



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, SANEAMENTO E OBRAS
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS

*EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS
DO ESTADO DE SÃO PAULO*

CONVÊNIO DAEE - USP

Junho de 1999

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, SANEAMENTO E OBRAS
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS

EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Edição Revisada
Outubro de 1999

Francisco Martinez Júnior
Nelson Luiz Goi Magni

Convênio Departamento de Águas e Energia Elétrica e
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
São Paulo
1999

SUMÁRIO

	Pág.
EQUIPE TÉCNICA.....	V
LISTA DE TABELAS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE SIGLAS.....	XIII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XIV
RESUMO / ABSTRACT.....	XV
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 EQUAÇÕES ANTERIORMENTE ELABORADAS PARA O ESTADO DE SÃO PAULO... 2	2
2.1 Equação Geral.....	5
2.2 Equações “Eng ^o Otto Pfafstetter”.....	6
2.3 Equações do tipo “ln ln”.....	8
3 ELABORAÇÃO DE NOVAS EQUAÇÕES PARA O ESTADO DE SÃO PAULO..... 11	11
3.1 Metodologia.....	11
3.2 Locais selecionados para a elaboração de equações.....	12
3.3 Desenvolvimento do trabalho.....	17
3.3.1 Leitura de pluviogramas e digitação pela Prodesp.....	17
3.3.2 Análise dos dados gravados e geração das séries históricas.....	17
3.3.3 Equacionamento.....	17
3.4 Resultados obtidos.....	18
3.4.1 Relação intensidade – duração – período de retorno para Andradina.....	19
3.4.2 Relação intensidade – duração – período de retorno para Araraquara.....	22
3.4.3 Relação intensidade – duração – período de retorno para Bauru.....	25

3.4.4	Relação intensidade – duração – período de retorno para Botucatu.....	28
3.4.5	Relação intensidade – duração – período de retorno para Bragança Paulista.....	31
3.4.6	Relação intensidade – duração – período de retorno para Cachoeira Paulista.....	34
3.4.7	Relação intensidade – duração – período de retorno para Campos do Jordão.....	37
3.4.8	Relação intensidade – duração – período de retorno para Cubatão.....	40
3.4.9	Relação intensidade – duração – período de retorno para Eldorado.....	43
3.4.10	Relação intensidade – duração – período de retorno para Garça.....	46
3.4.11	Relação intensidade – duração – período de retorno para Iacri.....	49
3.4.12	Relação intensidade – duração – período de retorno para Iguape.....	52
3.4.13	Relação intensidade – duração – período de retorno para Itararé.....	55
3.4.14	Relação intensidade – duração – período de retorno para Itu.....	58
3.4.15	Relação intensidade – duração – período de retorno para Leme.....	61
3.4.16	Relação intensidade – duração – período de retorno para Lins.....	64
3.4.17	Relação intensidade – duração – período de retorno para Martinópolis.....	67
3.4.18	Relação intensidade – duração – período de retorno para Piracicaba.....	70
3.4.19	Relação intensidade – duração – período de retorno para Piraju.....	73
3.4.20	Relação intensidade – duração – período de retorno para Salto Grande.....	76
3.4.21	Relação intensidade – duração – período de retorno para S. J. do Rio Pardo.....	79
3.4.22	Relação intensidade – duração – período de retorno para S. J. do Rio Preto.....	82
3.4.23	Relação intensidade – duração – período de retorno para São Paulo.....	85
3.4.24	Relação intensidade – duração – período de retorno para Serrana.....	88
3.4.25	Relação intensidade – duração – período de retorno para Tapiraí.....	91
3.4.26	Relação intensidade – duração – período de retorno para Tatuí.....	94
3.4.27	Relação intensidade – duração – período de retorno para Taubaté.....	97
3.4.28	Relação intensidade – duração – período de retorno para Teodoro Sampaio.....	100

3.4.29 Relação intensidade – duração – período de retorno para Ubatuba.....	103
3.4.30 Relação intensidade – duração – período de retorno para Votuporanga.....	106
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS PARA A CIDADE DE SÃO PAULO.....	109
5 CONCLUSÕES.....	121
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124

