temperatura média do mês mais quente inferior a 22° C) e inverno brando (temperatura média do mês mais frio inferior a 18° C); a estação seca é coincidente com o inverno.

4.5.1 - Coleta de dados

Foram utilizados os pluviogramas do período 1975 a 1985 e 1990 a 1995. Para este período, devido a problemas com o aparelho, foi possível reunir 12 anos hidrológicos completos, conforme está apresentado no Quadro 3.1.1.

Analisando os pluviogramas que perfaziam os 12 anos hidrológicos completos foram selecionadas as chuvas intensas para as durações e os limites mínimos estabelecidos no Quadro 3.1.2. A seleção dos eventos chuvosos obedeceu os critérios definidos no item 3.1.

Foram selecionados 108 eventos chuvosos que permitiram a montagem das séries de duração parcial para cada duração adotada neste estudo. As séries estão apresentadas no Anexo II, tendo sido considerado o número de eventos igual ao dobro do números de anos hidrológicos reunidos ($\lambda = 2$), ou seja, 24 eventos.

4.6.2 Verificação da homogeneidade das séries

A aplicação do teste de Mann-Kendal mostrou que, para um nível de significância de 5 %, as séries são homôgeneas. Os resultados estão no Anexo III.

4.6.3 - Aplicação do teste de Cunname

Os resultados obtidos com a aplicação do teste para um nível de significância de 10 % demonstram, como está apresentado no Anexo V, que as taxas de excedência de todas as séries seguem um modelo poissoniano. Dessa maneira é garantida a utilização da equação (12), que representa a relação entre a função de distribuição acumulada para máximos anuais, a razão de ocorrência dos eventos e a função de distribuição acumulada da série de duração parcial.

4.6.4 - Análise de frequência

A primeira etapa da análise de frequência constituiu no estabelecimento da distribuição empírica e, em seguida, como descrito no item 3.2, foram ajustadas as distribuições de probabilidade de Gumbel, Log-Normal, Log-Pearson tipo III e a Generalizada de Valores Extremos (GEV), além do modelo Poisson-Pareto.

A escolha do modelo probabilístico que apresentou o melhor ajuste para cada distribuição empírica foi efetuado com a aplicação dos testes visual e Qui-Quadrado, com nível de significância de 2,5%. Após a verificação do ajuste optou-se pelos seguintes modelos:

Duração	Modelo Probabilístico	Parâmetros
5 min	Gumbel	$\overline{X} = 151,1$ $\sigma_X = 39,4$
10 min	Gumbel	$\overline{X} = 121,1$ $\sigma_X = 22,0$
15 min	Gumbel	$\overline{X} = 102.8$ $\sigma_X = 16.0$
30 min	Gumbel	$\overline{X} = 67,7$ $\sigma_X = 13,1$
45 min	Gumbel	$\overline{X} = 52,1$ $\sigma_X = 11,6$
1 h	Gumbel	$\overline{X} = 42,6$ $\sigma_X = 9,3$
2 hs	Gumbel	$\overline{X} = 26,3$ $\sigma_X = 5,6$
3 hs	Gumbel	$\overline{X} = 19,0 \sigma_X = 4,1$
4 hs	Gumbel	$\overline{X} = 14.9 \sigma_X = 3.2$
8 hs	Gumbel	$\overline{X} = 8.2$ $\sigma_X = 1.6$
14 hs	Gumbel	$\overline{X} = 5.4 \qquad \sigma_X = 0.9$
24 hs	Gumbel	$\overline{X} = 3.8$ $\sigma_X = 0.7$

O fator de frequência para a definição dos quantis da distribuição de Gumbel pela equação geral de frequência foi calculado em função do tamanho da amostra, neste caso 24 elementos, com $\mu_Y = 0.52959$ e $\sigma_Y = 1.086464$. Maiores detalhes sobre o cálculo do fator de frequência são encontrados no Anexo IV.

Os Gráficos 4.6.1 e 4.6.2 apresentam as distribuições empíricas e os modelos probabilísticos ajustados. Os quantis calculados constam do Anexo VIII, e permitiram o cálculo da relação entre precipitações de diferentes durações. Estas relações estão apresentadas no Quadro 4.6.1.

4.6.5 - Definição das equações IDF

Os quantis gerados pelos modelos probabilísticos adotados permitiram a definição das relações IDF recomendadas por Wilken (1978), equação (30), a partir da utilização da metodologia descrita no item 3.3.

Para esta estação, foram definidas duas equações, uma para durações iguais ou inferiores a lhora e outra para durações superiores a l hora.

Papel de Gumbel 02045013 - Santo Antônio do Monte

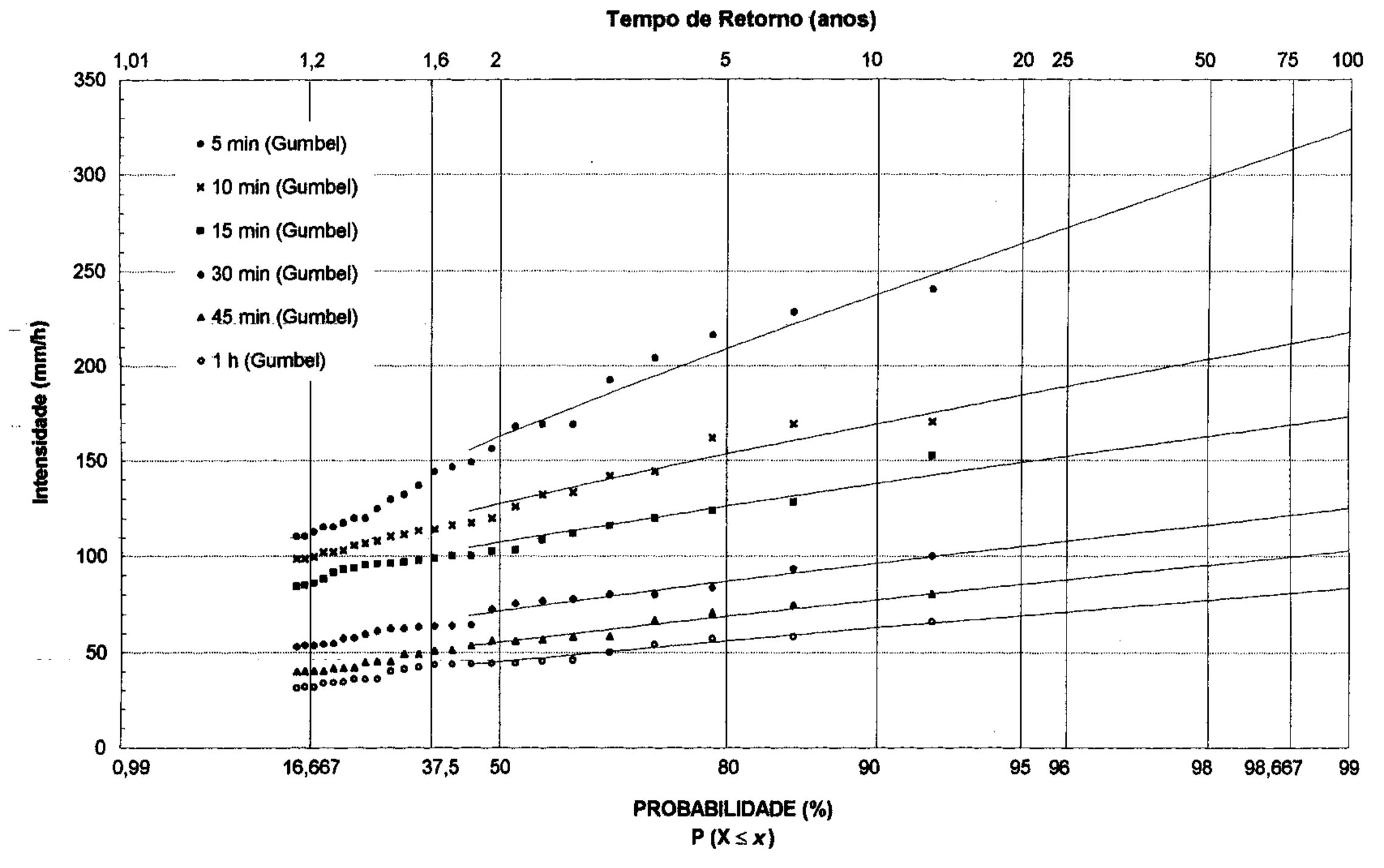


Gráfico 4.6.1 - Modelos Probabilíticos Ajustados - Durações inferiores ou igual a 1 hora (Santo Antônio do Monte - Cód. 02045013)

Papel de Gumbel 02045013 - Santo Antônio do Monte

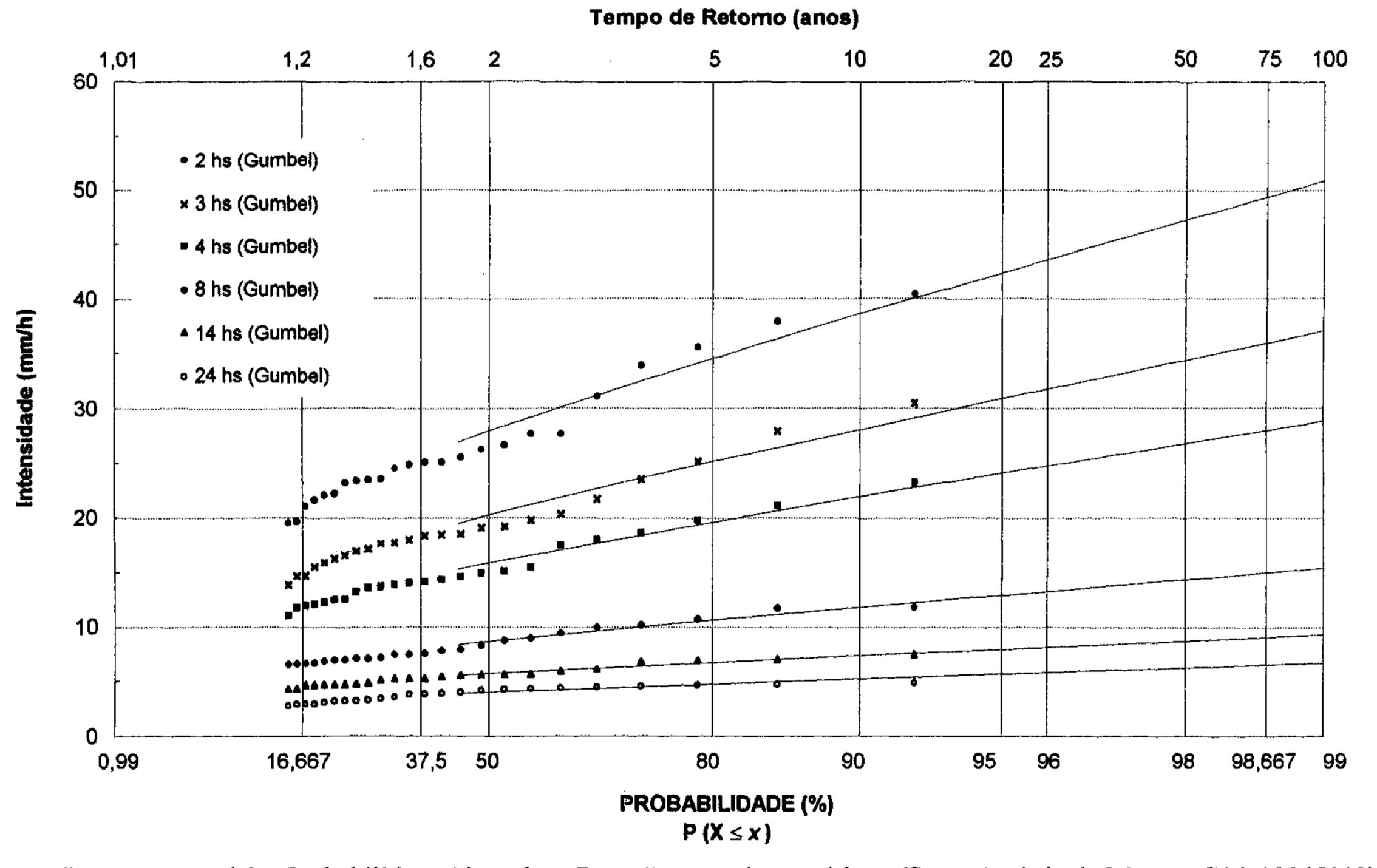


Gráfico 4.6.2 - Modelos Probabilíticos Ajustados - Durações superiores a 1 hora (Santo Antônio do Monte - Cód. 02045013)

Tr (anos)	5min/30min	10min/30min	10min/30min	30min/1h	45min/1h	1h/24h	2h/24h	3h/24h	4h/24h	8h/24h	14h/24h
1,8	0,37	0,60	0,76	0,79	0,92	0,47	0,58	0,63	0,66	0,72	0,84
2	0,38	0,59	0,75	0,79	0,92	0,47	0,59	0,64	0,67	0,73	0,84
5	0,40	0,59	0,73	0,77	0,92	0,49	0,61	0,66	0,69	0,74	0,83
10	0,41	0,59	0,72	0,77	0,92	0,50	0,61	0,67	0,70	0,75	0,82
15	0,42	0,58	0,71	0,76	0,92	0,51	0,62	0,68	0,70	0,75	0,82
20	0,42	0,58	0,71	0,76	0,92	0,51	0,62	0,68	0,70	0,76	0,82
25	0,42	0,58	0,70	0,76	0,92	0,51	0,62	0,68	0,71	0,76	0,82
30	0,42	0,58	0,70	0,76	0,92	0,51	0,62	0,68	0,71	0,76	0,81
35	0,42	0,58	0,70	0,76	0,92	0,51	0,63	0,68	0,71	0,76	0,81
40	0,42	0,58	0,70	0,76	0,92	0,51	0,63	0,69	0,71	0,76	0,81
45	0,43	0,58	0,70	0,75	0,92	0,51	0,63	0,69	0,71	0,76	0,81
50	0,43	0,58	0,70	0,75	0,93	0,51	0,63	0,69	0,71	0,76	0,81
55	0,43	0,58	0,70	0,75	0,93	0,52	0,63	0,69	0,71	0,76	0,81
60	0,43	0,58	0,70	0,75	0,93	0,52	0,63	0,69	0,71	0,76	0,81
- 65	0,43	0,58	0,70	0,75	0,93	0,52	0,63	0,69	0,72	0,76	0,81
70	0,43	0,58	0,69	0,75	0,93	0,52	0,63	0,69	0,72	0,76	0,81
75	0,43	0,58	0,69	0,75	0,93	0,52	0,63	0,69	0,72	0,76	0,81
80	0,43	0,58	0,69	0,75	0,93	0,52	0,63	0,69	0,72	0,77	0,81
85	0,43	0,58	0,69	0,75	0,93	0,52	0,63	0,69	0,72	0,77	0,81
90	0,43	0,58	0,69	0,75	0,93	0,52	0,63	0,69	0,72	0,77	0,81
95	0,43	0,58	0,69	0,75	0,93	0,52	0,63	0,69	0,72	0,77	0,81
100	0,43	0,58	0,69	0,75	0,93	0,52	0,63	0,69	0,72	0,77	0,81
Média	0,42	0,58	0,71	0,76	0,92	0,51	0,62	0,68	0,71	0,76	0,82

Quadro 4.6.1 - Relações entre precipitações de diferentes durações (Santo Antônio do Monte - Cód. 02045013)

4.6.5.1 - Equação para durações inferiores ou iguais a 1 hora

Através dos quantis gerados para as durações inferiores ou iguais a 1 hora e aplicando o método dos mínimos quadrados, calculou-se os termos "log A" e "c" da equação (31), através das equações (41) e (42). O parâmetro "b", obtido pelo método gráfico foi igual a 0,03. Os resultados alcançados foram:

Tr	log A	С	\mathbf{r}^2
2	3,87466	0,58587	0,99235
5	4,076534	0,588763	0,99868
10	4,182407	0,589797	0,99903
20	4,272485	0,590487	0,99827
25	4,29924	0,590664	0,99789
50	4,377112	0,591116	0,99650
70	4,41251	0,591293	0,99574
80	4,42618	0,591358	0,99543
100	4,448578	0,591458	0,99490

Os resultados acima possibilitaram o cálculo dos parâmetros " α " e " β " da equação (43), através das equações (44) e (45), com os seguintes resultados:

$$\alpha = 0.587711$$
 $\beta = 0.001447$ $r^2 = 0.957498$

Com os valores de "log A" e "Tr" definidos na primeira etapa, calculou-se os parâmetros "K" e "γ" da equação (46), através das equações (47) e (48). Os resultados obtidos foram:

$$k = 46,03785$$
 $\gamma = 0,13961$ $r^2 = 0,97903$

Assim, a equação intensidade-duração-frequência desta estação para durações iguais ou inferiores a 1 hora é:

$$i(mm/h) = \frac{46,0379Tr(anos)^{0,13961}}{(t(h)+0,03)^{0,5877.Tr(anos)^{0,00145}}}$$
(61)

A verificação do ajuste entre os quanțis obtidos na análise de frequência e os valores calculados pela equação estabelecida foi efetuado pelos índices DQM, DPMA e o coeficiente de determinação (r²), cujos os resultados estão no Anexo VII.

A Figura 4.6.1 apresenta os diagramas das relações IDF e o Quadro 4.6.2 as intensidades calculadas com a equação IDF para vários períodos de retorno.

4.6.5.2 - Equação para durações superiores a 1 hora

Com os quantis gerados para as durações superiores a 1 hora e aplicando o método dos mínimos quadrados, calculou-se os termos "log A" e "c" da equação (31), através das

equações (41) e (42). O parâmetro b, neste caso, é igual a 0 (zero). Os resultados alcançados foram:

Tr	log A	С	r^2
2	3,91615	0,814531	0,99808
5	4,050932	0,790916	0,99783
10	4,149513	0,790232	0,99763
20	4,246957	0,795338	0,99745
25	4,278165	0,797804	0,99739
50	4,374731	0,807383	0,99721
70	4,421435	0,812916	0,99713
80	4,439943	0,815251	0,99710
100	4,47084	0,819316	0,99705

Os resultados acima possibilitaram o cálculo dos parâmetros "α" e "β" da equação (43), através das equações (44) e (45), com os seguintes resultados:

$$\alpha = 0.792962$$
 $\beta = 0.004762$ $r^2 = 0.207171$

Mas, como o valor do coeficiente de determinação é baixo, optou-se por substituir a equação, $c = \alpha T^{\beta}$, pelo valor médio do parâmetro "c", 0,804854.

Com os valores de "log A" e "Tr" definidos na primeira etapa, calculou-se os parâmetros "K" e "γ" da equação (46), através das equações (47) e (48), Os resultados obtidos foram:

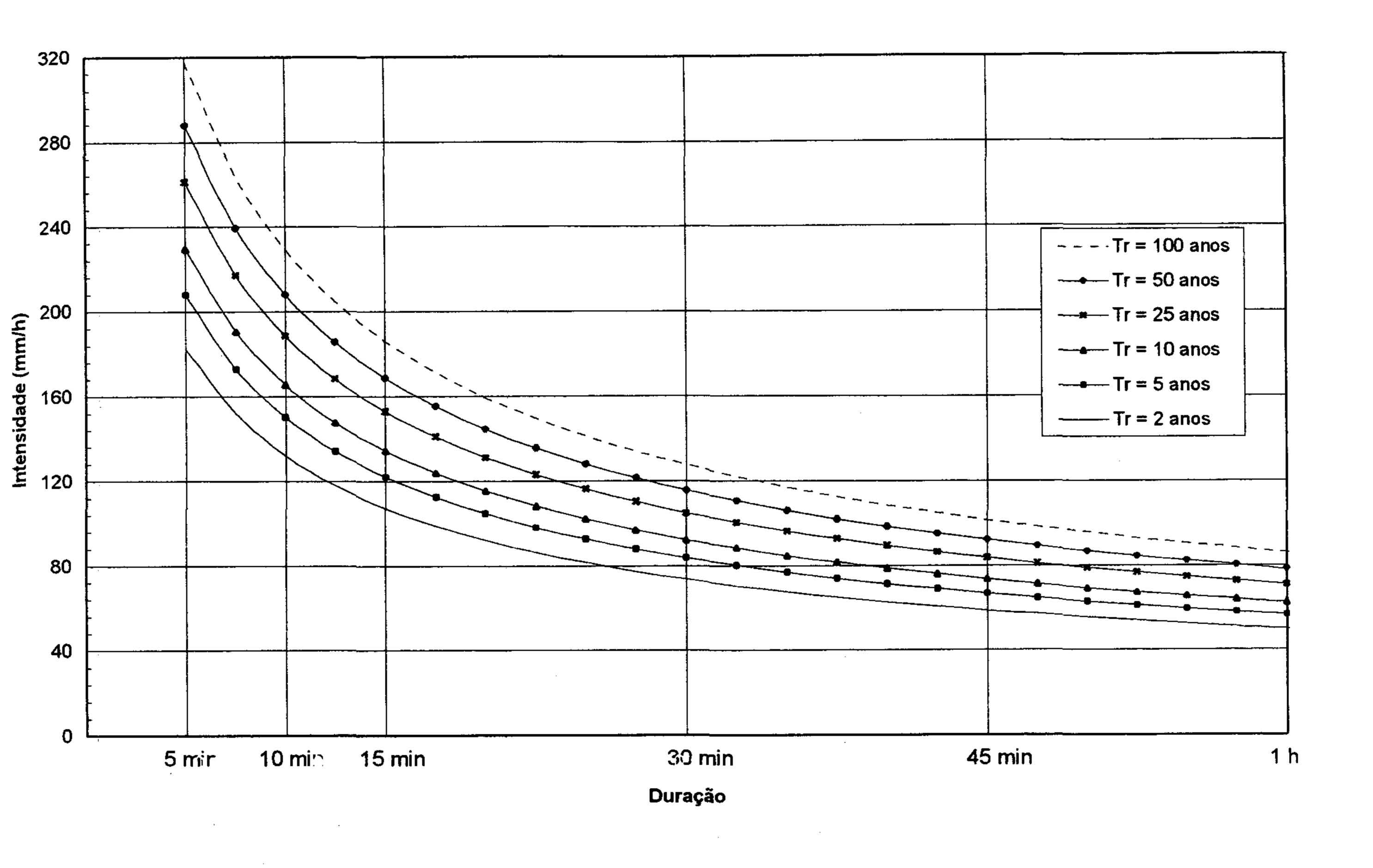
$$k = 45,69266$$
 $\gamma = 0,141279$ $r^2 = 0,9999$

Assim, a equação intensidade-duração-frequência desta estação para durações superiores a 1 hora é:

$$i(mm/h) = \frac{45,6927.Tr(anos)^{0,1413}}{(t(h))^{0,8049}}$$
(62)

A verificação do ajuste entre os quantis obtidos na análise de frequência e os valores calculados pela equação estabelecida foi efetuado pelos índices DQM, DPMA e o coeficiente de determinação (r²), cujos os resultados estão no Anexo VII.

A Figura 4.6.1 apresenta os diagramas das relações IDF e o Quadro 4.6.2 as intensidades calculadas com a equação IDF para vários períodos de retorno.



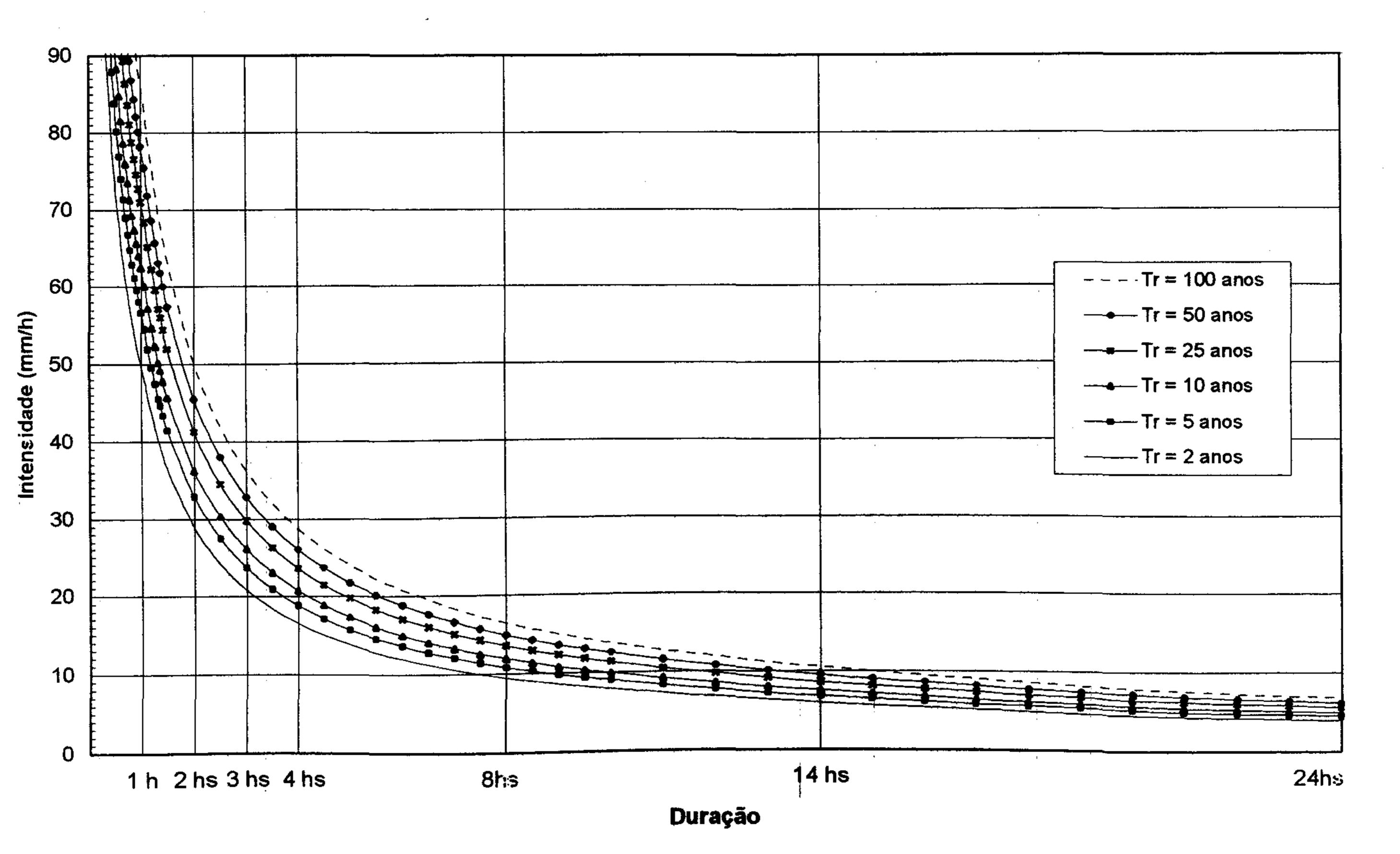


Figura 4.6.1 - Diagramas das relações IDF de Santo Antônio do Monte

Tr (anos)	5min	10min	15min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	8h	14h	24h
1,8	179,9	130,1	105,7	72,6	57,8	49,1	28,4	20,5	16,3	9,3	5,9	3,8
2	182,6	132,0	107,2	73,7	58,7	49,8	28,8	20,8	16,5	9,5	6,0	3,9
5	207,9	150,2	122,0	83,8	66,7	56,6	32,8	23,7	18,8	10,8	6,9	4,4
10	229,3	165,7	134,5	92,3	73,5	62,4	36,2	26,1	20,7	11,9	7,6	4,9
15	242,8	175,4	142,4	97,7	77,8	66,0	38,3	27,7	21,9	12,6	8,0	5,2
20	252,9	182,7	148,3	101,7	81,0	68,7	39,9	28,8	22,9	13,1	8,3	5,4
25	261,0	188,5	153,0	105,0	83,6	70,9	41,2	29,7	23,6	13,5	8,6	5,6
30	267,8	193,4	157,0	107,7	85,7	72,7	42,3	30,5	24,2	13,9	8,8	5,7
35	273,7	197,7	160,4	110,0	87,6	74,3	43,2	31,2	24,7	14,2	9,0	5,8
40	278,9	201,4	163,5	112,1	89,2	75,7	44,0	31,8	25,2	14,4	9,2	6,0
45	283,6	204,8	166,2	114,0	90,7	77,0	44,8	32,3	25,6	14,7	9,4	6,1
50	287,9	207,8	168,7	115,7	92,1	78,1	45,5	32,8	26,0	14,9	9,5	6,2
55	291,8	210,7	171,0	117,2	93,3	79,2	46,1	33,2	26,4	15,1	9,6	6,2
60	295,4	213,3	173,1	118,7	94,4	80,1	46,6	33,7	26,7	15,3	9,7	6,3
65	298,8	215,7	175,0	120,0	95,5	81,0	47,2	34,0	27,0	15,5	9,9	6,4
70	301,9	217,9	176,9	121,3	96,5	81,9	47,7	34,4	27,3	15,6	10,0	6,5
75	304,9	220,1	178,6	122,4	97,4	82,7	48,1	34,7	27,6	15,8	10,1	6,5
80	307,7	222,1	180,2	123,6	98,3	83,4	48,6	35,1	27,8	15,9	10,1	6,6
85	310,3	224,0	181,8	124,6	99,2	84,1	49,0	35,4	28,0	16,1	10,2	6,6
90	312,9	225,8	183,2	125,6	99,9	84,8	49,4	35,6	28,3	16,2	10,3	6,7
95	315,3	227,5	184,6	126,6	100,7	85,4	49,8	35,9	28,5	16,3	10,4	6,7
100	317,6	229,2	186,0	127,5	101,4	86,0	50,1	36,2	28,7	16,4	10,5	6,8

Quadro 4.6.2 - Intensidades calculadas com as equações IDF de Santo Antônio do Monte. (mm/h)

5 - CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido permitiu, a partir das séries de duração parcial para as durações de 5, 10, 15. 30 e 45 minutos, e 1, 2, 3, 4, 8, 14 e 24 horas, a definição das equações IDF de 6 estações pluviográficas da ANEEL. As equações definidas, apresentadas a seguir, possuem os seguintes parâmetros:

- i, é a intensidade da precipitação em mm/h;
- t, é a duração da precipitação em horas e
- Tr, o período de retorno em anos.
- 1) Estação Pluviográfica de Lagoa do Gouvea, código 01845004.
 - a) Para $t \le 1$ hora e $Tr \le 100$ anos

$$i(mm/h) = \frac{47,2295.Tr(anos)^{0,1186}}{(t(h) + 0,036)^{0,5843.Tr(anos)^{0,0202}}}$$

b) Para 1 hora $\leq t \leq 24$ horas e $Tr \leq 100$ anos

$$i(mm/h) = \frac{46,3807.Tr(anos)^{0,1188}}{(t(h))^{0,80250Tr^{-0,0212}}}$$

- 2) Estação Pluviográfica de Pitangui, código 01944032.
 - a) Para $t \le 1$ hora e $Tr \le 100$ anos

$$i(mm/h) = \frac{47,7718Tr(anos)^{0,1218}}{(t(h) + 0,015)^{0,5447.Tr(anos)^{0,0175}}}$$

b) Para 1 hora $\leq t \leq 24$ horas e $Tr \leq 100$ anos

$$i(mm/h) = \frac{47,5201.Tr(anos)^{0,1220}}{(t(h))^{0,8118Tr^{-0,0203}}}$$

- 3) Estação Pluviográfica de Papagaios, código 01944049.
 - a) Para $t \le 1$ hora e $Tr \le 100$ anos

$$i(mm/h) = \frac{52,0036Tr(anos)^{0,146}}{(t(h) + 0,040)^{0,5293.Tr(anos)^{0,0052}}}$$

b) Para 1 hora $< t \le 24$ horas e $Tr \le 100$ anos

$$i(mm/h) = \frac{51,8273.Tr(anos)^{0,1454}}{(t(h))^{0,7824}}$$

- 4) Estação Pluviográfica de Entre Rios de Minas, código 02044007.
 - a) Para $t \le 1$ hora e $Tr \le 100$ anos

$$i(mm/h) = \frac{45,3458Tr(anos)^{0,1283}}{(t(h) + 0,074)^{0,69165}}$$

b) Para 1 hora $\leq t \leq 24$ horas e $Tr \leq 100$ anos

$$i(mm/h) = \frac{43,8710Tr(anos)^{0,1286}}{(t(h))^{0,8491Tr(anos)^{-0,0191}}}$$

-) Estação Pluviográfica de Piumhi, código 02045012.
 - a) Para $t \le 1$ hora e $Tr \le 100$ anos

$$i(mm/h) = \frac{48,4265.Tr(anos)^{0,11697}}{(t(h)+0,075)^{0,6662Tr(anos)^{0,0168}}}$$

b) Para 1 hora $\leq t \leq 24$ horas e $Tr \leq 100$ anos

$$i(mm/h) = \frac{46,1330.Tr(anos)^{0,1135}}{(t(h))^{0,8196Tr(anos)^{-0,0129}}}$$

- 6) Estação Pluviográfica de Santo Antônio do Monte, código 02045013.
 - a) Para $t \le 1$ hora e $Tr \le 100$ anos

$$i(mm/h) = \frac{46,0379.Tr(anos)^{0,13961}}{(t(h) + 0,03)^{0,5877.Tr(anos)^{0,00145}}}$$

b) Para 1 hora $\leq t \leq 24$ horas e $Tr \leq 100$ anos

$$i(mm/h) = \frac{45,6927.Tr(anos)^{0,1413}}{(t(h))^{0,8049}}$$

Estas equações poderão ser utilizadas no dimensionamento de estruturas hidráulicas nas regiões próximas às estações estudadas.

Além das equações, também foram calculadas as relações entre precipitações de diferentes durações. Os resultados obtidos permitirão a utilização de dados pluviométricos na definição de relações IDF em *regiões próximas* às estações utilizadas no estabelecimento das relações entre precipitações de diferentes durações.

Na realização desse estudo observou-se que as taxas de excedência dos eventos das séries de duração parcial utilizadas seguem o modelo de Poisson. Este fato foi verificado através do teste de Cunname para taxas de excedência igual a 2, ou seja λ =2. Garantindo assim, a utilização da equação (12), que representa a relação entre a função de distribuição acumulada para máximos anuais, a razão de ocorrência dos eventos e a função de distribuição acumulada da série de duração parcial.

As magnitudes dos picos superiores a um valor limite foram melhor descritos pela distribuição de Gumbel e pelo modelo Poisson-Pareto, com parâmetro de forma, k, negativo. Para as estações pluviográficas de Papagaios (Cód. 01944049) e Santo Antônio do Monte (Cód. 02045013) adotou-se a distribuição de Gumbel para todas as durações, pois foi a que apresentou o melhor ajuste às distribuições empíricas. No caso das outras estações - Lagoa do Gouvea (Cód. 01845004), Pitangui (Cód. 01944032), Entre Rios de Minas (Cód. 02044007) e Piumhi (Cód. 02045012) - adotou-se a distribuição de Gumbel para durações inferiores ou iguais a 4 horas e o modelo Poisson-Pareto para as durações de 8, 14 e 24 horas, também por apresentarem o melhor ajuste às distribuições empíricas. A utilização de distribuições diferentes para diversas durações em uma mesma estação, só é possível, após a verificação da não ocorrência do cruzamento de curvas de diferentes durações. Para se garantir esta condição, foram calculados para todas as durações, os quantis com até 1000 anos de tempo de retorno e verificado se havia ocorrência de cruzamentos. Nas estações em estudo não houve a intercepção de curvas.

Inicialmente, esperava-se que o parâmetro de forma da distribuição Generalizada de Valores Extremos variasse de acordo com a duração da precipitação, ou seja, para durações menores, o parâmetro de forma seria negativo com valores absolutos maiores que os estimados para as durações superiores. Buishand, 1991, apresenta um exemplo de variação do parâmetro de forma de regiões da Holanda e Bélgica estimados com momentos-L onde se verifica o comportamento mencionado acima. Outro fato que alimentava estas expectativas foram os resultados obtidos por Pinto e Naghettini (1999) no trabalho de regionalização das precipitações máximas diárias da bacia do Alto São Francisco, onde as distribuições Generalizada de Valores Extremos ajustadas apresentavam parâmetros de forma negativo. Entretanto os resultados alcançados não apresentaram esta variação do parâmetro de forma, fato que pode ser atribuído à grande variabilidade amostral das séries de tamanho reduzido.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTONI, J.C. e TUCCI, C.E. Precipitação *In: Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre, Ed. UFRG/ABRH/EDUSP, 1993, p.177-241.
- BIRIKUNDAVYI, S., ROUSSELE, J. Use of Partial Duration Series for Single-Station and Regional Analisys of Floods. *In: Journal of Hydrologic Engineering, ASCE-American Society of Civil Engineers*, vol. 2, Nº 2, p.68-89. Abr, 1997.
- BOBÉE, B. The log Pearson type 3 distribution and its application in hydrology. In: Water Resources Research, New York, American Geophisical Union, v. 11, n5, p.681-689, 1975 apud KITE, G. W. Frequency and risk analysis in hidrology. Water Resources Publications. Colorado, 1977, 224p.
- BRANDÃO, C., HIPÓLITO, J. N. A. R. Análise de precipitações intensas. In: XI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e II Simpósio de Hidráulica dos Países de Língua oficial Portuguesa. Recife, Anais 1, 4v., 1995.
- BUISHAND, T. A. Extreme rainfall estimation by combining data from several sites. In: The Open Hydrology Session, XV General Assembly, European Geophysical Society, Copenhagen, 23-27, April, 1990 apud Hydrological Sciences Journal des Sciences Hydrologiques, 36, 4, Aug., 1991.
- CPRM. Programa de Avaliação de Recursos Hídricos. Rede Hidrometeorológica e Caracterização Física da Bacia do Alto São Francisco Sub-Bacia 40 Fase 1. Belo Horizonte, Dez., 1996.
- CPRM/DNAEE. Projeto Análise de Consistência de Dados Pluviométricos Bacia do Alto São Francisco Sub-Bacia 40 a 44. *Relatório Técnico Parcial Sub-Bacia 40*. Belo Horizonte, 1995, 3v.
- CHOW, V. T. *Handbook of applied hydrology*. New York: MacGraw-Hill, 1964.
- COSTA NETO, P. L. O. Estatística. Ed. Edgard Blücher LTDA, 1977.
- CUNNAME, C. A Particular Comparison of Annual Maxima and Partial Duration Series Methods of Flood Frequency Prediction. *In: Journal of Hydrology*, Nº 18, 257-271, 1973.
- CUNNAME, C. A Note on the Poisson Assumption in Partial Duration Series Models. *In:* Water Resources Research, New York, American Geophysical Union, Vol. 15, Nº 2, 489-494. Abr, 1979.
- DAMÁZIO, J. M.; MOREIRA, J. C.; COSTA, J.P. e KELMAN, J. Seleção de métodos para estimação de vazões com tempos de retorno elevados. *In: V Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos. ABRH.* Anais 2. Blumenau, 1983, p. 145-165.
- FILLIBEN, J. J. The probabity plot correlation test for normality. *In: Technometrics*, v. 17, no 1, p.111-117, 1975 apud STEDINGER, J. R., VOGEL, R. M., FOUFOLA-