EQUIPE TÉCNICA

Diretor do CTH: Eng^o Mario Thadeu Leme de Barros

Coordenador do Estudo: Eng^o Francisco Martinez Júnior

Eng^o Nelson Luiz Goi Magni

Estagiários: André Luiz Morelli

Fabiana Machado Ruivo

Fábio Nakamoto

Leonel Harada

Melissa Carla Moraes Silva

Renildo Alves Guimarães Júnior

Sandra Uemura

Sara Diva da Costa Reis

Valéria Carvalho

Colaboração: Eng^a Elisabeth Vasconcellos Amadio

Eng^o Sérgio Roberto Cirne de Toledo

Eng^o Yuiti Fushiguro

Tecnólogo João Batista Mendes

Bibliotecária Elza Maria Maciel Cavalheiro

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 2.1 - Equações Intensidade-Duração-Frequência anteriores a este estudo.....	2
Tabela 2.2 - Parâmetros das Equações do Tipo Geral.....	5
Tabela 2.3 - Valores de α	7
Tabela 2.4 - Valores de β	7
Tabela 2.5 - Valores dos parâmetros a, b, c.....	8
Tabela 2.6 - Coeficientes das equações do tipo “ln ln”, elaborados entre 1979 e 1982.....	9
Tabela 2.7 - Coeficientes das equações do tipo “ln ln”.....	10
Tabela 3.1 - Locais selecionados para a elaboração dos estudos.....	13
Tabela 3.2 - Coeficientes das equações de chuvas intensas.....	17
Tabela 3.3 - Andradina: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	19
Tabela 3.4 - Andradina: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	19
Tabela 3.5 - Araraquara: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	22
Tabela 3.6 - Araraquara: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	22
Tabela 3.7 - Bauru: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	25
Tabela 3.8 - Bauru: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	25
Tabela 3.9 - Botucatu: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	28
Tabela 3.10 - Botucatu: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	28
Tabela 3.11 - Bragança Paulista: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	31
Tabela 3.12 - Bragança Paulista: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	31
Tabela 3.13 - Cachoeira Paulista: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	34
Tabela 3.14 - Cachoeira Paulista: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	34
Tabela 3.15- Campos do Jordão: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	37

Tabela 3.16 - Campos do Jordão: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	37
Tabela 3.17 - Cubatão: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	40
Tabela 3.18 - Cubatão: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	40
Tabela 3.19 - Eldorado: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	43
Tabela 3.20 - Eldorado: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	43
Tabela 3.21 - Garça: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	46
Tabela 3.22 - Garça: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	46
Tabela 3.23 - Iacri: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	49
Tabela 3.24 - Iacri: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	49
Tabela 3.25 - Iguape: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	52
Tabela 3.26 - Iguape: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	52
Tabela 3.27 - Itararé: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	55
Tabela 3.28 - Itararé: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	55
Tabela 3.29 - Itu: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	58
Tabela 3.30 - Itu: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	58
Tabela 3.31 - Leme: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	61
Tabela 3.32 - Leme: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	61
Tabela 3.33 - Lins: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	64
Tabela 3.34 - Lins: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	64
Tabela 3.35 - Martinópolis: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	67
Tabela 3.36 - Martinópolis: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	67
Tabela 3.37 - Piracicaba: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	70
Tabela 3.38 - Piracicaba: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	70
Tabela 3.39 - Piraju: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	73
Tabela 3.40 - Piraju: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	73

Tabela 3.41 - Salto Grande: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	76
Tabela 3.42 - Salto Grande: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	76
Tabela 3.43 - S. J. do Rio Pardo: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	79
Tabela 3.44 - S. J. do Rio Pardo: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	79
Tabela 3.45 - S. J. do Rio Preto: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	82
Tabela 3.46 - S. J. do Rio Preto: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	82
Tabela 3.47 - São Paulo: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	85
Tabela 3.48 - São Paulo: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	85
Tabela 3.49 - Serrana: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	88
Tabela 3.50 - Serrana: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	88
Tabela 3.51 - Tapiraí: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	91
Tabela 3.52 - Tapiraí: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	91
Tabela 3.53 - Tatuí: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	94
Tabela 3.54 - Tatuí: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	94
Tabela 3.55 - Taubaté: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	97
Tabela 3.56 - Taubaté: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	97
Tabela 3.57- Teodoro Sampaio: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.....	100
Tabela 3.58 - Teodoro Sampaio: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	100
Tabela 3.59 - Ubatuba: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	103
Tabela 3.60 - Ubatuba: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	103
Tabela 3.61 - Votuporanga: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	106
Tabela 3.62 - Votuporanga: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm.....	106
Tabela 4.1 - Equações de chuvas intensas para o posto do IAG, em São Paulo.....	109
Tabela 4.2 - Diferenças percentuais médias com relação às equações anteriores.....	110