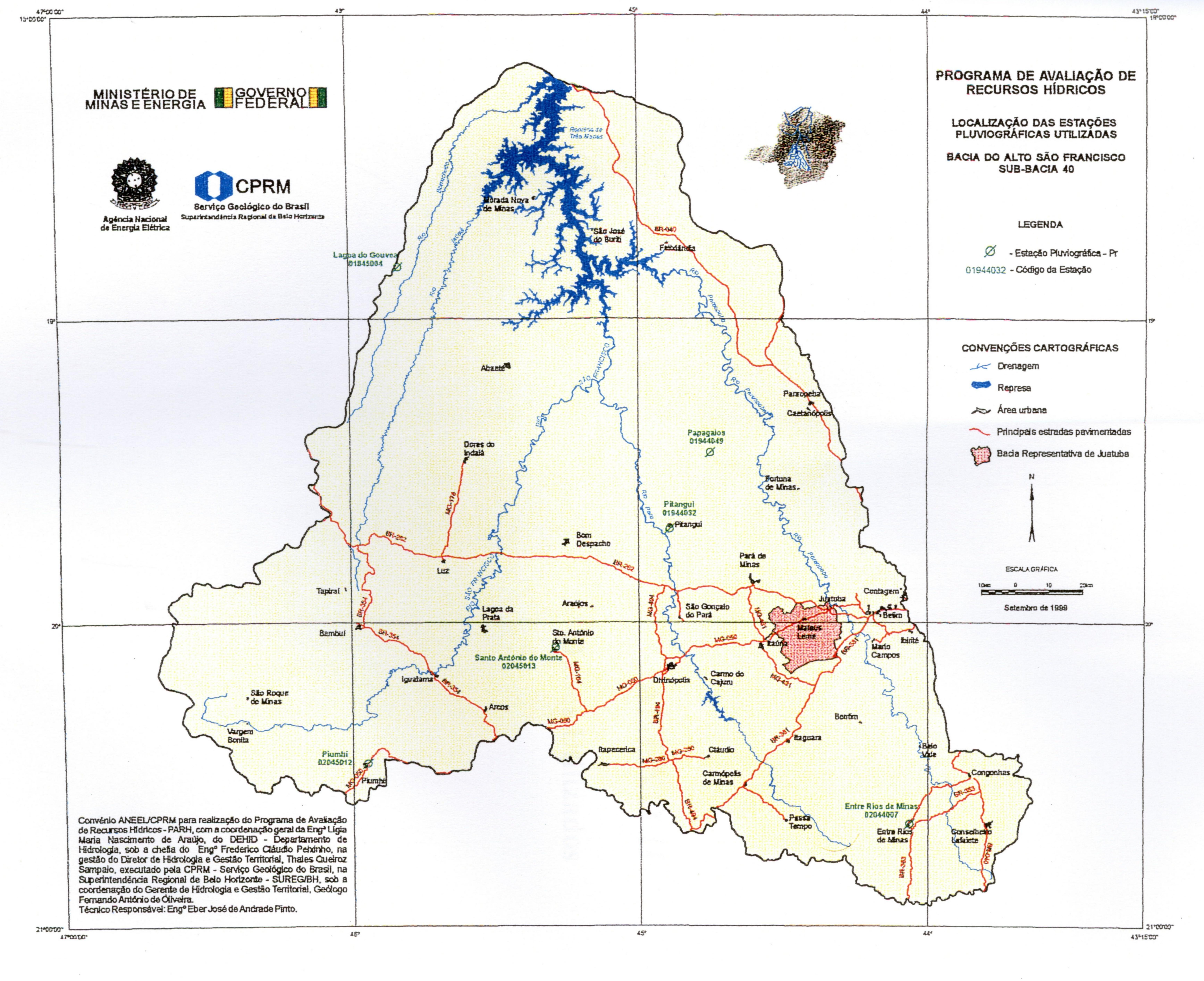
- GEORGIOU, E. Frequency analysis of extremes. In: MAIDMENT, D. R. Handbook of hydrology. New York: MacGraw Hill, Inc., 1992, cap. 18, p. 18.1 18.66.
- GREENWOOD, J. A., LANDWEHR, J. M., MATALAS, N. C. e WALLIS, J. R. Probability weighted moments: definition and relation to parameters of several distributions espressable in inverse form. In: *Water Resources Research*, American Geophysical Union. V.15, n.5, p.1049-1054, Out., 1979.
- HAAN, C. T. Statistical methods in hydrology. 2^a ed. Ames, Iowa: The Iowa State University Press/Ames, 1979, 378p.
- HERSHFIELD, D. M., WILSON, W. T. A comparation os Externe Rainfall Depths from Tropical and Nontropical Storms. *In: Journal of Geophisical Research*, v.65, n 3, p 959-982, mar., 1960.
- HERSHFIELD, D. M., KOHLER, M. A. An empirical appraisal of the Gumbel extreme-value procedure. *In: Journal of Geophisical Research*, v.65, n 3, p 1737-1746, jun., 1960.
- HERSHFIELD, D. M. Rainfall frequency atlas of the United States for durations from 30 minutes to 24 hours and return periods from 1 to 100 years. Tech. Paper 40, U.S. Weather Bureau, Washington, D. C., 1961.
- HOSKING, J. R. M., WALLIS, J. R., WOOD, E. F. Estimation of the extreme value distribution by the method of probability weighted moments. *Technometrics*, V.27, n.3, p.251-261, Ago., 1985.
- HOSKING, J. R. The theory of probabilty weightes moments. In: *IBM Research Report*, New York, IBM Research Division, RC 12210, 160p., Out., 1986.
- HOSKING, J. R. M., WALLIS, J. R. Regional Frequency Analysis an approach based on L-moments. Cambridge University Press, P.224, 1997.
- HUFF, F. A. Time distribution of rainfall in heavy storms. In: Water Resources Research, New York, American Geophisical Union, v. 3, n. 4, p 1007-1019, 1967. apud PINHEIRO. M. M. G. Estudo de chuvas intensas na região metropolitana de Belo Horizonte RMBH. Belo Horizonte: EE-UFMG. Dissertação de Mestrado, 1997. 216 p.
- INTERAGENCY ADVISORY COMMITTEE ON WATER DATA. Guidelines for determining flood flow freuency, Bulletin 17B, US Departament of the Interior, U. S. Geological Survey, Office of Water Data Coodination, Reston, VA., 1982.
- KITE, G. W. Frequency and risk analysis in hidrology. Water Resources Publications. Colorado, 1977, 224p.
- LANNA, A.E. Elementos de estatística e probabilidades. *In: Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre, Ed. UFRG/ABRH/EDUSP, 1993, p.79-176.
- LAURA, A. A., FERREIRA FILHO, W., M. Uso de séries parciais para análise de frequência de chuvas intensas. *In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Vitória, nov, 1997. CD-ROM.

- MOREIRA, J. C.; DAMÁZIO, J. M.; COSTA, J. P. e KELMAN, J. Estimação de vazões extremas: séries parciais ou máximos anuais?. *In: V Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos. ABRH*. Anais 2. Blumenau, 1983, p. 135-139.
- NAGHETTINI, M. C. Notas de aula de Hidrologia Estatística. EE-UFMG. Belo Horizonte, mar, 1997. 76p.
- NERC NATURAL ENVIRONMENT RESERCH COUNCIL. Flood studies report, London, v.1 e 2, 1975.
- NORTH, Michel. Time-Dependent Sthohastic Model of Floods. *In: Journal of the Hydraulics Division, ASCE-American Society of Civil Engineers*, vol. 106, № HY5, 649-665. Mai, 1980.
- OCCHIPINTI, A. G., SANTOS, P. M. Análise das máximas intensidades de chuvas na cidade de São Paulo. São Paulo, Observatório de São Paulo, 1965 apud WILKEN, P. S. Engenharia de Drenagem Superficial. São Paulo: CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978, 477p
- PARH. Critérios de coleta de dados pluviográficos para definição de equações de chuvas intensas. Publicação interna da CPRM-SUREG/BH. Belo Horizonte, 1997
- PFAFSTETTER, O. Chuvas intensas no Brasil. Relação entre Precipitação, Duração e Frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos. Rio de Janeiro. Departamento Nacional de Obras de Saneamento, 2ª ed., 1982. 1ª ed. 1957.
- PINHEIRO, M. C. Curso Básico de Hidrologia. Apostila com as anotações de aula do curso de hidrologia da Escola de Engenharia da UFMG. 1992
- PINHEIRO. M. M. G. Estudo de chuvas intensas na região metropolitana de Belo Horizonte RMBH. Belo Horizonte: EE-UFMG. Dissertação de Mestrado, 1997. 216 p.
- PIRES, C. L. F. Análise de Frequência Revisão Metodológica. In: A Água em Revista, n. 3. CPRM, Belo Horizonte, Out., 1994, p. 13-22.
- PINTO, E. J. A. Determinação de curvas e equações intensidade-duração-frequência de estações pluviográficas. Publicação interna da CPRM-SUREG/BH. Belo Horizonte, Set, 1998.
- PINTO, E. J. A.; NAGHETTINI, M. C. Definition of homogeneous regions and frequency analysis of annual maximum daily precipitation over the upper São Francisco river basin, in southeastern Brazil. *In: ASCE's 1999 International Water Resources Engineering Conference*, ASCE-American Society of Civil Engineer, Seattle, Presentation Summaries, Aug., 1999, p. 104.
- STEDINGER, J. R., VOGEL, R. M., FOUFOLA-GEORGIOU, E. Frequency analysis of extremes. *In: MAIDMENT, D. R. Handbook of hydrology*. New York: MacGraw Hill, Inc., 1992, cap. 18, p. 18.1 18.66.

- TODOROVIC, P. Stochastic Models of Floods. *In: Water Resources Research*, Vol. 14, Nº 2, 345-356. Abr, 1978.
- SUKHATME, P. V. On the distribution of χ^2 in samples of the Poisson series. *J. Roy. Stat. Soc.*, 5, suppl. 1, 1938 apud CUNNAME, C. A Note on the Poisson Assumption in Partial Duration Series Models. *In: Water Resources Research*, Vol. 15, N^2 2, 489-494. Abr, 1979.
- VAN MONTFORT, M. A. J., WITTER, J. V. The generalized Pareto distribution applied to rainfall depths. *In: Hydrological Sciences Journal*, v. 31, n2, p. 151-162, jun., 1986 apud PINHEIRO. M. M. G. Estudo de chuvas intensas na região metropolitana de Belo Horizonte RMBH. Belo Horizonte: EE-UFMG. Dissertação de Mestrado, 1997. 216 p.
- VERSIANI, B. R., COELHO, M. F. C. D., MAGALHÃES, P. H. V., SPERANDIO SÁ, A. Equações intensidade-duração-frequência para a região metropolitana de Belo Horizonte: estudo e nova abordagem. *In: XI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, II Simpósio de Hidráulica dos Países de Lingua Oficial Portuguesa*. Recife. Anais 1, 1995, 4v.
- VILLELA, S. M., MATTOS A. *Hidrologia Aplicada*. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, p. 245, 1977.
- WANG, Q. J. The POT model described by the generalized Pareto distribution with Poisson arrival rate. *In: J. Hydrol.*, n. 129, p. 263-280, 1991. apud LAURA, A. A., FERREIRA FILHO, W.,M. Uso de séries parciais para análise de frequência de chuvas intensas. *In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Vitória, nov, 1997. CD-ROM.
- WILKEN, P. S. Engenharia de Drenagem Superficial. São Paulo: CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978, 477p

ANEXO I

Mapa de Localização das Estações Pluviográficas



de de la company de la company

ANEXO II

Dados Utilizados

Dados da Estação Pluviográfica de Lagoa do Gouvea - 01845004 Intensidade (mm/h)

	AH	5 min	AH	10 min	AH	15 min	AH	30 min	AH	45 min	AH	1 h	AH	2 hs	AH	3 hs	AH	4 hs	AH	8 hs	AH	14 hs	AH	24 hs
1	75-76	240,0	75-76	156,0	75-76	116,0	75-76	63,6	75-76	48,4	75-76	38,2	75-76	20,8	75-76	27,5	75-76	12,1	75-76	7,4	76-77	4,5	76-77	3,2
2	75-76	124,8	75-76	126,0	75-76	85,2	75-76	72,0	75-76	51,5	75-76	38,7	76-77	29,0	75-76	15,2	76-77	15,8	76-77	7,9	76-77	4,9	77-78	3,1
3	75-76	122,4	76-77	138,0	75-76	102,0	75-76	61,6	75-76	50,7	75-76	40,0	76-77	22,0	76-77	20,9	76-77	12,5	76-77	8,5	77-78	5,3	77-78	3,7
4	75-76	120,0	76-77	123,6	75-76	83,6	75-76	58,4	76-77	48,5	76-77	36,8	77-78	21,0	77-78	19,7	76-77	16,9	77-78	9,1	77-78	4,5	77-78	3,4
5	75-76	120,0	77-78	120,0	75-76	86,0	76-77	66,0	76-77	42,7	76-77	36,0	78-79	24,5	77-78	17,0	77-78	14,0	77-78	7,7	77-78	6,1	77-78	4,0
6	76-77	192,0	78-79	101,4	75-76	82,8	76-77	60,8	76-77	42,7	77-78	42,0	78-79	28,4	78-79	18,3	77-78	12,8	77-78	8,8	78-79	4,5	78- 79	3,5
7	76-77	117,6	78-79	114,0	76-77	113,6	76-77	60,4	77-78	56,0	78-79	37,0	78-79	42,4	78-79	19,0	78-79	14,5	78-79	8,0	78-79	5,5	78-79	4,1
8	76-77	198,0	78-79	98,4	76-77	104,0	76-77	62,0	77-78	43,9	78-79	55,2	79-80	28,4	78-79	28,7	78-79	14,3	78-79	8,3	78-79	6,0	78-79	3,8
9	77-78	115,2	78-79	112,8	77-78	112,0	77-78	63,2	78-79	66,7	78-79	63,2	80-81	22,1	79-80	18,9	78-79	22,0	78-79	7,5	78-79	6,5	78-79	4,8
				180,0																				
11	78-79	110,4	80-81	104,4	78-79	94,0	78-79	78,0	78-79	46,1	79-80	56,5	82-83	36,8	80-81	17,3	80-81	13,5	78-79	11,3	80-81	4,5	80-81	3,3
12	78-79	132,0	82-83	100,8	78-79	90,0	78-79	68,4	79-80	74,4	80-81	39,6	82-83	20,6	82-83	24,7	80-81	13,3	79-80	7,1	82-83	5,3	82-83	3,1
13	78-79	146,4	82-83	105,6	78-79	82,0	79-80	104,4	80-81	49,6	82-83	65,0	82-83	27,5	82-83	19,7	82-83	18,5	80-81	7,5	82-83	4,6	82-83	3,8
				118,8																				
				118,8																				
16	79-80	108,0	83-84	110,4	82-83	80,4	82-83	66,8	82-83	53,6	82-83	56,2	90-91	23,2	84-85	15,7	84-85	12,3	82-83	8,1	82-83	4,5	82-83	6,5
. 17	79-80	103,2	83-84	109,2	82-83	78,8	82-83	72,0	82-8 3	68,0	84-85	35,4	90-91	23,1	90-91	15,5	84-85	11,9	82-83	16,8	83-84	4,5	82-83	3,3
18	80-81			108,0																				
	80-81			114,0																				
20	82-83	144,0	90-91	96,0	83-84	87,6	90-91	66,4	90-91	52,5	90-91	39,5	90-91	22,0	90-91	17,0	90-91	15,7	90-91	8,5	90-91	5,2	84-85	3,1
21	82-83	144,0	90-91	99,0	83-84	78,0	90-91	73,4	91-92	52,4	91-92	40,5	91-92	24,0	90-91	15,5	90-91	11,6	90-91	9,0	91-92	4,7	84-85	3,4
-22	-8 3-84	129,6	90-91	97,2	-84-85	-86,0	91-92	59,6	92-93	65,1	92-93	_50,8	_92-93	_26,5	91-92	20,1	91-92	17,0	91-92	10,3	91-92	6,8	90-91	3,2
23	83-84	180,0	90-91	116,4	90-91	120,0	92-93	84,4	93-94	51,6	93-94	39,4	92-93	21,3	92-93	17,8	92-93	13,4	92-93	11,0	92-93	6,3	91-92	4,0
24	84-85	156,0	91-92	106,8	90-91	96,0	92-93	74,6	93-94	47,1	93-94	47,4	93-94	28,2	93-94	18,7	92-93	15,2	92-93	8,4	92-93	4,9	92-93	5,/ 5.0
	90-91	132,0	92-93	162,0	90-91	120,0	93-94	68,2	93-94	53,3	93-94	45,4	93-94	25,0	93-94	20,6	93-94	16,9	93-94	8,9	93-94	5,1	93-94	3,8 4.2
26	92-93	184,8	92-93	132,0	92-93	138,4	93-94	59,2	93-94	46,5	93-94	35,0	93-94	23,3	93-94	16,7	93-94	12,5	93-94	10,4	93-94	6,6	93-94 02-04	4,5
27	92-93	158,4	93-94	148,8	92-93	125,6	93-94	58,8	94-95	48,3	94-95	40,0	94-95	21,6	93-94	17,7	93-94	14,9	93-94	7,3	93-94	3,3	93-94 04-05	5, l
28	93-94	201,6	93-94	100,8	93-94	132,8	94-95	58,4	94-95	47,5	94-95	41,6	94-95	27,4	94-95	18,3	94-95	14,2	94-95	/ , I	93-94	4,0	94-93	J, I

Dados da Estação Pluviográfica de Pitangui - 01944032 Intensidade (mm/h)

	AH	5 min	ΑIJ	10 min	ΔIJ	15 min	ΔН	30 min	AН	45 min	ΑH	1 h	AH	2 hs	AH	3 hs	AH	4 hs	AH	8 hs	AH	14 hs	AH	24 hs
1	74.75	2 HHH 127 2	74.75	120,0	74.75	03.6	74_75	60 N	75-76	453	75-76	40.0	75-76	23.2	74-75	14.2	75-76	14,0	74-75	7,9	74-75	5,1	74-75	3,2
1	74-13	127,2	74-13	120,0	74-13	02.0	75_76	65.2	75-76	51.5	75-76	44 6	76-77	29.5	75-76	17.8	76-77	14.7	76-77	8,4	76-77	4,9	76-77	3,7
2	74-13	132,0	74-13	104,4	75 76	92,0	75-70	74 N	76_77	61.3	76-77	54 9	76-77	24.0	76-77	19.6	76-77	13.8	78-79	13.6	78-79	8,3	76-77	3,2
3	13-10	130,8	13-10	102,0	75-70	00,0	70-11	74,0 62.0	76 77	50.2	76-77	AAA	78-79	25.0	76-77	17.5	78-79	24 7	78-79	8.2	78-79	4,6	78-79	5,6
4	75-76	204,0	75-76	111,6	15-10	8/,2	70-77	74.0	76 77	37,Z	79 70	47,T	78_70	26.0	78_79	16.7	78-79	15 A	78-79	8.0	78-79	4.7	78-79	3,3
5	76-77	192,0	76-77	102,0	75-76	88,0	/8-/9	74,0	70-//	40,7	70-17	50.0	70.20	26.7	78-70	20,7	78-79	15.7	79-80	10 4	78-79	4.5	78-79	3,0
6	78-79	151,2	76-77	120,0	76-77	96,0	/8-/9	72,0	70-79	/0,/	70-17	41.2	77°00	20,7	70-77	16.7	70-77	147	79_80	10,1	79-80	5.9	78-79	3.0
7	78-79	206,4	78-79	135,6	7 6- 77	108,0	78-79	90,0	/8-/9	48,0	70-79	41,2	70.00	22,2	70.00	10,7	70.80	1/1 2	70_80	22	79-80	7.4	79-80	3.5
8	78-79	115,2	78-79	163,2	78- 79	102,4	78-79	68,0	78-79	65,6	78-79	<i>5</i> 8,2	79-80	23,3	/ Y-0U	10,7	770 00	20.4	01 00	76	70-80	5 1	79-80	3 4
9	79-80	141,6	78-79	100,8	78-79	124,8	79-80	60,0	78-79	48,5	79-80	50,0	79-80	29,0	79-80	10,/	70.00	20,4 17.2	01-02	10.0	21_27	4.6	79-80	5 1
10	79-80	235,2	78-79	99,6	78-79	87,2	79-8 0	68,0	79-80	49,3	79-80	43,4	79-80	32,1	79-80	15,8	79-80	17,3	01-02	77	01-02	4,0 1.7	70-80	3 8
11	79-80	144,0	78-79	96,0	78-79	106,4	79-80	85,6	79-80	50,7	79-80	44,0	81-82	25,7	79-80	24,1	81-82	10,9	82-83	7,7	01-02	4,7	01 02	3,0 3.0
12	21-22	223.2	78-79	96.0	78-79	81.6	79-80	64.2	79-80	57,5	79-80	42,0	82-8 3	21,3	79-80	23,1	82-83	15,4	82-83	1,5	01-02	0,5	01-02	3,0
13	81-82	148 ጸ	79-80	168.0	79-80	152.0	79-80	63.2	79-80	45,6	79-80	50,0	82-8 3	20,4	81-82	21,9	82-83	14,1	82-83	9,0	82-83	4,0	01-02	3,3
14	82-83	1176	79-80	108.0	79-80	84.0	82-83	74.0	79-8 0	63.2	81-82	37,4	82-8 3	28,5	82-83	15,7	82-83	15,1	84-85	1,3	82-83	3,2	01-02	3,2
15	82-83	160 8	81-82	1416	81-82	100.0	82-83	58.0	82-83	53.3	82-8 3	40,8	84-85	22,7	82-8 3	21,1	84-85	14,9	84-83	1,5	82-83	3,1	02-03	3,5
16	84-85	120.0	82-83	105.6	82-83	81.6	84-85	57.2	82-83	45.1	82-8 3	39,0	84-85	32,3	84-85	16,0	84-85	19,7	84-85	10,4	84-83	3,2	04-05	7,5
17	01.05	1የሰ ሰ	Q1Q5	102.0	21_25	94 0	24-25	59 2	84-85	45 1	84-85	39.0	84-85	40.9	84-85	25.1	84-85	21,3	84-82	11,1	04-03	υ, 🤊	04-02	7,1
18	84-85	120,0	84-85	102,0	84-85	104,0	84-85	90,0	84-85	73,3	84-85	67,4	84-85	21,8	84-85	27,9	84-85	13,8	84-85	7,7	84-85	6,3	84-85	3,7

Dados da Estação Pluviográfica de Papagaios - 01944049 Intensidade (mm/h)

	AН	5 min	AH	10 min	AH	15 min	AH	30 min	AH	45 min	AH	1 h	AH	2 hs	AH	3 hs	AH	4 hs	AH	8 hs	AH	14 hs	AH	24 hs
1	76-77			90.0	75-76	77,6	76-77	64,4	76-77	52,0	76-77	38,6	76-77	23,2	76-77	17,1	76-77	13,7	76-77	7,4	76-77	4,3	76-77	2,8
2	76-77	122.4	76-77	123,6	76-77	80,0	77-78	66,8	77-78	56,5	76-77	86,0	76-77	23,8	76-77	17,7	76-77	13,4	76-77	7,4	76-77	4,6	76-77	2,7
3	77-78	240.0	77-78	180,0	76-77	84.0	77-78	100,0	77-78	93,6	77-78	46,7	76-77	46,0	76-77	34,1	76-77	26,5	76-77	14,0	76-77	4,4	76-77	3,5
4	77-78	120.0	78-79	162,0	77-78	128.8	78-79	92,8	78-79	72,5	77-78	74,0	77-78	25,6	77-78	17,8	77-78	13,8	76-77	7,2	76-77	9,6	76-77	6,6
5	78-79	204.0	78-79	102,0	78-79	124.0	78-79	55,0	78-79	43,5	78-79	50,8	77-78	24,6	77-78	18,0	77-78	13,6	77-78	12,1	76-77	4,2	76-77	2,7
6	78-79	168.0	78-79	117,6	78-79	95.2	78-79	59,6	78-79	50,9	78-79	40,0	77-78	40,0	77-78	27,4	77-78	21,8	78-79	9,4	77-78	7,3	77-78	5,0
7	78-79	120.0	79-80	129,6	78-79	88.0	78-79	67,2	79-80	70,7	78-79	40,0	78-79	29,1	78-79	20,3	78-79	17,3	78-79	8,2	78-79	5,6	78-79	3,3
8	78-79	153.6	80-81	147,6	78-79	100.0	79-80	72,4	80-81	68,0	79-80	57,0	78-79	24,9	78-79	24,8	78-79	19,4	78-79	11,7	78-79	5,9	78-79	3,5
9	78-79	163.2	90-91	102,0	79-80	96.8	80-81	90,0	90-91	49,6	80-81	54,4	79-80	31,5	79-8 0	22,9	78-79	15,2	78-79	8,2	78-79	6,9	78-79	4,5
10	78-79	117.6	90-91	97,2	80-81	128.0	90-91	65,0	90-91	53,3	81-82	35,9	80-81	31,7	79-80	17,0	79-80	18,4	78-79	7,4	78-79	5,0	78-79	2,9
11	79-80	144.0	90-91	121,2	90-91	80.0	90-91	60,0	90-91	57,3	90-91	41,8	81-82	23,5	80-81	16,1	79-80	14,0	79-80	9,2	78-79	6,3	78-79	3,9
12	80-81	175.2	92-93	121,2	90-91	78,8	90-91	71,2	90-91	66,7	90-91	49,0	81-82	26,4	80-81	21,7	80-81	16,3	79-80	7,0	79-80	5,3	79-80	3,2
13	81-82	160.8	92-93	168,0	90-91	77.6	90-91	77,2	90-91	53,7	90-91	46,2	90-91	23,2	81-82	20,1	81-82	16,4	80-81	8,1	80-81	4,6	80-81	2,9
14	90-91	115.2	92-93	99,6	90-91	88,0	92-93	64,8	92-93	44,5	90-91	65,0	90-91	26,0	81-82	17,0	81-82	13,3	81-82	8,9	81-82	5,2	81-82	2,9
15	90-91	110.4	92-93	104,4	90-91	120,0	92-93	98,4	92-93	69,3	90-91	40,9	90-91	23,7	90-91	17,3	90-91	13,3	81-82	7,3	90-91	4,3	81-82	3,0
16	90-91	110.4	92-93	94,8	92-93	124,8	92-93	60,0	92-93	56,0	92-93	50,2	90-91	33,7	90-91	25,2	90-91	13,0	90-91	7,6	90-91	4,4	81-82	4,0
17	92-93	156.0	93-94	109,2	92-93	160,0	92-93	60,0	92-93	48,5	92-93	45,8	92-93	25,4	92-93	17,0	90-91	22,5	90-91	7,6	90-91	8,4	90-91	5,7
18	92-93	216.0	93-94	109,2	92-93	76,0	92-93	64,4	92-93	59,2	- 92-93	37,5	92-93	28,7	92-9 3	-19,-1	92-93	14,4	90-91	-13,8	92-93	4,5	92-93	2,8
19	92-93	134.4	93-94	120,0	93-94	72,0	93-94	70,0	93-94	50,4	92-93	47,3	92-93	41,1	92-93	34,7	92-93	27,3	92-93	7,2	92-93	8,2	92-93	4,8
20	93-94	168.0	94-95	108,0	93-94	96.0	93-94	88,0	93-94	64,4	93-94	47,0	93-94	29,6	93-94	19,7	93-94	14,8	92-93	14,2	93-94	4,2	93-94	3,4
21	93-94	182.4	94-95	96,0	94-95	74.4	94-95	62,8	94-95	44,3	93-94	50,0	93-94	27,4	93-94	19,3	93-94	15,1	93-94	7,4	93-94	4,8	93-94	3,0
22	94-95	132,0	94-95	108,0	94-95	73,2	94-95	59,2	94-95	56,8	94-95	46,6	94-95	24,3	94-95	17,4	94-95	13,1	93-94	7,7	93-94	5,1	94-95	4,2

Dados da Estação Pluviográfica de Entre Rios de Minas - 02044007 Intensidade (mm/h)

	ΑН	5 min	AН	10 min	AH	15 min	AH	30 min	AH	45 min	AH	1 h	AH	2 hs	AH	3 hs	AH	4 hs	AH	8 hs	AH	14 hs	AH	24 hs
1	74-75	115.2	74-75	105.6	75-76	120.0	74-75	59.2	74-75	43,3	74-75	33,6	74-75	20,3	74-75	13,6	74-75	10,5	74-75	6,5	74-73	4,2	/0-//	3,0
2	74-75	122 4	74-75	99 6	75-76	112.0	75-76	65.2	75-76	44,4	74-75	34,8	74-75	19,6	74-75	13,8	75-76	12,6	75-76	6,3	/0-//	5,1	11-10	3,9
3	74-75	1164	74-75	110 4	75-76	109.6	75-76	72.0	75-76	49,5	75-76	33,8	75-76	23,7	<i>75-</i> 76	16,7	75-76	11,5	75-76	6,4	//-/8	8,3	11-10	3,0
4	75-76	180 O	75-76	121 2	75-76	92.0	75-76	60.8	75-76	43,2	75-76	39,4	75-76	22,3	75-76	15,2	76-77	13,4	76-77	6,2	//-/8	0,0	18-19	2,0
5	75-76	1776	75-76	108.0	76-77	115.2	75-76	53.2	76-77	42,9	77-78	35,6	76-77	19,5	76 - 77	15,5	77-78	20,0	76-77	8,7	77-78	4,0	/8-/9	4,0
6	75-76	168.0	75-76	118.2	76-77	81.6	76-77	64.2	77-78	46.1	77-78	33,8	77-78	27,8	77-78	22,2	77-78	20,8	77-78	10,4	78-79	4,4	/8-/9	2,1
7	75-76	115.2	75-76	115.2	77-78	120.0	76-77	52.0	77-78	44.0	<i>77-7</i> 8	54,4	77-78	40,0	77-78	27,4	78-79	15,5	78-79	7,7	78-79	5,6	18-19	2,1
8	75-76	1176	76-77	103.2	77-78	112.0	77-78	62,4	77-78	63,6	<i>77-</i> 78	34,8	77-78	20,5	<i>77-</i> 78	13,7	78-79	11,1	7 8- 79	9,4	78-79	4,6	79-80	5,1
9	76-77	168 0	77-78	115.2	77-78	121.6	77-78	60.0	<i>77-7</i> 8	45,6	78-79	57,4	78- 79	30,6	78-79	20,6	78 - 79	12,7	78-79	7,8	/8-/9	4,1	19-80	2,1
10	77-78	204.0	77-78	162.0	77-78	132.0	77-78	80,0	78-79	66,7	78-79	36,6	78-79	19,7	78-79	15,0	79-80	12,5	78-79	6,8	79-80	4,5	79-80	2,8
11	77-78	240.0	77-78	1800	78-79	119.2	77-78	67.4	78-79	47.1	<i>79-</i> 80	35,4	79-8 0	19,5	78- 79	13,8	79-80	12,2	79-80	7,9	79-80	4,0	79-80	2,1
12	78-79	228 0	78-79	138.0	78-79	80.0	78-79	83.6	79-80	41,9	80-81	59,0	79-80	24,2	79-80	16,2	80-81	12,2	79-80	8,3	79-80	4,8	81-82	3,1
13	78-79	144 0	78-79	1140	78-79	80.0	78-79	62.8	80-81	49,2	80-81	40,4	80-81	20,4	80-81	15,3	80-81	19,8	80-81	12,4	81-82	5,2	01-02	3,2
14	78-79	165 6	78-79	120.0	78-79	90.4	79-80	54.8	80-81	50,9	80-81	41,8	80-81	32,1	80-81	23,7	80-81	11,5	80-81	6,4	81-82	4,7	01-02	2, 1
15	78-79	175 2	78-79	105.6	80-81	96.0	80-81	80.0	80-81	53,6	81-82	56,5	80-81	21,8	80-81	15,1	80-81	11,1	81-82	9,1	81-82	4,2	01-02	3,3
16	79-80	192.0	79-80	104 4	80-81	124.0	80-81	58.0	81-82	73,7	81-82	33,0	80-81	22,2	80-81	14,8	81-82	16,6	81-82	6,9	81-82	4,4	01-02	3,1
17	20-21	156.0	79-80	121 2	80-81	93.6	80-81	71.6	81-82	43,9	81-82	35,9	81-82	28,6	81-82	21,1	81-82	11,7	81-82	6,9	81-82	5,5	02-03	2,0
12	20_21	144 0	<u> የ</u> ሰ_ዩ 1	132.0	81-82	126 4	81-82	92.0	81-82	47.3	82-83	42.5	81-82	19,5	81-82	14,1	81-82	13,2	81-82	6,8	82-83	4,2	02-03	2,1
19	81-87	172.8	81-82	150.0	81-82	100.0	81-82	60.0	82-83	55,9	82-83	50,0	81-82	24,2	81-82	16,5	82-83	11,0	82-83	6,5	82-83	3,9	02-03	4,5
20	81-82	120.0	81-82	122.4	81-82	111.6	81-82	68.8	82-83	64,0	83-84	53,4	82-8 3	21,7	82-83	14,7	82-83	12,0	82-83	6,9	83-84	3,1	03-04	5,5
21	82-83	156.0	81-82	118.8	82-83	110.4	82-83	78.0	83-84	59,5	84-85	44,0	82-83	26,6	82-8 3	17,7	82-83	13,5	83-84	10,0	84-83	5,1	84-83	3,0
22	82-83	2160	82-83	127.2	82-83	128.8	82-83	85.2	84-85	51,6	84-85	34,0	83-84	36,7	83-84	13,5	83-84	20,0	84-85	6,9	84-83	4,9	04-02	2,7
23	24-25	146 4	82-83	126.0	83-84	108.8	83-84	68.4	84-85	43,9	90-91	32,9	84-85	31,6	83-84	25,8	84-85	16,3	84-85	8,6	84-85	5,5	84-82	3,0
24	91-92	153.6	82-83	102.0	91-92	85.6	84-85	62.0	91-92	60,8	91-92	33,3	84-85	24,3	84-85	21,4	84-85	12,5	84-85	8,1	90-91	4,3	70-71	2,0
25	91-92	158 <i>4</i>	84-85	1116	91-92	108.0	91-92	62.8	93-94	46.0	91-92	46,4	90-91	20,5	84-85	16,6	84-85	12,6	84-85	0,4	91-92	4,3	30-31	2,0
26	93-94	136,8	91-92	118,8	93-94	98,4	93-94	64,8	93-94	·66 , 7	93-94	34,6	91-92	22,0	90-91	13,7	91-92	11,9	90-91	6,4	93-94	4,0	91-92	3,1
27	93-94	132,0	91-92	111,5 118,8 128,4	93-94	147,2	93-94	89 ,0	93-94	49,1	93-94	53,4	91-92	23,3	91-92	15,4	91-92	11,7	91-92	6,8	93-94	4,0	93-94	2,8
28	94-95	139.2	93-94	142.8	93-94	97.6	93-94	69,6	94-95	48,5	93-94	37,3	93-94	27,0	91-92	15,5	93-94	14,1	93-94	/,1	93-94	4,3	73-74	J,1 .
29	94-95	158 4	94-95	102.0	94-95	100.0	94-95	53.2	94-95	41,5	94-95	58,8	93-94	19,2	93-94	18,6	93-94	10,6	93-94	7,3	93-94	4,3	94-93	4,1
30	94-95	146,4	94-95	106,8	94-95	92,0	94-95	63,4	94-95	45,6	94-95	34,9	94-95	32,7	94-95	23,7	94-95	18,5	94-95	10,6	94-95	6,2	94-9 5	3,3

Dados da Estação Pluviográfica de Piumhi - 02045012 Intensidade (mm/h)