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 - Locais/ postos com equações I-D-F anteriores à realização deste estudo.....	4
Figura 3.1 - Rede pluviográfica do DAEE.....	15
Figura 3.2 - Locais selecionados para a elaboração de equações.....	16
Figura 3.3 - Andradina: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	20
Figura 3.4 - Andradina: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	21
Figura 3.5 - Araraquara: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	23
Figura 3.6 - Araraquara: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	24
Figura 3.7 - Bauru: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	26
Figura 3.8 - Bauru: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	27
Figura 3.9 - Botucatu: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	29
Figura 3.10 - Botucatu: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	30
Figura 3.11 - Bragança Paulista: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	32
Figura 3.12 - Bragança Paulista: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	33
Figura 3.13 - Cachoeira Paulista: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	35
Figura 3.14 - Cachoeira Paulista: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	36
Figura 3.15 - Campos do Jordão: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	38
Figura 3.16 - Campos do Jordão: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	39
Figura 3.17 - Cubatão: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	41
Figura 3.18 - Cubatão: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	42
Figura 3.19 - Eldorado: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	44
Figura 3.20 - Eldorado: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	45

Figura 3.21 - Garça: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	47
Figura 3.22 - Garça: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	48
Figura 3.23 - Iacri: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	50
Figura 3.24 - Iacri: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	51
Figura 3.25 - Iguape: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	53
Figura 3.26 - Iguape: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	54
Figura 3.27 - Itararé: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	56
Figura 3.28 - Itararé: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	57
Figura 3.29 - Itu: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	59
Figura 3.30 - Itu: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	60
Figura 3.31 - Leme: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	62
Figura 3.32 - Leme: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	63
Figura 3.33 - Lins: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	65
Figura 3.34 - Lins: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	66
Figura 3.35 - Martinópolis: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	68
Figura 3.36 - Martinópolis: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	69
Figura 3.37 - Piracicaba: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	71
Figura 3.38 - Piracicaba: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	72
Figura 3.39 - Piraju: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	74
Figura 3.40 - Piraju: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	75
Figura 3.41 - Salto Grande: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	77
Figura 3.42 - Salto Grande: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	78
Figura 3.43 - S. J. do Rio Pardo: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	80
Figura 3.44 - S. J. do Rio Pardo: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	81
Figura 3.45 - S. J. do Rio Preto: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	83

Figura 3.46 - S. J. do Rio Preto: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	84
Figura 3.47 - São Paulo: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	86
Figura 3.48 - São Paulo: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	87
Figura 3.49 - Serrana: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	89
Figura 3.50 - Serrana: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	90
Figura 3.51 - Tapiraí: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	92
Figura 3.52 - Tapiraí: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	93
Figura 3.53 - Tatuí: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	95
Figura 3.54 - Tatuí: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	96
Figura 3.55 - Taubaté: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	98
Figura 3.56 - Taubaté: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	99
Figura 3.57 - Teodoro Sampaio: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	101
Figura 3.58 - Teodoro Sampaio: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	102
Figura 3.59 - Ubatuba: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	104
Figura 3.60 - Ubatuba: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	105
Figura 3.61 - Votuporanga: Curvas I-D-F em função do período T (anos).....	107
Figura 3.62 - Votuporanga: Curvas I-D-F em função da duração t (minutos).....	108
Figura 4.1 - São Paulo: equações para $t = 10$ minutos.....	111
Figura 4.2 - São Paulo: equações para $t = 20$ minutos.....	112
Figura 4.3 - São Paulo: equações para $t = 30$ minutos.....	113
Figura 4.4 - São Paulo: equações para $t = 60$ minutos.....	114
Figura 4.5 - São Paulo: equações para $t = 120$ minutos.....	115
Figura 4.6 - São Paulo: equações para $t = 180$ minutos.....	116
Figura 4.7 - São Paulo: equações para $t = 360$ minutos.....	117
Figura 4.8 - São Paulo: equações para $t = 720$ minutos.....	118

Figura 4.9 - São Paulo: equações para $t = 1080$ minutos.....	119
Figura 4.10 - São Paulo: equações para $t = 1440$ minutos.....	120
Figura 5.1 - Municípios com equações I-D-F no Estado de São Paulo.....	123

LISTA DE SIGLAS

CTH – Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica

DEPV – Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Vôo do Ministério da Aeronáutica

DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

DNOS – Departamento Nacional de Obras e Saneamento

ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

IAC – Instituto Agrônomo de Campinas

IAG – Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

PRODESP – Companhia de Processamento de Dados do Estado de São Paulo

USP – Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

t : duração da precipitação intensa

T : tempo de recorrência ou período de retorno da precipitação, em anos

$i_{t,T}$: intensidade da chuva (mm/min) para a duração t (min) e período de retorno T (anos)

C, to, n, k, m, d, p : parâmetros das equações do tipo Geral (Equações 2.1 a 2.5)

$h_{t,T}$: altura da precipitação, correspondente à duração t e ao período de retorno T , em mm

$\alpha, \beta, \gamma, a, b, c$: parâmetros das equações “Eng^o Otto Pfafstetter” (Equação 2.6)

$A, B, C, D, E, F, G, M, P, Q$: parâmetros das equações do tipo “ln ln” (Equações 2.7, 2.8 e 3.5)

$M_{(i)t}$: média das intensidades médias das chuvas intensas correspondentes à duração t

$\sigma_{(i)t}$: desvio-padrão das intensidades médias de chuvas intensas correspondente à duração t

$K_{n,T}$: fator de frequência para a distribuição de Gumbel, função do número de anos da série de precipitações e do período de retorno T

y : variável reduzida da distribuição de Gumbel

\bar{y} : média da variável reduzida da distribuição de Gumbel

σ_y : desvio-padrão da variável reduzida da distribuição de Gumbel.

RESUMO

Esta publicação é uma síntese dos estudos efetuados no contexto do “Convênio DAEE-USP”, sob o patrocínio do qual foi realizada a análise das precipitações intensas para 30 localidades do Estado de São Paulo.

O objetivo dos estudos foi a definição de equações de chuvas intensas para localidades situadas em regiões delas desprovidas, e, para as localidades que já contavam com equações anteriormente elaboradas, nos casos em que havia disponibilidade de dados, verificação e proposição de novas equações.

As equações elaboradas, que relacionam intensidade, duração e período de retorno das precipitações, incorporam a expressão proposta por Ven-Te-Chow para as análises hidrológicas, admitindo-se que as precipitações intensas atendam à distribuição estatística de Gumbel.

Para o posto do IAG, localizado na cidade de São Paulo, os valores de máximas intensidades de precipitações calculados com a nova equação são comparados aos obtidos com outras três equações anteriormente formuladas.

ABSTRACT

This publication was made under the sponsorship of both DAEE and University of São Paulo, as the result of the analyses that were carried out with the aim of studying the storms recorded in 30 rainfall-gauge stations in the State of São Paulo.

Intensity-duration-recurrence period equations were derived for recording rainfall-gauge stations located in regions where such equations had not been determined previously. By the other hand, new equations, based upon new data series recorded recently, were derived for stations where I-D-F equations had been determined previously.

The I-D-F equations that are presented in this paper are based on the Ven-The-Chow general frequency equation and on the assumption that the rainfall maxima sample values are distributed accordingly with the Extreme Values Type I statistical distribution.

A comparative study between the results obtained with the new equation and those based on the previous equations, for the IAG recording rainfall-gauge station, in the city of São Paulo, is presented also.

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento das características das precipitações intensas, de curta duração, é de grande importância para o dimensionamento de obras hidráulicas em geral, tais como: galerias de águas pluviais, canalizações de córregos, calhas de escoamento, bueiros, canais de irrigação e drenagem, vertedores de barragens.

Em particular, para os córregos situados nas zonas urbanas, a previsão de descargas de cheias baseada em medições diretas não é recomendável, em função dos extravasamentos e represamentos muitas vezes verificados. Outrossim, observa-se que a execução de projetos de canalização de cursos d'água, assim como o processo de urbanização, proporcionam descargas completamente diferentes das anteriormente observadas, tornando pouco significativas as enchentes já ocorridas para as previsões futuras.