	AH	5 min	AH	10 min	AH	15 min	AH	30 min	AH	45 min	AH	1 h	AH 75.76	2 hs	AH 75-76	3 hs	AH 75-76	4 hs	AH 75-76	8 hs 9.6	AH 75-76	14 hs 5.7	AH 75-76	24 hs 3,4
1	75-76	136,9	75-76	108,0	75-76	108,0	76-77	85,6	75-76	40,/	13-10	20,0 20.0	75-70 76.77	32,1 33 A	75-76	177	75-76	14 3	75-76	7.6	75-76	4,7	75-76	3,9
2	76-77	125,9	75-76	116,4	75-76	83,2	76-77	60,4 62,0	77.70	01,0	70-77	39,0 40 Q	76-77	25,5	76-77	17.0	76-77	12.8	75-76	8.0	75-76	4,7	75-76	3,3
3	76-77	114,8	75-76	100,8	75-76	88,8	77-78	57,0	77-70	, 43,3 56.5	70-77 77 70	45,0	77-78	27.0	77-78	18.4	77-78	13.8	76-77	7.7	77-78	4,9	76-77	3,5
4	76-77	123,6	75-76	105,6	76-77	120,0	77-78	56,4	70 70	30,3 41.1	7770	45,2 40 A	77-78	24.0	77-78	16.8	77-78	12.6	77-78	7.4	77-78	4,6	77-78	3,8
5	76-77	220,8	76-77	126,0	76-77	116,0	/8-/9	56,4 68,8	70-79	41,1 46.0	70.90	47,4 44.7	77-78	25.6	77-78	17 1	77-78	12.8	77-78	7.3	78-79	5,3	77-78	3,3
6	77-78	161,2	76-77	158,4	77-78	100,0	78-79	57,2	70.00	40,0	70 90	37 O	79-70	23,0	78-79	16.8	78-79	12.9	77-78	7.6	78-79	4,9	78-79	3,2
7	77-78	178,8	77-78	104,4	78-79	92,8	79-80	31,2	70.00	47,3 45.0	70.90	37,0 37.5	70-20	25, 4	79-80	17.6	79-80	13.2	78-79	7.9	79-80	4,6	78-79	2,9
8	77-78	121,4	77-78	108,0	78-79	133,6	79-80	66,0	79-80 70-80	43,7 42.7	70.90	37,J 37 0	70_20	24 1	79-80	16.3	79-80	12.3	79-80	7.3	79-80	5,2	79-80	3,0
9	77-78	132,5	77-78	114,0	78-79	96,0	79-80	61,6	70.90	43,7	77-0U 00 01	51,7	20-81	27,1	79-80	16.5	79-80	13.2	80-81	10.4	80-81	6,4	79-80	3,1
10	78-79	132,5	78-79	129,6	79-80	88,8	80-81	92,0	77-80	41,2 610	00-01	31,7 4 9 1	82-83	26.3	20-21	18.4	80-81	14.6	82-83	8.4	82-83	4,7	80-81	3,8
11	78-79	194,3	78-79	139,2	79-80	110,4	82-83	61,2 98,4	90-91	04,0 52.6	02-03	40,1 60.2	82-83	20,5 32.6	82-83	17.6	82-83	13.2	82-83	7.6	82-83	6,1	82-83	5,0
12	78-79	194,3	78-79	120,0	79-80	94,0	82-83	98,4 76,8	02-03	23,0 72.3	02-03 92-93	19.3	82-83	27.7	82-83	21.8	82-83	15.7	82-83	7,6	82-83	6,1	82-83	4,3
13	79-80	117,0	79-80	132,0	79-80	83,2	82-83	70,8 97,6	02-03	12,3 57 6	02-03 02-03	40,5 51 5	82-83	29.0	82-83	18 4	82-83	14.2	82-83	7.4	82-83	6,8	82-83	3,2
14	79-80	159,0	79-80	108,0	80-81	110,4	82-83	97,6 75,2	02-03	37,0 69.0	92-93	54.3	82-83	30.6	82-83	19.3	82-83	14.5	82-83	9,1	82-83	4,8	82-83	4,0
15	80-81	114,8	80-81	110,4	82-83	118,4	82-83	73,2	02-03	~64.2	QA_Q5	27 1	84-85	28.3	82-83	21.0	82-83	16.3	82-83	8,5	84-85	4,7	82-83	3,7
16	80-81	178,8	80-81	111,6	82-83	96,8	84-83	59,8	04-03	04,5 44 Q	Q4-03	37,1 44 Q	24-85	24.7	84-85	25.5	84-85	21.7	84-85	7,8	84-85	8,1	84-85	3,3
17	82-83	119,2	82-83	148,8	82-83	156,0	84-83	59,8 76,0	04-02	44,0 55.2	94-95	77,7 28 6	0A-03	23.8	84-85	16.4	84-85	12.6	84-85	13.0	90-91	5,3	84-85	5,6
18	82-83	214,2	82-83	117,6	82-83	85,2	90-91	68,0	00.01	33,Z 55.7	04-03	15.6	00-71 00-01	23,6 32 A	90-91	22 1	90-91	17.4	90-91	9.5	90-91	4,7	90-91	3,0
19	82-83	119,2	82-83	175,2	82-83	123,2	90-91	08,0	90-91	33,7 40.1	00 01	20.5	00-01	22,7	90-91	16.3	90-91	12.8	92-93	8.1	92-93	5,8	92-93	3,6
20	82-83	223,0	82-83	134,4	90-91	88,0	90-91	68,4	7U-71	47,1 .	7U-71	37,3 16 6	00-71 00-01	22,2 22 A	00-21	16.3	90-91	14.0	94-95	7.4	94-95	6.6	94-95	4,5
21	82-83	147,9	84-85	99,6	90-91	100,0	92-93	63,2	70-71	30,9	7U-71	40,0	70*71 02 02	22,7	02-03	175	02-03	13.9	94-95	7.3	94-95	4.7	94-95	2,9
22	90-91	159,0	90-91	108,0	94-95	88,0	93-94	80,0	92 - 93	42,8	7U-71	42,4	フムープン	42,0	74-73	17,5	14-13	10,7		, ,		7		•

Dados da Estação Pluviográfica de Santo Antônio do Monte - 02045013 Intensidade (mm/h)

	AH	5 min	AH	10 min	AH	15 min	AH	30 min	AH	45 min	AH	1 h	AH	2 hs	AH	3 hs	AH	4 hs	AH	8 hs	AH	14 hs	AH	24 hs
1	75-76	192 N	75-76	1416	75-76	95.6	76-77	62.6	76-77	41.9	77-78	43,6	77-78	24,5	77-78	18,5	77-78	14,3	76-77	6,6	75-76	3,6	75-70	3,9
2	75-76	1206	76-77	99.6	76-77	100.0	76-77	59.4	76-77	39.7	77-78	35,6	77-78	23,2	77-78	17,2	77-78	14,0	77-78	1,2	/0-//	4,7	//-/0	3,0
3	76_77	127,0	76-77	126.0	76-77	96.0	77-78	76,8	77-78	56.7	78-79	35,6	78-79	21,6	78-79	17,0	78-79	13,2	77-78	7,9	77-78	4,3	78-79	3,5
.1	76_77	124,0 156 A	76-77	116 4	77-78	102 4	77-78	53,6	77-78	44.5	78-79	43.3	78-79	24,8	78-79	16,6	78-79	12,5	78-79	9,0	77-78	4,8	78-79	3,1
4	70-77	120,0	70-77	110,4	78_70	02,4	78-79	64,0	78-79	44 9	78-79	41.0	78-79	27.6	78-79	19.8	78-79	15,1	78-79	6,6	78-79	5,6	78-79	4,7
2	70-77 70 70	120,0	70 70	110,4	70-77	92,0 06.8	7870	62,4	78-79	56.0	79-80	57.2	78-79	22.1	78-79	19.1	78-79	18.6	78-79	7,6	78-79	4,9	79-80	2,9
0	/8-/9 70.70	120,0	70-17	100,0	70-17	70,0 100.0	70 90	80,0	78_70	51.2	79-80	46.0	79-80	25.0	79-80	20.3	79-80	15.4	78-79	11.8	78-79	7.4	79-80	3,2
7	78-79	117,0	78-79	78,4	79-80	100,0	77-00	83,6	79 70	11,2	Q1_Q7	46,0 66.0	70_20	33.0	79-80	23.4	79-80	18 1	79-80	7 8	79-80	4.7	79-8 0	4,9
8	78-79	136,8	78-79	105,6	/9-80	93,0	79-80	80.0	70 00	41,5 20.7	01-02	21 1	70_80	33,7 37 0	70_20	20,4 30 <i>A</i>	79-80	23.2	79-80	9.4	79-80	5.9	81-82	4.4
9.	- 78 - 79	115,2	79-80	102,0	81-82	128,0	81-82	80,0	79-80	37,1 74.7	01-04	20.0	01 07	25.0	91.93	10.7	Q1_Q2	110	79_80	67	79-80	47	81-82	4.5
10	78-79	115,2	81-82	132,0	82-83	84,0	82-83	63,2	79-80	/4,/	02-03	37,0 22.0	01-02	40.4	01-02	27.0	01-02 01 02	21.1	70-80	117	79-80	7.0		•
11	79-80	112,8	82-83	113,4	82-83	98,8	82-83	57,4	79-80	28,4	82-83	33,8	01-02	40,4	01-04	15.5	01-02	125	01 01	10.0	70-80	1,0 17	82-83	3 3
12	79-80	110,4	82-83	120,0	82-83	88,0	82-83	54,6	81-82	80,0	82-83	33,3	81-82	21,0	01-04	10,0	01-04	14,5	01-02	10,0	Q1_Q2	4, <i>r</i>	82-83	4 R
13	81-82	110,4	82-83	117,6	82-83	91,2	83-84	78,0	82-83	49,1	83-84	43,8	82-83	23,4	82-83	10,0	02-03	14,0	01-02	75	Q1 Q2	6.8	82-83	4,0 4 3
14	81-82	168,0	83-84	98,4	83-84	124,0	84-85	100,0	83-84	58,0	84-85	54,2	82-83	23,3	82-83	10,3	82-83	12,2	01-02	1,3	01-02	5.4	Q4.Q5	2.0
15	82-83	169,2	83-84	162,0	83-84	97,6	84-85	63,8	84-85	70,7	84-85	31,4	83-84	22,0	82-83	13,8	82-83	11,/	82-83	8,3	01-04	5.4	04-0J 04 Q5	2,7 A 3
16	83-84	240.0	23_24	1በዩ በ	83-84	84 4	84-85	93.4	84-85	45.1	84-85	34.2	84-85	27,7	83-84	14,7	83-84	11,0	82-83	0,0	82-83	5,5	04-02	4,2
17	92 94	1161	Q1.Q5	103.2	21_25	120.0	90-91	57.6	84-85	40 0	84-85	44.4	84-85	25.5	84-85	18.5	84-85	13,9	82-83	7,5	82-83	3,1	04-02	3,0
12	84_85	228 0	24-25	170 4	84-85	1160	90-91	72.4	84-85	66.8	84-85	58,2	84-85	19,5	84-85	17,7	84-85	13,6	84-85	0,9	82-83	3,0	70-71	4,0
10	24_25	216.0	24_25	1116	84-85	95.2	91-92	61.2	90-91	40.0	90-91	31,4	84-85	35,6	84-85	14,/	84-85	12,1	84-83	0,0	04-03	2,3	70-71	5,5
20	90-91	148 R	84-85	1140	84-85	152.4	91-92	54.4	90-91	49.1	90-91	50,0	90-91	31,0	84-85	25,1	84-85	19,8	84-83	7,0	84-83	0,1	71-72	2,0
21	91-92	204.0	84-85	169 2	90-91	112.0	91-92	64.4	91-92	41,6	91-92	36,0	91-92	19,7	90 - 91	21,7	90-91	17,5	84-85	10,2	90-91	3,3	71-72	3,4
22	91_92	144 0	90_91	102 0	91-92	108 4	91-92	53,6	91-92	53.3	91-92	44.0	91-92	23,5	91-92	15,9	91-92	11,9	90-91	8,8	90-91	5,3	91-92	3,6
72	01-05	137 A	01-07	1 <i>AA</i> A	01_07	25 6	91-97	53,0	91-92	50.7	91-92	45.4	91-92	26.2	91-92	17.7	91-92	13.7	91-92	7,1	91-92	4,3	94-95	4,0
23	94-33 04 05	152,0	01-92	122.2	01-05	103.7	94_95	75,6	94-95	56 N	94-95	41 9	94-95	26.6	94-95	18.4	94-95	14.1	94-95	7,1	94-95	4,7	94-95	2,9
24	フサーブン	107,2	フサーフン	133,2	74-73	103,2	74-73	15,0	74 75	20,0	7.70	• • • •		,-		- - , -	- 	,		•		-		

ANEXO III

Teste de Mann-Kendal

Teste de Mann-Kendal

Neste teste, a hipótese nula é de que todos os valores X_i , i = 1, ..., n, da série foram sorteados aleatoriamente e da mesma população. Se a hipótese nula é verdadeira, as n! permutações dos X's obtidos tem igual probabilidade de formarem a série temporal realmente obtida. No entanto, se houver uma tendência monótona no processo de sorteio dos X's, as permutações que formarem séries monótonas serão mais prováveis. (Eletrobrás, 1987).

No caso de séries com mais de 10 valores, o teste pode ser aplicado satisfatoriamente através da estatística:

$$MK = \frac{S-1}{\left(\frac{n.(n-1).(2n+5)}{18}\right)^{0,5}}$$
 (24)

onde,

$$I = \sum_{i=1}^{n-1} s_i, \text{ sendo } s_i \text{ o número } X_j > X_i \qquad (i < j \le n)$$

$$T = \sum_{i=1}^{n-1} t_i \text{, sendo } t_i \text{ o número } X_j < X_i \qquad (i < j \le n)$$

$$S = T - I$$

A estatística MK é comparada com os valores críticos, para vários níveis de significância, apresentados na tabela abaixo. Sendo | MK | < | MK crítico | a hipótese nula é verdadeira.

α	0,005	0,010	0,025	0,050	0,100
MK _{critico}	2,58	2,33	1,96	1,64	1,28

Valores calculados da estatística MK

	Estações					
Duração	01845004	01944032	01944049	02044007	02045012	02045013
5 min	0,790	0,114	0,141	0,214	0,545	1,067
10 min	1,304	0,038	1,354	0,946	1,128	1,067
15 min	1,185	0,265	1,100	0,553	0,085	0,744
30 min	0,059	0,606	0,733	1,213	1,297	0,719
45 min	0,198	0,038	0,902	1,267	0,733	0,769
1 Hora	0,612	1,136	0,479	1,088	0,508	0,372
2 Horas	0,217	0,303	0,529	1,178	0,423	0,546
3 Horas	0,869	1,629	0,197	1,053	0,000	0,695
4 Horas	0,119	0,530	0,508	0,054	1,100	1,067
8 Horas	0,968	0,606	0,508	0,696	0,028	0,198
14 Horas	0,948	1,098	0,197	0,696	0,931	0,124
24 Horas	0,217	1,288	0,677	0,303	0,169	0,967

MK - Máximo 1,304 1,629 1,354 1,267 1,297 1,067

ANEXO IV

Distribuições de Frequência

FÓRMULAS PARA ESTIMATIVA DA POSIÇÃO DE PLOTAGEM PARA AMOSTRAS ORDENADAS

Fórmula	Autor	Aplicação		
$\frac{i}{n+1}$	Weibull	Todas as distribuições		
i - 0,44	Gringarton	Distribuição de Gumbel		
n + 0,12	Gringorten	Distribuição de Gumbel		
i - 0,375	Blom	Distribuição Normal e Log-Normal		
n + 0.25	Biolii			
$\frac{i-0.5}{n}$	Hazen	Distribuição Gama 3 parâmetros		

Fonte: Lanna (1993)

i = posição na amostra ordenadan = tamanho da amostra

MOMENTOS-L

Os momentos-L foram apresentados por Hosking (1986) como sendo combinações lineares dos momentos ponderados por probabilidade de uma variável aleatória X, ou simplesmente MPP's. Esses momentos foram definidos por Grenwood e al. (1979) como:

$$M_{p,r,s} = E\{X^p[F_r(x)]^r[1-F_r(x)]^s\}$$
 (1)

Os MPP's $\alpha_r = M_{1,0,r}$ e $\beta_r = M_{1,r,0}$ representam casos especiais de relevância particular para a inferência estatística. Com efeito, considerando-se uma distribuição cuja função de quantis seja dada por x(p), após algumas considerações pode-se expressar α_r e β_r da seguinte forma:

$$\alpha_r = \int_0^1 x(p) (1-p)^r dp$$
 , $\beta_r = \int_0^1 x(p) p^r dp$ (2)

Comparando as equações acima com a definição de momentos convencionais, ou seja $E(X^r) = \int_0^1 [x(p)]^r dp$, observa-se que esses implicam em potências sucessivamente crescentes da função de quantis x(p), enquanto que α_r e β_r implicam em potências sucessivamente crescentes de p ou (1-p), dessa forma, os MPP's α_r e β_r podem ser vistos como integrais de x(p), ponderadas pelos polinômios p^r ou $(1-p)^r$.

Diversos autores utilizaram os MPP's α_r e β_r como base para a estimação de parâmetros de distribuições de probabilidades. Hosking & Wallis (1997) ponderam, entretanto, que α_r e β_r são de interpretação dificil, em termos das medidas de escala e forma de uma distribuição

de probabilidades, e sugerem, para esse efeito, certas combinações lineares de α_r e β_r . Ainda segundo Hosking & Wallis (1997), essas combinações advém da ponderação das integrais de x(p) por um conjunto de polinômios ortogonais, denotados por $P_r^*(p)$, r = 0,1,2,..., definidos pelas seguintes condições:

(i) $P_r^*(p)$ é um polinômio de grau r em p.

(ii)
$$P_r^*(1) = 1$$

(iii)
$$\int_{0}^{1} p_{r}(p)P_{s}(p)dp = 0, \text{ para } r \neq s \text{ (condição de ortogonalidade)}$$

Essas condições definem os polinômios de Legendre, devidamente modificados para a condição de ortogonalidade no intervalo $0 \le p \le 1$ e não $-1 \le p \le 1$, como em sua formulação original. Formalmente, esses polinômios são dados por

$$P_r^*(p) = \sum_{k=0}^r l_{r,k}^* p^k$$
onde $l_{r,k}^* = (-1)^{r-k} \binom{r}{k} \binom{r+k}{k} = \frac{(-1)^{r-k} (r+k)!}{(k!)^2 (r-k)!}$

De posse das definições acima, os momentos-L de uma variável aleatória X podem ser agora conceituados como sendo as quantidades

$$\lambda_r = \int_0^1 \mathbf{x}(p) P_{r-l}^*(p) dp \tag{4}$$

Em termos dos MPP's, os momentos-L são dados por

$$\lambda_{r+1} = (-1)^r \sum_{k=0}^r l_{r,k}^* \ \alpha_k = \sum_{k=0}^r l_{r,k}^* \ \beta_k \tag{5}$$

Os primeiros quatro momentos-L são, portanto,

$$\lambda_1 = \alpha_0 = \beta_0$$
 (média ou momento-L de posição) (6)

$$\lambda_2 = \alpha_0 - 2\alpha_1 = 2\beta_1 - \beta_0 \text{ (momento-L de escala)} \tag{7}$$

$$\lambda_3 = \alpha_0 - 6\alpha_1 + 6\alpha_2 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0 \tag{8}$$

$$\lambda_4 = \alpha_0 - 12\alpha_1 + 30\alpha_2 - 20\alpha_3 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0 \tag{9}$$

Em termos de medidas de forma das distribuições, torna-se mais conveniente que os momentos-L sejam expressos em quantidades adimensionais. Essas são representadas pelos quocientes de momentos-L, dados por

$$\tau_r = \frac{\lambda_r}{\lambda_2}, r = 3,4,... \tag{10}$$

Dessa forma, τ₃ e τ₄ são, respectivamente, as medidas de assimetria e curtose, independentes da escala da distribuição de probabilidades. Pode-se definir, também em

termos de momentos-L, uma medida análoga ao coeficiente de variação, qual seja

$$L - CV = \tau = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$
 (11)

A estimação dos MPP's e momentos-L, a partir de uma amostra finita de tamanho n, inicia-se com a ordenação de seus elementos constituintes em ordem crescente, ou seja $x_{1:n} \le x_{2:n} \le ... \le x_{n:n}$. Um estimador não-enviesado, ou não tendencioso, do MPP β_r pode ser escrito como

$$b_r = \hat{\beta}_r = \frac{1}{n} \sum_{j=r+1}^n \frac{(j-1)(j-2)..(j-r)}{(n-1)(n-2)..(n-r)} x_{j:n}$$
(12)

Dessa forma, os estimadores de β_r , $r \le 2$, são dados por

$$b_0 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} x_{j:n} \tag{13}$$

$$b_1 = \frac{1}{n} \sum_{j=2}^{n} \frac{(j-1)}{(n-1)} x_{j:n}$$
 (14)

$$b_2 = \frac{1}{n} \sum_{j=3}^{n} \frac{(j-1)(j-2)}{(n-1)(n-2)} x_{j:n}$$
 (15)

Analogamente às equações (6) a (9), os estimadores não-enviesados de λ, são os momentos-L amostrais, esses definidos pelas seguintes expressões:

$$\ell_1 = b_0 \tag{16}$$

$$\ell_2 = 2b_1 - b_0 \tag{17}$$

$$\ell_3 = 6b_2 - 6b_1 + b_0 \tag{18}$$

$$\ell_4 = 20b_3 - 30b_2 + 12b_1 - b_0 \tag{19}$$

$$\ell_{r+1} = \sum_{k=0}^{r} l_{r,k}^{*} b_{k}; \ r = 0,1,...,n-1$$
 (20)

Na equação (20), os coeficientes $l_{r,k}^*$ são definidos tal como na equação (3). Da mesma forma, os quocientes de momentos-L amostrais são dados por

$$t_r = \frac{\ell_r}{\ell_2}; \ r \ge 3 \tag{21}$$

enquanto o L-CV amostral calcula-se através de

$$t = \frac{\ell_2}{\ell_1} \tag{22}$$

Os estimadores de τ_r , fornecidos pelas equações (21) e (22), são muito pouco enviesados quando calculados para amostras de tamanho moderado a grande.

DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL

• Função densidade de Probabilidade

$$f_X(x) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[-\frac{x - \xi}{\alpha} - \exp \left(-\frac{x - \xi}{\alpha} \right) \right]$$

$$\alpha = \text{Parâmetro de escala} \qquad \xi = \text{Parâmetro de posição}$$

Momentos

$$\sigma_X^2 = \frac{\pi^2 \alpha^2}{6} \approx 1,645 \alpha^2$$
 $\mu_X = \xi + 0,5772 \alpha$ $\gamma_X = 1,1396$

- Estimativa dos parâmetros
- a) Método do momentos

$$\hat{\alpha} = \frac{S_X}{1,2825} \qquad \hat{\xi} = \overline{X} - 0,45.S_X$$

$$S_X = \text{Desvio padrão amostral} \qquad \overline{X} = \text{Média amostral}$$

b) Método da máxima verossimilhança

$$\begin{cases} N\alpha - \sum_{i=1}^{N} (X_i - \xi) + \sum_{i=1}^{N} (X_i - \xi) \exp\left(-\frac{X_i - \xi}{\alpha}\right) = 0\\ \frac{N}{\alpha} - \frac{1}{\alpha} \sum_{i=1}^{N} \exp\left(-\frac{X_i - \xi}{\alpha}\right) = 0 \end{cases}$$

Este sistema não apresenta solução explicita. NERC (1975), apresenta um método de solução interativa.

Função de distribuição acumulada

$$F_X(x) = \exp\left[-\frac{x-\xi}{\alpha}\right]$$

Inversa da Função de distribuição acumulada

$$x = \xi - \alpha \ln[-\ln(F(x))]$$

Momentos L

$$\lambda_1 = \xi + \alpha \gamma_E$$
 $\lambda_2 = \alpha \ln(2)$ $\lambda_3 = \alpha [2 \ln(3) - 3 \ln(2)]$ $\lambda_4 = \alpha [5 \ln(4) - 10 \ln(3) + 6 \ln(2)]$ $\tau_3 = 0.1699$ $\tau_4 = 0.1504$

Estimativa dos Parâmetros pelos momentos-L

$$\hat{\alpha} = \frac{l_2}{\ln(2)}$$

$$\hat{\xi} = l_1 - \gamma_E \hat{\alpha}$$

Onde l_1 e l_2 são os momentos-L amostrais e $\gamma_E = 0.572157$ é a constante de Euler.

Estimativa dos Quantis pela equação geral de frequência

$$X_T = \overline{X} + S_X K_T(n)$$

 $K_T(n)$ é o fator de frequência em função do tamanho da amostra e que pode ser calculado ou obtido em tabelas (Haan, 1979 e Kite, 1977). A equação para obtenção do fator de frequência para séries de máximos anuais é a seguinte:

$$K_T(n) = \frac{Y_{Tr} - \mu_Y}{\sigma_Y}$$

onde

 $\mu_Y = \text{m\'edia dos } Y_m(n),$

 $\sigma_Y = \text{desvio padrão dos } Y_m(n),$

 $Y_m = -\ln\left\{-\ln[F(x)]\right\},\,$

[F(x)] é a probabilidade de não excedência, calculada por:

 $F(x) = 1 - \frac{m}{n+1}$, sendo "m" a posição na amostra e "n" o tamanho da amostra

$$Y_{Tr} = -\ln\{-\ln[H(x)]\} = -\ln\{-\ln[1-\frac{1}{Tr}]\}$$

Assim, o fator de frequência referente ao tempo de retorno de 10 anos para uma amostra de 20 elementos é:

$$Y_{Tr} = -\ln\left\{-\ln\left[1 - \frac{1}{Tr}\right]\right\} = -\ln\left\{-\ln\left[1 - \frac{1}{10}\right]\right\} = 2,2504$$

calcular o Y_m para cada posição "m" da amostra de tamanho "n"

$$Y_{1} = -\ln\left\{-\ln\left[1 - \frac{1}{20 + 1}\right]\right\} \cdots Y_{20} = -\ln\left\{-\ln\left[1 - \frac{20}{20 + 1}\right]\right\}$$

calcular a média e o desvio padrão dos 20 Y_m

$$\mu_Y = 0.5236$$
 $\sigma_Y = 1.0628$

$$K_{10}(20) = \frac{2,2504 - 0,5236}{1,0628} = 1,6248$$

Fontes: Kite, 1977; Naghettini, 1997; Stedinger et al., 1992 e Haan, 1979.

DISTRIBUIÇÃO GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS (GEV)

• Função densidade de probabilidade

K = Parâmetro de Forma $\alpha = \text{Parâmetro de Escala}$ $\xi = \text{Parâmetro de Posição}$

$$f_X(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[-(1-K)y - \exp(-y)\right]$$

Para K = 0, temos $y = \frac{x - \xi}{\alpha}$, que a reduz a função de densidade da distribuição de Gumbel.

E quando
$$K \neq 0$$
, $y = -\frac{1}{K} \ln \left[1 - \frac{(x - \xi)K}{\alpha} \right]$

Os limites da função são:

Para
$$K < 0$$
: $\xi + \frac{\alpha}{k} \le x \le \infty$ para $K = 0$: $-\infty \le x \le \infty$ e para $K > 0$: $-\infty < x \le \xi + \frac{\alpha}{k}$

• Momentos para K > -1/3

$$\mu_X = \xi + \frac{1}{\alpha} [1 - \Gamma(1+K)] \qquad \sigma_X^2 = \left(\frac{\alpha}{K}\right)^2 \left\{ \Gamma(1+2K) - \left[\Gamma(1+K)\right]^2 \right\}$$

$$\gamma_{X} = sinal\langle K \rangle \left\{ \frac{-\Gamma(1+3K) + 3\Gamma(1+K)\Gamma(1+2K) - 2\Gamma^{3}(1+K)}{\left[\Gamma(1+2K) - \Gamma^{2}(1+K)\right]^{3/2}} \right\}$$

Γ() é a função Gama

Estimativa dos parâmetros pelo método da máxima verossimilhança

$$\begin{cases} \frac{-1}{\alpha k} \left[N - \sum_{i=1}^{N} \exp(-Y_i) + \sum_{i=1}^{N} \exp(-Y_i + kY_i) - (1 - k) + \sum_{i=1}^{N} \exp(kY_i) \right] = 0 \\ -\frac{1}{\alpha} \left[\sum_{i=1}^{N} \exp(-Y_i + kY_i) - (1 - k) + \sum_{i=1}^{N} \exp(kY_i) \right] = 0 \\ -\frac{1}{k} \left\{ N - \sum_{i=1}^{N} Y_i + \sum_{i=1}^{N} \exp(-Y_i) - \frac{1}{k} \left[N - \sum_{i=1}^{N} \exp(-Y_i) + \sum_{i=1}^{N} \exp(-Y_i + kY_i) - (1 - k) + \sum_{i=1}^{N} \exp(kY_i) \right] \right\} = 0 \end{cases}$$

Hosking (1985) propõe um algoritmo para solução deste sistema

• Função de distribuição acumulada

$$F_X(x) = \exp\left\{-\left[1 - \frac{K(x-\xi)}{\alpha}\right]^{1/K}\right\}$$

Inversa da função de distribuição acumulada

$$x(F) = \begin{cases} \xi - \alpha \ln[-\ln(F)], K = 0 \\ \xi + \frac{\alpha}{K} \{1 - [-\ln(F)]^K\}, K \neq 0 \end{cases}$$

• Momentos –L

$$\lambda_{1} = \xi + \frac{\alpha}{\kappa} [1 - \Gamma(1 + K)] \qquad \lambda_{2} = \frac{\alpha}{\kappa} [(1 - 2^{-\kappa})\Gamma(1 + \kappa)] \qquad \lambda_{3} = \frac{\alpha}{\kappa} [(1 - 3, 2^{-\kappa} + 2, 3^{-\kappa})\Gamma(1 + K)]$$

$$\lambda_{4} = \frac{\alpha}{\kappa} [(1 - 6, 2^{-\kappa} + 10, 3^{-\kappa})\Gamma(1 + K)]$$

$$\tau_{3} = \frac{2(1 - 3^{-\kappa})}{(1 - 2^{-\kappa})} - 3 \qquad \tau_{4} = \frac{5(1 - 4^{-\kappa}) - 10(1 - 3^{-\kappa}) + 6(1 - 2^{-\kappa})}{(1 - 2^{-\kappa})}$$

Onde Γ () é a função gama.

Estimativa de Parâmetros pelos momentos-L

$$K \approx 7,8590c + 2,9554c^{2} \quad , \text{ para } -0,5 \le \tau_{3} \le 0,5$$

$$c = \frac{2}{3 + \tau_{3}} - \frac{\ln(2)}{\ln(3)} = \frac{2\lambda_{2}}{\lambda_{3} + 3\lambda_{2}} - \frac{\ln(2)}{\ln(3)} = \frac{(2\beta_{1} - \beta_{0})}{(3\beta_{2} - \beta_{0})} - \frac{\ln(2)}{\ln(3)}$$

$$\hat{\alpha} = \frac{\hat{K}\lambda_{2}}{(1 - 2^{-K})\Gamma(1 + \hat{K})} \qquad \hat{\xi} = \lambda_{1} - \frac{\hat{\alpha}}{\hat{K}} \left[1 - \Gamma(1 + \hat{K}) \right]$$

Fonte: Stedinger et al., 1992, e Hosking, J.R. e WALLIS, J.R., 1997.

DISTRIBUIÇÃO GENERALIZADA DE PARETO - GP

• Função densidade:

$$f_X(x) = \frac{1}{\alpha} \left(1 - \frac{\kappa(x - \xi)}{\alpha} \right)^{\frac{1}{k} - 1}; \quad k \neq 0 \quad f_X(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left(-\frac{(x - \xi)}{\alpha} \right); \quad k = 0$$

$$\alpha = \text{parâmetro de escala} \quad k = \text{parâmetro de forma.} \quad \xi = \text{limite inferior}$$

Limites:

Sendo

$$\xi \le x \le \frac{\alpha}{k}$$
; $k > 0$ $\xi \le x < \infty$; $k \le 0$

Função Acumulada

$$F(x) = 1 - \left[1 - K\left(\frac{x - \xi}{\alpha}\right)\right]^{\frac{1}{K}} \qquad K \neq 0$$

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x - \xi}{\alpha}\right) \qquad K = 0$$

Inversa da função

$$x(F) = \begin{cases} \xi + \frac{\alpha}{k} \left[1 - (1 - F)^{k} \right], & k \neq 0 \\ \xi - \alpha \ln(1 - F); & k = 0 \end{cases}$$

- Estimativa dos parâmetros
- a) método dos momentos

$$\hat{K} = \frac{1}{2} \left(\frac{\overline{X}^2}{S_X^2} - 1 \right) \qquad X = x_i - \xi \qquad \hat{\alpha} = \frac{\overline{X}}{2} \left(\frac{\overline{X}^2}{S_X^2} + 1 \right) \qquad X = x_i - \xi$$

Onde: $\overline{X} = \text{Média Amostral } (X = x - \xi)$ $S_X = \text{Desvio padrão amostral } (X = x - \xi)$

Para K > -0,33; γ_x existe:

$$\gamma_X = \frac{2(1-K)(1+2K)^{\frac{1}{2}}}{(1+3K)}$$

 γ_{x} = Assimetria

b) Método da máxima verossimilhança. Resolução do seguinte sistema de equações:

$$X_{i} = x_{i} - \xi$$

$$\begin{cases} -N + (1-k) \sum_{i=1}^{N} \frac{X_{i}}{a - kX_{i}} = 0 \\ -\frac{1}{k} \sum_{i=1}^{N} \ln \left(\frac{\alpha - kX_{i}}{\alpha} \right) - (1-k) \sum_{i=1}^{N} \frac{X_{i}}{\alpha - kX_{i}} = 0 \end{cases}$$

Momentos-L

$$\lambda_{1} = \xi + \frac{\alpha}{(1+k)} \qquad \lambda_{2} = \frac{\alpha}{[(1+k)(2+k)]}$$

$$\lambda_{3} = \frac{\alpha(1-k)}{[(1+k)(2+k)(3+k)]} \qquad \lambda_{4} = \frac{\alpha(1-k)(2-k)}{[(1+k)(2+k)(4+k)]}$$

$$\tau_{3} = \frac{(1-k)}{(3+k)} \qquad \tau_{4} = \frac{(1-k)(2-k)}{(3+k)(4+k)}$$

Estimativa de Parâmetros pelos momentos-L

$$\hat{\alpha} = \left(1 + \hat{k}\right) \quad l_1 \qquad \hat{k} = \frac{l_1}{l_2} - 2$$

Fontes: Pinheiro, 1997; Stedinger et al., 1992 e Naghettini, 1997.

DISTRIBUIÇÃO LOG-PERSON TIPO III

Função densidade de probabilidade

$$f_X(x) = \frac{1}{x\alpha\Gamma(\beta)} \left(\frac{\ln x - \gamma}{\alpha}\right)^{\beta - 1} e^{-\left(\frac{\ln x - \gamma}{\alpha}\right)}$$

 α = Parâmetro de escala

 β = Parâmetro de forma $\Gamma(\beta)$ a função gama

γ = Parâmetro de posição

- Estimativa dos Parâmetros
- a) Método dos momentos

$$\mu_{\gamma} = \gamma + \alpha \beta$$
 $\sigma_{\gamma} = \alpha \sqrt{\beta}$ $\gamma_{\gamma} = \frac{2,0}{\sqrt{\beta}}$

 μ_{γ} = média dos logaritmos de x σ_{γ} = desvio padrão dos logaritmos de x γ_{γ} = coeficiente de assimetria dos logaritmos de x

• Estimativa dos Quantis

$$Y_T = \ln X_T = \mu_Y + K\sigma_Y$$

K =fator de frequência

O fator de frequência, K, pode ser obtido em tabelas ou pela equação:

$$K \approx t + \left(t^2 - 1\right) \frac{\gamma_{\gamma}}{6} + \frac{1}{3} \left(t^3 - 6t\right) \left(\frac{\gamma_{\gamma}}{6}\right)^2 - \left(t^2 - 1\right) \left(\frac{\gamma_{\gamma}}{6}\right)^3 + t \left(\frac{\gamma_{\gamma}}{6}\right)^4 + \frac{1}{3} \left(\frac{\gamma_{\gamma}}{6}\right)^5$$

 $\operatorname{para} \begin{cases}
0,01 \le \frac{1}{T} \le 0,99 \\
|\gamma_{Y}| < 2
\end{cases}$

e onde t, é a variável normal central reduzida

A variável normal central reduzida para um nível de probabilidade pode ser aproximada pelas seguintes equações:

Para $0 < P(t) \le 0.5$

$$t \approx -\left(W - \frac{C_0 + C_1W + C_2W^2}{1 + d_1W + d_2W^2 + d_3W^3}\right), \text{ com } W = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{P(t)^2}\right)}$$

$$t \approx \left(W - \frac{C_0 + C_1 W + C_2 W^2}{1 + d_1 W + d_2 W^2 + d_3 W^3}\right), \text{ com } W = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(1 - P(t))^2}\right)}$$

Para os dois casos temos:

$$C_0 = 2,515517$$
 $C_1 = 0,802853$ $C_2 = 0,010328$ $d_1 = 1,432788$ $d_2 = 0,189269$ $d_3 = 0,001308$

Fontes: Kite, 1977; Naghettini, 1997.

DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL

• Função densidade

$$Y = \ln X \qquad f_Y(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_Y^2}} \exp\left[-\frac{(y-\mu_Y)^2}{2\sigma_Y^2}\right] \qquad -\infty < y < \infty$$

com parâmetro de posição, μ_{γ} , e parâmetro de escala, σ_{γ}^{2}

distribuição de X

$$f_X(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma_Y^2}} \exp\left[-\frac{(\ln x - \mu_Y)^2}{2\sigma_Y^2}\right]$$

$$E(x) = \exp\left(\mu_Y - \frac{\sigma_Y^2}{2}\right) \qquad Var(x) = \mu_X^2 \left[\exp(\sigma_Y^2) - 1\right]$$

$$C_V = \sqrt{\exp(\sigma_Y^2) - 1} \qquad \gamma = 3C_V + C_V^3 > 0$$

- Estimativa dos Parâmetros (Método dos momentos e da máxima verossimilhança)
- a) Com transformação de variáveis

$$Y_i = \ln X_i$$
 $\hat{\mu}_Y = \overline{Y}$ $\hat{\sigma}_Y^2 = S_Y^2$

 $Y = Média de ln x_i$

 S_y = Desvio padrão de ln x_i

b) Sem transformação de variáveis

$$\hat{\mu}_{Y} = \frac{1}{2} \ln \left[\frac{\overline{X}^{2}}{C_{V}^{2} + 1} \right] \qquad \hat{\sigma}_{Y}^{2} = \ln \left(C_{V}^{2} + 1 \right) \qquad C_{V} = \frac{S_{X}}{\overline{X}}$$

$$\overline{X} = \text{M\'edia de } x_{i} \qquad S_{X} = \text{Desvio padrão de } x_{i}$$

Equação geral de frequência

$$\ln X_T = Y_T = \overline{Y} + tS_Y$$

onde t, é a variável central reduzida, ou

$$X_{\tau} = \overline{X} + S_{x}K_{\tau}$$

onde K_T é fator de frequência, que pode ser obtido por tabelas ou pela equação apresentada por Chow (1964).

$$K_{T} = \frac{e^{\frac{S_{Y}K_{Y} - \frac{S_{Y}^{2}}{2}} - 1}}{e^{\frac{S_{Y}^{2}}{2} - 1}} \quad \text{onde} \quad K_{Y} = \frac{y_{T} - \overline{Y}}{S_{Y}}$$

O K_Y pode ser obtido em tabelas da distribuição Normal parametrizada, onde a probabilidade é dada por:

$$P(Y \le y) = 1 - \frac{1}{T_r}$$

 T_r = tempo de retorno

Fontes: Haan, 1979 e Naghettini, 1997

ANEXO V

Teste de Cunname

Teste de Cunname

Um teste de verificação da adequabilidade da distribuição de Poisson pode ser aplicado para uma série de picos que excedem um determinado limite estabelecido x_0 . Tomando o número de ocorrência de picos em anos sucessivos em uma série com m_1 , m_2 , m_3 , ..., m_N ; é necessário testar se resultam de um processo de Poisson. Por causa da aditividade de Poisson, esses eventos podem ser oriundos de um processo de Poisson, ainda que, sua ocorrência dentro do ano obrigue a um modelo de Poisson variando sazonalmente. Na distribuição de Poisson a média e a variância são iguais, e sendo assim, a razão da variância observada para a média de um evento m_i (i = 1, 2, 3, ...,N) pode ser utilizada como base para um teste estatístico. Este seria o teste de dispersão de Fisher, d, que é distribuído como χ^2 (Qui-Quadrado).

Se a média é maior que 5, $\lambda > 5$, a distribuição de m é aproximadamente simétrica, podendo ser considerada normalmente distribuída. Portanto,

$$m \sim N(\lambda, \lambda^{1/2})$$

$$m \sim N(\lambda, \lambda^{1/2})$$

$$\frac{m-\lambda}{\lambda^{1/2}} \sim N(0,1)$$

Por conseguinte,

$$\sum_{i=1}^{N} \left(\frac{m_i - \lambda}{\lambda^{1/2}} \right)^2 \sim \chi_N^2$$

Se λ é estimado pela média dos m_i , m, um grau de liberdade é perdido e

$$d = \sum_{i=1}^{N} \frac{\left(m_i - \overline{m}\right)^2}{\overline{m}} \sim \chi_{N-1}^2$$

é a estatistica de Fisher.