Para uma certa intensidade de chuva, constante e igualmente distribuída sobre uma bacia hidrográfica, a máxima vazão a ser verificada numa seção corresponde a uma duração de chuva igual ao “tempo de concentração da bacia”, a partir da qual a vazão é constante. Assim, o dimensionamento das obras hidráulicas exige o conhecimento da relação entre a intensidade, a duração e a frequência da precipitação.

As relações entre intensidade, duração e frequência das precipitações intensas, devem ser deduzidas a partir das observações de chuvas ocorridas durante um período de tempo longo, suficientemente grande para que seja possível considerar as frequências como probabilidades. Essas relações se traduzirão por uma família de curvas intensidade- duração, uma para cada frequência, ou período de retorno.

Entre 1979 e 1982, uma equipe de técnicos do CTH determinou as equações de chuvas intensas para 11 postos pluviográficos do Estado de São Paulo. Considerando-se as equações elaboradas por outras entidades e autores, pudemos identificar, até 1998, a existência de equações para 27 postos pluviográficos, situados em 21 municípios. Analisando-se esses estudos, constata-se que:

- algumas das equações basearam-se num número pouco representativo de anos de chuvas;
- as equações existentes, até então, não cobriam satisfatoriamente todo o Estado de São Paulo, havendo regiões para as quais elas não foram elaboradas.

Diante do quadro acima exposto, e considerando-se o pessoal técnico disponível, decidiu-se realizar estudos, para 30 localidades, objetivando-se:

- elaboração de equações para localidades situadas em regiões delas desprovidas;
- para as localidades que já contavam com equações, nos casos em que havia disponibilidade de dados, verificação e proposição de novas equações.

2 EQUAÇÕES ANTERIORMENTE ELABORADAS PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

Na Tabela 2.1 constam as localidades do Estado de São Paulo que contavam com equações de chuvas intensas, anteriormente à realização deste estudo, identificando-se os respectivos postos, coordenadas, altitude e outras informações pertinentes. Na Figura 2.1 é mostrada a localização destes postos.

Tabela 2.1 - Equações Intensidade- Duração- Freqüência anteriores a este estudo

Município	Nome do Posto/ Entidade	Coordenadas	Alt. (m)	Autor/ Ano do Estudo	Dados Utilizados		Duração do Posto
					Período	Nº anos	
Aparecida	Bonfim D2-065/ DAEE	22° 57' S 45° 15' W	690	Mero e Magni (82)	1965-78	14	1963-90
Avaré	Avaré 83773/ INMET	23° 06' S 48° 55' W	794	Mero e Magni (82)	1946-56 1969-73	16	1905-
				Pfafstetter (57)		9,973	
Barretos	Barretos 83625/ INMET	20° 33' S 48° 34' W	541	Mero e Magni (82)	1948-49 1958-65	10	1943-78
Bauru	Bauru 83722/ INMET	22° 19' S 49° 04' W	590	Mero e Magni (82)	1944-71	28	1940-78
				Pfafstetter (57)		9,350	
Campinas	Campinas/ IAC	22° 53' S 47° 04' W	710	Vieira (81)	1945-77	32	1941-
Campos do Jordão	Campos do Jordão 83705/ INMET	22° 44' S 45° 35' W	1600	Pfafstetter (57)		10,144	1932-77
Cotia	Cachoeira da Graça E3-034/ DAEE	23° 39' S 46° 57' W	880	Fushiguro e Magni (97)	1974-95	22	1969-
Itu	Pirapitingui E4-023/ DAEE	23° 20' S 47° 20' W	640	Fushiguro e Magni (97)	1974-84	11	1971-
Jaguariúna *	Arcadas (Amparo) D3-023/ DAEE	22° 43' S 46° 50' W	660	Toledo, Fushiguro e Magni (97)	1969-94	26	1969-
	Us.Ester(Cosmópolis) D4-052/ DAEE	22° 40' S 47° 13' W	560		1970-94	25	1970-

* Elaborada para atender solicitação do Município de Jaguariúna, pelo processo da “Estação-ano”, com os dados dos postos D3-023 e D4-052

Tabela 2.1 - Equações Intensidade- Duração- Frequência anteriores a este estudo (continuação)

Município	Nome do Posto/ Entidade	Coordenadas	Alt. (m)	Autor/ Ano do Estudo	Dados Utilizados		Duração do Posto
					Período	Nº anos	
Juquiá	Juquiá F4-020/ DAEE	24° 20' S 47° 37' W	67	Hidrobrasileira S A (75)	1969-71	3	1965-82
Lins	Lins 83674/ INMET	21° 40' S 49° 49' W	426	Mero e Magni (82)	1950-62	13	1937-
				Pfafstetter (57)		13,326	
Piracicaba	Piracicaba 83720/ INMET	22° 43' S 47° 38' W	573	Mero e Magni (82)	1946-55	10	1912-68
				Pfafstetter (57)		10,630	
	Piracicaba/ ESALQ	22° 42' S 47° 38' W	580	Vieira et al. (88)	1966-86	20	
	Tupi 83859/ INMET	22° 43' S 47° 33' W	550	Pfafstetter (57)		5,920	1941-67
Presidente Prudente	Pres. Prudente 83716/ INMET	22° 07' S 51° 23' W	460	Sudo et al. (81)	1972-79	8	1940-
				Figueiredo	1972-82	11	
Salto de Pirapora	Salto de Pirapora E4-025/ DAEE	23° 39' S 47° 34' W	600	Fushiguro e Magni (97)	1974-96	23	1971-
Santos	Santos 83782/ INMET	23° 56' S 46° 20' W	13	Mero e Magni (82)	1924-72	49	1909-
				Pfafstetter (57)		28,605	
	Itapema 83823/ INMET	23° 55' S 46° 25' W	3	Pfafstetter (57)		11,118	1928-57
São Carlos	São Carlos 83726/ INMET	22° 01' S 47° 54' W	856	Pfafstetter (57)		10,632	1928-
				Barbassa (91)	1950-88	27	
São Paulo	IAG – E3-035/ IAG – DAEE	23° 39' S 46° 38' W	780	Mero e Magni (79)	1931-79	49	1933-
				Wilken (72)	1934-59	26	
				Occhipinti (65)	1928-64	37	
	Congonhas/ DEPV	23° 37' S 46° 39' W	802	Pfafstetter (57)		5,476	1940-
	Mirante de Santana 83781/ INMET	23° 30' S 46° 37' W	792	Pfafstetter (57)		7,172	1936-
São Simão	São Simão 83669/ INMET	21° 29' S 47° 33' W	617	Mero e Magni (82)	1927-64	38	1922-
				Pfafstetter (57)		26,236	
Tapiraí	Tapiraí E4-055/ DAEE	23° 58' S 47° 30' W	870	Mero e Magni (82)	1970-78	9	1962-
Taubaté	Taubaté 347/ INMET	23° 01' S 45° 34' W	581	Pfafstetter (57)		5,963	1928-42
Ubatuba	Ubatuba E2-052/ DAEE	23° 26' S 45° 04' W	1	Mero e Magni (82)	1948-78	31	1947-94
	Ubatuba 83852/ INMET	23° 26' S 45° 04' W	6	Pfafstetter (57)		5,963	1928-54

Fontes: Barbassa [1991], DNAEE [1996], Hidrobrasileira S.A. [1975], Mero e Magni [1982], Occhipinti e Santos [1965], Pfafstetter [1982], Porto et al. [1997], Sudo et al. [1981], Vieira [1981], Vieira et al. [1988], Wilken [1978]