Assim, se m é maior que 5, d é distribuído como χ_{N-1}^2 . Entretanto, mesmo que m seja menor que 5, Sukhatme (1938) mostrou que assumindo d distribuído como χ_{N-1}^2 é adequado para o teste, contanto que N > 5 para m > 1 e N > 15 para m < 1.

Deste modo, a hipótese de que as ocorrências são oriundas de um evento poissoniano é rejeitada se:

$$d = \sum_{i=1}^{N} \frac{\left(m_{i} - \overline{m}\right)^{2}}{\overline{m}} > \chi_{1-\alpha, N-1}^{2}$$

onde:

α é o nível de significância N é o tamanho da amostra

Resultados da aplicação do teste de Cunname

			<u> </u>		d Calculado										d	v ²
Código	Estação	N	5min	10min	15min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	8h	14h	24h	Máximo	X 90%, N −1
01845004	Lagoa do Gouvea	14	13,0	11,0	20,0	13,0	12,0	12,0	12,0	12,0	8,0	12,0	19,0	18,0	20,0	19,8
01944032		9	4,0	11,0	8,0	12,0	13,0	11,0	12,0	12,0	10,0	11,0	9,0	10,0	13,0	13,4
01944049		11	13,0	11,0	11,0	14,0	15,0	11,0	7,0	4,0	5,0	12,0	16,0	14,0	16,0	16,0
02044007	Entre Rios de Minas	15	13,0	12,0	16,0	10,0	9,0	7,0	5,0	6,0	8,0	9,0	17,0	17,0	17,0	21,1
02045012	Piumhi	11	15,0	10,0	13,0	9,0	11,0	16,0	11,0	10,0	10,0	12,0	8,0	7,0	16,0	16,0
	·	12	11,0	10,0	7,0	9,0	9,0	11,0	11,0	11,0	11,0	13,0	10,0	8,0	13,0	17,3

ANEXO VI

Fichas Descritivas das Estações Pluviográficas

CPRM

ESTAÇÃO:

LAGOA DA GOUVEIA

CÓDIGO:

01845004

BACIA:

Rio São Francisco

Pr TIPO:

DISTRITO:

MUNICÍPIO:

Tiros

ESTADO:

MG

DRENAGEM GERAL: Rios Abaeté, São Francisco, Oceano Atlântico

REDE HIDROMÉTRICA DO DNAEE

CPRM/RH EXITIDADE OBEDADODA:

ALACÃO .01.75	CPRM		
· • 1 • <u>. • • • • • • • • • • • • • • • • • </u>	<u> </u>		<u> </u>
.05.75	CPRM	<u> </u>	
			<u> </u>
	.05.75	.05.75 CPRM	.05.75 CPRM

REF. CARTOGRÁFICA: Folha de Serra Selada - SE-23-Y-B-V - Esc.: 1:100.000 / SGE - 1969.

LATITUDE:

18°50'29" S

LONGITUDE:

45°51'05" WG

ALTITUDE:

1.035 m

LOCALIZAÇÃO: Instalado no povoado de Lagoa do Gouveia a 100 m da estrada de rodagem.

ACESSIBILIDADE: Partindo de São Gonçalo do Abaeté a Tiros, cerca de 28 Km, em estrada de terra.

OBSERVADOR:

NOME:

Maria Aparecida Gomes

PROFISSÃO: GRATIFICAÇÃO: Doméstica

INSTRUÇÃO:

Primário

ENDERECO: Lagoa do Gouveia - Tiros/MG DISTÂNCIA DA RESIDÊNCIA À ESTAÇÃO:

100 m

DESCRIÇÃO:

Pluviômetro Ville de Paris, de aço inoxidável, com caixa protetora para provetas e caderneta,

pluviógrafo mod. 4, marca IH, protegidos por cercado padrão de 2,50 m x 3,70 m.

NR do pluviógrafo 9816.0110.

RESPONSÁVEL:

16/10/96 EM:

CPRM

ESTAÇÃO:

PITANGUI

CÓDIGO:

01944032

BACIA:

Rio São Francisco

TIPO:

Pr

DISTRITO:

Sede

MUNICÍPIO:

Pitangui

ESTADO:

MG

DRENAGEM GERAL: Rios Pará, São Francisco, Oceano Atlântico

REDE HIDROMÉTRICA DO DNAEE

ENTIDADE OPERADORA

\ <u>:</u> _	CP	RM/	BH.	_
$\overline{}$				•

ESTAÇÃO	DATA DA INSTALAÇÃO	ENTIDADE	DATA DA REINSTALAÇÃO	ENTIDADE
PLUVIOMÉTRICA	19.09.74	CPRM	<u> </u>	
PLUVIOGRÁFICA	19.09.74	CPRM		
EVAPORIMÉTRICA			<u> </u>	
CLIMATOLÓGICA				<u> </u>

REF. CARTOGRÁFICA: Folha de Pará de Minas SE-23-Z-C-IV - Esc.: 1:100.000 / IBGE - 1976.

LATITUDE:

19°41'04" S

LONGITUDE:

44°52'44" WG

ALTITUDE:

696 m

LOCALIZAÇÃO: Pluviômetro situado na área onde se encontra a estação de tratamento de água da

prefeitura municipal. Rua Padre Libério, s/nº.

ACESSIBILIDADE: Pela BR 262 até o entrocamento para Pará de Minas e daí pela BR 352, cerca de 65 Km até Pitangui.

OBSERVADOR:

NOME:

Raimundo Nonato Faria

PROFISSÃO:

Operário

INSTRUÇÃO:

3ª série

GRATIFICAÇÃO:

ENDERECO: Rua Cândido Gonçalves dos Reis, 92 - Bairro Padre Libério / Pitangui

DISTÂNCIA DA RESIDÊNCIA À ESTAÇÃO:

200 m

DESCRIÇÃO:

Pluviômetro Ville de Paris, de aço inoxidável e pluviógrafo IH de autonomia diária, protegido por cercado de tela, padrão de 2,50 m x 3,75 m. 02 provetas de 10 mm - NR do pluviógrafo 9816.0030.

RESPONSÁVEL:

26/06/98

CPRM

ESTAÇÃO:

PAPAGAIOS

CÓDIGO:

01944049

BACIA:

Rio São Francisco

TIPO:

Pr

DISTRITO:

Sede

MUNICÍPIO:

Papagaios

MG

ESTADO:

DRENAGEM GERAL: Rio Pará, São Francisco, Oceano Atlântico

REDE HIDROMÉTRICA DO DNAEE

ENTIDADE OPERADORA: CPRM/BH

ESTAÇÃO	DATA DA INSTALAÇÃO	ENTIDADE	DATA DA REINSTALAÇÃO	ENTIDADE
PLUVIOMÉTRICA	23.08.75	CPRM	12.09.84*	CPRM
PLUVIOGRÁFICA	10.10.75	CPRM	12.09.84*	CPRM
EVAPORIMÉTRICA				<u></u>
CLIMATOLÓGICA				· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·

REF. CARTOGRÁFICA: Folha de Pompéu SE-23-Z-C-I - Esc.: 1:100.000 / IBGE - 1976.

LATITUDE:

19°25'42" S

LONGITUDE:

44°43'11" WG

703 m

LOCALIZAÇÃO: Pluviômetro transferido para o sítio Olhos D'água de propriedade do Sr. José Miguel Duarte

Maciel.

ACESSIBILIDADE: Por rodovia asfaltada até Sete Lagoas e daí em rodovia de terra, cerca de 78 Km até

Papagaios. Ou partindo de Silva Campos, passando por Pompeu. Por estrada de terra até Papagaios, seguir pela Av. Mariana entrar a esquerda na rua Miguel Dias virar a direita na primeira entrada após o Balneário Rancho Alegre, seguir por 2400 m virar

novamente a direita mais 1100 m até a estação.

OBSERVADOR:

NOME:

Adalgisa Duarte Marciel

PROFISSÃO:

Estudante

INSTRUÇÃO:

4º série

GRATIFICAÇÃO:

ENDERECO: Sítio Olhos D'Águab - Papagaios / MG DISTÂNCIA DA RESIDÊNCIA À ESTAÇÃO:

50 m

DESCRIÇÃO:

Pluviômetro Ville de Paris, de aço inoxidável e pluviógrafo IH, mod. 4, protegido por cercado

padrão, de 2,50 m x 3,85 m. NR do pluviógrafo 9800.5060.

RESPONSÁVEL:

EM: 26/06/98

CPRM

ESTAÇÃO:

ENTRE RIOS DE MINAS

CÓDIGO:

02044007

BACIA:

Rio São Francisco

TIPO:

Pr.

MG

DISTRITO:

Sede

MUNICÍPIO:

Entre Rios de Minas

ESTADO:

DRENAGEM GERAL: Rios Camapuã, Paraopeba e São Francisco

REDE HIDROMÉTRICA DO DNAEE

ESTAÇÃO	DATA DA INSTALAÇÃO	ENTIDADE	DATA DA REINSTALAÇÃO	ENTIDADE
PLUVIOMÉTRICA	16.07.41	DIV.ÁGUAS/DNPM	27.10.73	CPRM
PLUVIOGRÁFICA	27.10.73	CPRM		
EVAPORIMÉTRICA		<u> </u>		
CLIMATOLÓGICA	<u> </u>			

REF. CARTOGRÁFICA: Folha de Entre Rios de Minas SF-23-X-A-V-2 - Esc.: 1:50.000 / IBGE - 1976.

LATITUDE:

20°39'40" S

LONGITUDE:

44°04'14" WG

ALTITUDE:

885 m

LOCALIZAÇÃO: Estação localizada dentro do perímetro urbano, na saída para Desterro de Entre Rios.

ACESSIBILIDADE: Pela BR 040 até Joaquim Murtinho, daí pela BR 383, cerca de 35 Km.

OBSERVADOR:

NOME:

Cláudia A. Santos

PROFISSÃO:

Estudante

INSTRUÇÃO:

2º grau

GRATIFICAÇÃO:

ENDERECO: Praça Alfredo Penido. 1.502 - ao lado da ponte defronte as réguas

DISTÂNCIA DA RESIDÊNCIA À ESTAÇÃO:

150 m

DESCRIÇÃO:

Pluviômetro Ville de Paris, de aço inoxidável e pluviógrafo IH, mod. 4, protegidos por cercado padrão, de tela de 2,50 m x 3,75 m x 1,50 m. NR do pluviógrafo 9846.1820.

RESPONSÁVEL:

15/07/97 EM:

CPRM

ESTAÇÃO:

PIUMHI

CÓDIGO:

02045012

BACIA:

Rio São Francisco

TIPO: Pr

SB: 40

DISTRITO:

Sede

MUNICÍPIO:

Piumhi

MG **ESTADO:**

DRENAGEM GERAL: Rib. Piumhi, São Francisco, Oceano Atlântico

REDE HIDROMÉTRICA DO DNAEE

ENTIDADE OPERADORA: CPRM/BH

ESTAÇÃO	DATA DA INSTALAÇÃO	ENTIDADE	DATA DA REINSTALAÇÃO	ENTIDADE
PLUVIOMÉTRICA	31.12.74	CPRM		
PLUVIOGRÁFICA	31.12.74	CPRM		·
EVAPORIMÉTRICA				<u>, , ,</u>
CLIMATOLÓGICA				

REF. CARTOGRÁFICA: Folha de Piumhi SF-23-C-I-3 - Esc.: 1:50.000 / IBGE - 1970.

LATITUDE:

20°27'43" S

LONGITUDE:

45°56'42" WG

ALTITUDE:

806 m

LOCALIZAÇÃO: Estação situada no Km 246 da rodovia MG-050 ao lado do Posto e Restaurante Brazinho, a

1 Km da cidade de Piumhi.

ACESSIBILIDADE: Pela rodovia MG-050 asfaltada, até Piumhi.

OBSERVADOR:

NOME: INSTRUÇÃO: Messias Paulino da Silva

Primário

PROFISSÃO: GRATIFICAÇÃO:

ENDEREÇO: R. João Pires, s/nº

DISTÂNCIA DA RESIDÊNCIA À ESTAÇÃO:

OBSERVADOR A PARTIR DE

DESCRIÇÃO:

Pluviômetro Ville de Paris, de aço inoxidável e pluviógrafo IH, mod.4, protegido por cercado

padrão, de tela de 2,50 m x 3,75 m.

NR do pluviógrafo 9846.1740.

RESPONSÁVEL:

16/06/97 EM:

CPRM

ESTAÇÃO:

STO ANTONIO DO MONTE

CÓDIGO:

02045013

BACIA:

Rio São Francisco

TIPO: Pr

SB: 40

DISTRITO:

Sede

MUNICÍPIO:

Stº Antonio do Monte

MG **ESTADO:**

DRENAGEM GERAL: Rib. da Usina, Rio São Francisco, Oceano Atlântico

REDE HIDROMÉTRICA DO DNAEE

ENTIDADE OPERADORA: CPRM/BH

ESTAÇÃO	DATA DA INSTALAÇÃO	ENTIDADE	DATA DA REINSTALAÇÃO	ENTIDADE
PLUVIOMÉTRICA	27.12.74	CPRM		
PLUVIOGRÁFICA	27.12.74	CPRM		
EVAPORIMÉTRICA				·····
CLIMATOLÓGICA		·		

REF. CARTOGRÁFICA: Folha de Santo Antonio do Monte SF-23-C-II-1. Esc.: 1:50.000 / IBGE - 1969.

LATITUDE:

20°05'04" \$

LONGITUDE:

45°17'48" WG

ALTITUDE:

950 m

LOCALIZAÇÃO: Estação situada na rua Cícero Indelício nº 230, São Lucas...

ACESSIBILIDADE: Pela BR-050, trecho BH-Formiga, até a entrada para Santo Antonio do Monte, daí cerca de 30 Km até a cidade. Seguir a Av Antonio Bolina Filho, até à Rua Olinto Guimarães, virar a direita e seguir até a rua Cícero Indelécio.

OBSERVADOR:

NOME:

Nilda Rodrigues de Araujo

PROFISSÃO:

GRATIFICAÇÃO:

Doméstica

INSTRUÇÃO: 1º Grau ENDEREÇO: Rua Cícero Indelício, 230 - São Lucas

DISTÂNCIA DA RESIDÊNCIA À ESTAÇÃO:

50m

OBSERVADOR A PARTIR DE

DESCRIÇÃO:

Pluviômetro Ville de Paris, de aço inoxidável e pluviógrafo IH, mod. 4, Pluviógrafo NR

9800.6710.

RESPONSÁVEL:

EM: 27/08/98

ANEXO VII

Resultados da verificação do ajuste entre os quantis obtidos na análise de freqüência e os valores calculados pelas equações

DPMA

DQM

 \mathbf{r}^2

Desvio Percentual Médio Absoluto (%)

Código	Estação	5min	10min	15min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	8h	14h	24h
01845004	Lagoa do Gouvea	1,81	4,72	6,84	4,84	1,63	2,76	1,97	4,35	6,50	3,51	6,56	3,33
01944032	Pitangui	3,55	3,25	1,64	-3,08	1,39	-3,18	1,54	1,93	5,21	1,02	5,35	6,27
01944049	Papagaios	1,87	2,48	4,01	4,44	2,50	3,70	1,95	5,40	5,70	1,77	2,77	1,85
02044007	Entre Rios de Minas	3,61	6,04	3,06	3,08	3,20	4,74	6,05	4,00	3,35	2,76	6,13	1,24
02045012	Piumhi	3,08	6,89	2,10	5,03	1,78	1,80	6,37	5,44	5,25	6,37	1,07	5,90
02045013	Santo Antônio do Monte	3,52	2,74	3,85	1,82	3,41	1,90	3,70	4,50	2,88	4,19	8,31	2,42

Desvios Quadráticos Mínimos

Código	Estação	5min	10min	15min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	8h	14h	24h
01845004	Lagoa do Gouvea	6,33	10,86	5,96	5,96	1,62	2,07	0,94	1,49	1,84	0,59	0,64	0,28
01944032	Pitangui	10,65	7,78	4,10	4,10	1,36	2,46	0,76	0,72	1,52	0,21	0,54	0,44
01944049	Papagaios	5,63	6,06	6,54	6,54	3,01	3,41	1,19	2,16	1,83	0,40	0,36	0,19
02044007	Entre Rios de Minas	9,89	12,86	3,98	3,98	3,16	3,50	2,73	1,28	0,89	0,46	0,54	0,08
02045012	Piumhi	8,87	14,88	6,09	6,09	1,87	1,53	2,84	1,77	1,34	0,84	0,12	0,38
02045013	Santo Antônio do Monte	10,29	6,62	2,30	2,30	3,21	1,77	1,77	1,56	0,80	0,68	0,81	0,18

Coeficiente de Determinação (r²)

Código	Estação	5min	10min	15min	30min	45min	1h	2h	3h_	4h	8h	14h	24h
01845004	Lagoa do Gouvea	0,979	0,981	0,981	0,983	0,983	0,984	0,982	0,982	0,981	0,989	0,993	0,987
01944032	Pitangui	0,980	0,981	0,981	0,982	0,983	0,983	0,982	0,981	0,981	0,993	0,993	0,993
01944049	Papagaios	0,979	0,979	0,979	0,980	0,980	0,980	0,980	0,980	0,980	0,980	0,980	0,980
02044007	Entre Rios de Minas	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,981	0,980	0,980	0,985	0,995	0,994
02045012	Piumhi	0,981	0,981	0,982	0,983	0,984	0,984	0,984	0,983	0,983	0,996	0,992	0,991
02045013	Santo Antônio do Monte	0,981	0,981	0,981	0,981	0,981	0,981	0,981	0,981	0,981	0,981	0,981	0,981

ANEXO VIII

Quantis gerados nas análises de frequência

Quantis Calculados na Análise de Frequência Estação Pluviográfica de Lagoa do Gouvea - 01845004 Intensidade (mm/h)

Tr	5 min	10 min	15 min	30 min	45 min	1 Hora	2 Horas	3 Horas	4 Horas	8 Horas	14 Horas	24 Horas
1.8	151,0	120,8	103,4	69,2	55,0	45,1	26,4	19,7	15,5	8,6	5,3	3,7
2	158,2	124,7	107,3	71,1	56,6	46,7	27,3	20,5	16,1	8,9	5,5	3,8
5	204,0	149,3	131,8	83,0	66,9	56,6	33,4	25,2	20,3	10,9	6,8	4,8
10	232,0	164,3	146,7	90,3	73,2	62,6	37,1	28,1	22,9	12,3	7,7	5,4
15	247,5	172,6	155,0	94,4	76,7	65,9	39,2	29,7	24,4	13,1	8,3	5,8
20	258,3	178,4	160,7	97,2	79,1	68,3	40,6	30,8	25,4	13,6	8,6	6,0
25	266,6	182,8	165,2	99,3	81,0	70,1	41,7	31,7	26,1	14,1	8,9	6,2
30	273,3	186,4	168,7	101,1	82,5	71,5	42,6	32,4	26,7	14,4	9,2	6,4
35	278,9	189,5	171,8	102,6	83,8	72,7	43,4	33,0	27,3	14,7	9,4	6,5
40	283,8	192,1	174,4	103,8	84,9	73,8	44,0	33,5	27,7	15,0	9,6	6,6
45	288,1	194,4	176,7	105,0	85,8	74,7	44,6	33,9	28,1	15,2	9,8	6,7
50	291,9	196,4	178,7	106,0	86,7	75,5	45,1	34,3	28,5	15,4	9,9	6,8
55		198,3	180,6	106,9	87,5	76,3	45,5	34,7	28,8	15,6	10,0	6,9
60	298,6	200,0	182,2	107,7	88,2	77,0	46,0	35,0	29,1	15,8	10,2	7,0
65	301,5		183,8	108,4	88,9	77,6	46,3	35,3	29,3	15,9	10,3	7,1
70	304,1	203.0	185,2	109,1	89,5	78,2	46,7	35,6	29,6	16,1	10,4	7,1
7.5	306,6		186,6	109,8	90,0	78,7	47,0	35,9	29,8	16,2	10,5	7,2
80	309,0		187,8	110,4	90,5	79,2	47,3	36,1	30,0	16,3	10,6	7,3
85	311,2	,	189,0	111,0	91,0	79,7	47,6	36,3	30,2	16,4	10,7	7,3
90	313,2		190,1	111,5	91,5	80,1	47,9	36,5	30,4	16,5	10,8	7,4
95	315,2		191,1	112,0	91,9	80,6	48,2	36,7	30,6	16,7	10,8	7,4
• –	,	•	•	•	•	81,0	48,4	36,9	30,8	16,8	10,9	7,5

Quantis Calculados na Análise de Frequência Estação Pluviográfica de Pitangui - 01944032 Intensidade (mm/h)

Tr	5 min	10 min	15 min	30 min	45 min	1 Hora	2 Horas	3 Horas	4 Horas	8 Horas	14 Horas	24 Horas
		119,3	99,7	70,5	55,6	47,1	27,2	19,9	16,7	8,8	5,4	3,6
2	171,0	123,5	103,2	72,5	57,4	48,7	28,2	20,6	17,3	9,1	5,6	3,7
5	218,1	150,4	125,1	85,4	68,5	59,1	34,3	25,2	21,2	11,1	6,9	4,6
10	246,9	166,8	138,5	93,2	75,4	65,3	38,0	28,1	23,6	12,6	7,8	5,2
15	262,9	175,9	145,9	97,5	79,2	68,8	40,0	29,7	24,9	13,5	8,4	5,5
20	274,0	182,2	151,0	100,6	81,8	71,3	41,5	30,7	25,8	14,1	8,8	5,8
25	282,5	187,0	155,0	102,9	83,8	73,1	42,6	31,6	26,5	14,6	9,1	6,0
30	289,4	191,0	158,2	104,8	85,4	74,6	43,5	32,3	27,0	15,0	9,4	6,2
35	295,2	194,3	160,9	106,4	86,8	75,9	44,2	32,8	27,5	15,3	9,6	6,3
40	300,2	197,1	163,2	107,7	88,0	77,0	44,9	33,3	27,9	15,6	9,8	6,4
45	304,6	199,7	165,3	108,9	89,1	78,0	45,4	33,8	28,3	15,9	9,9	6,6
50	308,6	201,9	167,1	110,0	90,0	78,8	45,9	34,2	28,6	16,1	10,1	6,7
55	312,1	203,9	168,8	111,0	90,8	79,6	46,4	34,5	28,9	16,3	10,2	6,7
60	315,4	205,8	170,3	111,9	91,6	80,3	46,8	34,8	29,2	16,5	10,4	6,8
65	318,4	207,5	171,7	112,7	92,3	81,0	47,2	35,1	29,4	16,7	10,5	6,9
70	321,1	209,1	173,0	113,4	93,0	81,6	47,6	35,4	29,6	16,8	10,6	7,0
75	323,7	210,5	174,2	114,1	93,6	82,1	47,9	35,6	29,8	17,0	10,7	7,1
80	326,1	211,9	175,3	114,8	94,1	82,7	48,2	35,9	30,0	17,1	10,8	7,1
85	328,4	213,2	176,3	115,4	94,7	83,1	48,5	36,1	30,2	17,3	10,9	7,2
90	330,5	214,4	177,3	``116,0	95,2	83,6	48,8	36,3	30,4	17,4	11,0	7,2
			178,2			84,1	49,0	36,5	30,6	17,5	11,1	7,3
100	334,4	216,6	179,1	117,0	96,1	84,5	49,3	36,7	30,7	17,7	11,1	7,3

Quantis Calculados na Análise de Frequência Estação Pluviográfica de Papagaios - 01944049 Intensidade (mm/h)

Т-	5 min	10 min	15 min	30 min	45 min	1 Hora	2 Horas	3 Horas	4 Horas	8 Horas	14 Horas	24 Horas
1,8	156,2	121,6	99,3	72,9	59,7	50,9	29,5	21,6	17,2	9,3	5,8	3,8
7	162,9	126,3	103,8	75,5	61,9	53,0	30,7	22,6	18,0	9,8	6,1	4,0
5	205,5	155,8	132,4	91,7	75,9	66,9	38,3	28,9	23,1	12,7	7,9	5,3
10	231,5	173,9	149,9	101,6	84,5	75,4	42,9	32,8	26,2	14,4	9,0	6,1
15		183,9	159,6	107,1	89,2	80,2	45,4	34,9	27,9	15,4	9,7	6,5
20	256,0	190,9	166,3	110,9	92,5	83,4	47,2	36,4	29,1	16,1	10,1	6,8
	263,7	196,2	171,4	113,9	95,0	85,9	48,6	37,5	30,0	16,6	10,4	7,0
	269,9	200,5	175,6	116,2	97,1	88,0	49,7	38,5	30,8	17,0	10,7	7,2
	275,2	204,2	179,1	118,2	98,8	89,7	50,6	39,2	31,4	17,4	10,9	7,3
40	279.7	207,3	182,2	120,0	100,3	91,2	51,4	39,9	32,0	17,7	11,1	7,5
45	283,7	210,1	184,9	121,5	101,6	92,5	52,1	40,5	32,5	18,0	11,3	7,6
50	287,3	212,6	187,3	122,8	102,8	93,6	52,7	41,0	32,9	18,2	11,4	7,7
55		214,8	189,4	124,1	103,9	94,7	53,3	41,5	33,3	18,4	11,6	7,8
60	293,4	216,8	191,4	125,2	104,8	95,6	53,8	41,9	33,6	18,6	11,7	7,9
65	296,1	218,7	193,2	126,2	105,7	96,5	54,3	42,3	33,9	18,8	11,8	8,0
70	298,6		194,9	127,2	106,5	97,3	54,8	42,7	34,2	19,0	11,9	8,0
75	301,0		196,4	128,1	107,3	98,1	55,2	43,1	34,5	19,1	12,0	8,1
80	303,1	223,6	197,9	128,9	108,0	98,8	55,5	43,4	34,8	19,3	12,1	8,2
	305,1		199,3	129,7	108,7	99,5	55,9	43,7	35,0	19,4	12,2	8,2
85	,	226,3	200,5	130,4	109,3	100,1	56,2	44,0	35,3	19,6	12,3	8,3
90	307,1 308,9		200,3	131,1	109,9	100,7	56,6	44,2	35,5	19,7	12,4	8,3
95	2104	227,0	201,0	131,1		,	,	44,5	•	19,8	12,5	8,4
100	310,0	220,0	402,7	101,7	110,0	, -	,-	,-	,	•		

Quantis Calculados na Análise de Frequência Estação Pluviográfica de Entre Rios de Minas - 02044007 Intensidade (mm/h)

Tr	5 min	.10 min	.15 min	30 min	-45 min	1 Hora	2 Horas	3 Horas	4 Horas	8 Horas	14 Horas	24 Horas
1,8	162,3	123,0	108,9	68,6	51,9	42,7	25,3	17,8	14,1	7,6	4,7	3,1
7	168,3	126,3	111,9	70,6	53,5	44,3	26,3	18,5	14,7	7,8	4,8	3,2
5	206,4	147,6	131,1	83,0	63,6	54,8	32,7	23,1	18,3	9,7	5,9	4,0
10	229,7	160,7	142,9	90,5	69,8	61,3	36,6	25,9	20,5	11,0	6,7	4,6
15	242,6	167,9	149,4	94,7	73,2	64,8	38,7	27,4	21,7	11,7	7,1	4,9
20		172,9	153,9	97,7	75,6	67,3	40,2	28,5	22,5	12,2	7,4	5,2
			157,4	,	77,4	69,2	41,4	29,3	23,2	12,6	7,7	5,4
30	264,0	179,9	160,2	101,7	78,9	70,7	42,3	30,0	23,7	12,9	7,9	5,5
35	268,7	182,5	162,5	103,2	80,1	72,0	43,1	30,5	24,2	13,2	8,1	5,6
40	272,7	184,8	164,6	104,6	81,2	73,1	43,8	31,0	24,5	13,4	8,3	5,8
	,	•	•	,	,	-	44,4	31,5	24,9	13,6	8,4	5,9
			-	•		75,0	44,9	31,8	25,2	13,8	8,6	6,0
	•			•	•	75,8	45,4	32,2	25,5	13,9	8,7	6,1
	•		•	_		76,5	45,8	32,5	25,7	14,1	8,8	6,1
	· .		•	-	•	77,2	46,2	32,8	25,9	14,2	8,9	6,2
			-	•	-	77,8	46,6	33,0	26,1	14,3	9,0	6,3
	' _		. .		•	78,4	46,9	33,3	26,3	14,5	9,1	6,3
			•		•	78,9	47,3	33,5	26,5	14,6	9,2	6,4
	•		•	•	•	79,4	47,6	33,7	26,7	14,7	9,2	6,5
	,		•	-	•	,	47,8	34,0	26,9	14,8	9,3	6,5
	•		•	,	•	80,3	48,1	34,1	27,0	14,9	9,4	6,6
100	300.3	200.2			-	•	48,4	34,3	27,2	15,0	9,4	6,6
45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95	276,3 279,5 282,4 285,0 287,4 289,6 291,7 293,6 295,5 297,2 298,8	186,8 188,6 190,2 191,6 193,0 194,2 195,4 196,5 197,5 198,5 199,4	166,4 168,0 169,5 170,8 172,0 173,1 174,2 175,1 176,1 176,9 177,7	105,7 106,8 107,7 108,6 109,3 110,1 110,7 111,4 112,0 112,5 113,1	82,2 83,0 83,8 84,5 85,1 85,7 86,3 86,8 87,3 87,7 88,1	74,1 75,0 75,8 76,5 77,2 77,8 78,4 78,9 79,4 79,9 80,3	44,4 44,9 45,4 45,8 46,6 46,9 47,3 47,6 47,8 48,1	31,5 31,8 32,2 32,5 32,8 33,0 33,3 33,5 33,7 34,0	25,2 25,5 25,7 25,9 26,1 26,3 26,5 26,7 26,9 27,0	13,8 13,9 14,1 14,2 14,3 14,5 14,6 14,7 14,8 14,9	8,6 8,7 8,8 8,9 9,0 9,1 9,2 9,2 9,3 9,4	6,0 6,1 6,2 6,3 6,3 6,4 6,5 6,5

Quantis Calculados na Análise de Frequência Estação Pluviográfica de Piumhi - 02045012 Intensidade (mm/h)

Tr	5 min	10 min	15 min	30 min	45 min	1 Hora	2 Horas	3 Horas	4 Horas	8 Horas	14 Horas	24 Horas
	158,4	124,0	105,9	72,7	53,7	46,7	26,8	18,9	14,7	8,1	5,3	3,6
2	165,2	127,6	109,3	75,1	55,4	48,0	27,4	19,4	15,1	8,3	5,5	3,7
5	209,0	151,1	131,4	90,4	66,1	56,1	31,5	22,7	17,9	9,8	6,6	4,5
_	235,7	165,5	144,9	99,7	72,6	61,1	33,9	24,7	19,6	10,8	7,4	5,1
	250,4	173,4	152,3	104,9	76,2	63,8	35,3	25,8	20,5	11,5	7,8	5,4
	260,7	178,9	157,5	108,5	78,8	65,7	36,2	26,5	21,2	11,9	8,1	5,7
	⁻ 268,6	183,2	161,5	111,3	80,7	67,2	37,0	27,1	21,6	12,3	8,4	5,9
	275,0	186,6	164,7	113,5	82,3	68,4	37,6	27,6	22,1	12,6	8,6	6,0
	280,4	189,5	167,5	115,4	83,6	69,4	38,1	28,0	22,4	12,8	8,8	6,1
	285,0		169,8	117,1	84,7	70,3	_38,5	28,3	22,7	13,0	8,9	6,3
45	289,1	194,2	171,9	118,5	85,7	71,0	38,9	28,6	22,9	13,2	9,0	6,4
	292,8	196,2	173,7	119,8	86,6	71,7	39,2	28,9	23,2	13,4	9,2	6,4
	296,1	197,9	175,4	120,9	87,4	72,3	39,5	29,1	23,4	13,6	9,3	6,5
60	299,1	199,5	176,9	122,0	88,2	72,9	39,8	29,4	23,6	13,7	9,4	6,6
	301,9	201,0	178,3	123,0	88,8	73,4	40,0	29,6	23,7	13,9	9,5	6,7
	304,4		179,6	123,9	89,5	73,9	40,3	29,8	23,9	14,0	9,5	6,7
75	306,8	203,7	180,8	124,7	90,0	74,3	40,5	29,9	24,1	14,1	9,6	6,8
	,	204,9	181,9	•	90,6	74,7	40,7	30,1	24,2	14,2	9,7	6,9
	311,1	206,0	183,0	126,2	91,1	75,1	40,9	30,3	24,3	14,3	9,8	6,9
90	313,1	207,1	184,0	126,9	91,6	75,5	41,1	30,4	24,5	14,4	9,8	7,0
95	314,9	208,1	184,9	127,6	92,0	75,8	41,2	30,5	24,6	14,5	9,9	7,0
100	316,7	209,0	185,8	128,2	92,5			30,7	24,7	14,6	10,0	7,0

Quantis Calculados na Análise de Frequência Estação Pluviográfica de Santo Antônio do Monte - 02045013 Intensidade (mm/h)

mr.	:	10 min	15 min	20 min	45 min	1 Hora	2 Horas	3 Horas	4 Horas	8 Horas	14 Horas	24 Horas
					53,4	43,6	26,9	19,5	15,3	8,4	5,5	3,9
1,8	155,6	123,6	104,6	69,2	, _	45,3	28,0	20,3	15,9	8,7	5,7	4,0
2	162,9	127,7	107,5	71,6	55,5	•		25,1	19,6	10,6	6,7	4,8
5	209,3	153,6	126,4	87,0	69,2	56,3	34,6	•	21,9	11,8	7,4	5,2
10	237,6	169,5	138,0	96,4	77,5	63,0	38,6	28,1		•	7,7	5,5
15	253,3	178,2	144,3	101,6	82,1	66,7	40,8	29,7	23,2	12,4	_ * _	•
20	264,2	184,3	148,8	105,2	85,3	69,3	42,4	30,8	24,0	12,9	8,0	5,7
25	272,6	189,0	152,2	108,0	87,8	71,2	43,6	31,7	24,7	13,2	8,1	5,8
30	279,4	192,8	155,0	110,3	89,8	72,8	44,5	32,4	25,3	13,5	8,3	5,9
35	285,1	196,0	157,3	112,2	91,5	74,2	45,4	33,0	25,7	13,8	8,4	6,0
40	290,1	198,8	159,3	113,8	92,9	75,4	46,1	33,5	26,1	14,0	8,5	6,1
45		201,2	161,1	115,3	94,2	76,4	46,7	34,0	26,5	14,2	8,6	6,2
50	298,3	203,4	162,6	116,5	95,3	77,3	47,2	34,4	26,8	14,3	8,7	6,3
55			164,1	117,7	96,4	78,1	47,7	34,8	27,1	14,5	8,8	6,3
	•		165,4	118,8	97,3	78,9	48,2	35,1	27,3	14,6	8,9	6,4
60	305,0		166,6	119,7	98,2	79,6	48,6	35,4	27,6	14,7	8,9	6,4
65	307,9		•	-	99,0	80,2	49,0	35,7	27,8	14,8	9,0	6,5
70	310,7		167,7	120,6		-	49,4	36,0	28,0	14,9	9,1	6,5
75	313,2		168,7	121,5	99,7	80,8	•	•	28,2	15,0	9,1	6,5
80	315,5	213,0	169,7	122,3	100,4	81,4	49,7	36,2	•		•	6,6
85	317,8	214,3	170,6	123,0	101,1	81,9	50,0	36,4	28,4	15,1	9,2	•
90	319,9	215,5	171,4	123,7	101,7	82,4	50,3	36,7	28,5	15,2	9,2	6,6
95	321,8		172,2	124,4	102,3	82,9	50,6	36,9	28,7	15,3	9,2	6,7
100	323,7	217,6	173,0	125,0	102,8	83,3	50,9	37,1	28,8	15,4	9,3	6,7

ENDEREÇOS DA CPRM

http://www.cprm.gov.br

Sede

SGAN - Quadra 603 - Módulo I - 1º andar

CEP: 70830-030 - Brasília - DF

Telefone: 0 (XX) (61) 312-5253 (PABX)

Escritório do Rio de Janeiro

Av. Pasteur, 404

CEP: 22290-240 - Rio de Janeiro - RJ

Telefone: 0 (XX) (21) 295-0032 (PABX)

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Av. Pasteur, 404

CEP: 22290-240 - Rio de Janeiro - RJ

Telefones: 0 (XX) (21) 295-8248 ou 295-0032 (PABX)

Departamento de Apoio Técnico

Av. Pasteur, 404

CEP: 22290-240 - Rio de Janeiro - RJ

Telefones: 0 (XX) (21) 295-4196 ou 295-0032 (PABX)

Divisão de Documentação Técnica

Av. Pasteur, 404

CEP: 22290-240 - Rio de Janeiro - RJ

Telefones: 0 (XX) (21) 295-5997 ou 295-0032 (PABX)

Superintendência Regional de Belém

Av. Dr. Freitas, 3645 - Bairro do Marco

CEP: 66095-110 – Belém – PA

Telefone: 0 (XX) (91) 246-8577

Superintendência Regional de Belo Horizonte

Av. Brasil, 1731 – Bairro Funcionários

CEP: 30140-002 - Belo Horizonte - MG

Telefone: 0 (XX) (31) 261-3037

Superintendência Regional de Goiânia

Rua 148, 485 – Setor Marista

CEP: 74170-110 - Goiânia - GO

Telefone: 0 (XX) (62) 281-1522

Superintendência Regional de Manaus

Av. André Araújo, 2160 - Aleixo

CEP: 69065-001 - Manaus - AM

Telefone: 0 (XX) (92) 663-5614

Superintendência Regional de Porto Alegre

Rua Banco da Província, 105 - Bairro Santa Teresa

CEP: 90840-030 - Porto Alegre - RS

Telefone: 0 (XX) (51) 233-7311

Superintendência Regional de Recife

Av. Beira Rio, 45 - Madalena

CEP: 50640-100 - Recife - PE

Telefone: 0 (XX) (81) 227-0277

Superintendência Regional de Salvador

Av. Ulysses Guimarães, 2862 Sussuarana

Centro Administrativo da Bahia

CEP: 41213-000 - Salvador - BA

Telefone: 0 (XX) (71) 230-9977

Superintendência Regional de São Paulo

Rua Domingos de Morais, 2463 - Vila Mariana

CEP: 04035-000 - São Paulo - SP

Telefone: 0 (XX) (11) 574-7977

Residência de Fortaleza

Av. Santos Dumont, 7700 - 1 ao 4 andar - Bairro Papicu

60150-163 - Fortaleza - CE

Telefone: 0 (XX) (85) 265-1288

Residência de Porto Velho

Av. Lauro Sodré, 2561 - Bairro Tanques

CEP: 78904-300 - Porto Velho - RO

Telefone: 0 (XX) (69) 223-384

Residência de Terezina

Rua Golás, 312 - Sul

CEP: 640001-570 - Teresina - Pl

Telefone: 0 (XX) (86) 222-4153