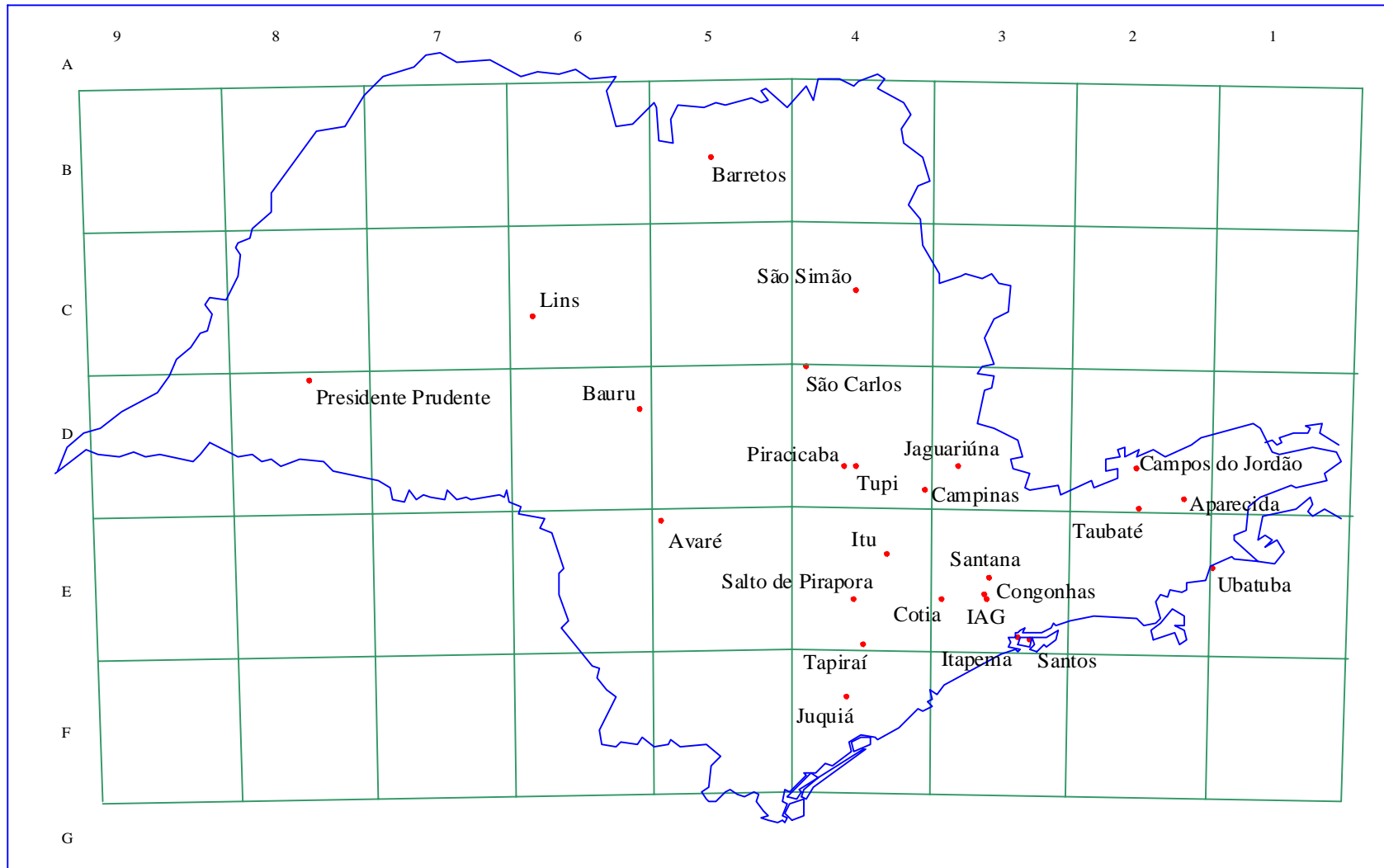


Figura 2.1 - Locais/Postos com equações I-D-F anteriores à realização deste estudo

Obs.Tupi e Piracicaba : município de Piracicaba
 Itapema e Santos : município de Santos
 Congonhas, IAG e Santana : município de São Paulo

As equações elaboradas para o Estado de São Paulo utilizam três tipos de funções intensidade-duração- frequência, conforme abaixo.

2.1 Equação Geral

De forma usual, a relação intensidade- duração- frequência das precipitações é representada por equações do tipo:

$$i = C.(t + t_0)^{-n} \quad (2.1)$$

onde: i : intensidade pluviométrica média máxima para a duração t , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

C, n, t_0 : parâmetros a determinar.

Os valores de C e n variam com o período de retorno T (em anos). As relações entre C - T e n - T são representadas por equações de 2 tipos:

I) $C = k.T^m$ (2.2)

Neste caso podemos ter n constante, ou $n = d.T^{-p}$ (2.3)

II) $C = k + m.\ln T$ (2.4)

$n = d + p.T$ (2.5)

onde: k, m, d, p são parâmetros a determinar.

A Tabela 2.2 fornece os parâmetros das equações elaboradas para o Estado de São Paulo.

Tabela 2.2 – Parâmetros das Equações do tipo Geral

Local	Tipo	Autores	Parâmetros das Equações						
			k	m	T_0	n	d	p	
Campinas	I	Vieira	42,081	0,1429	20,000	0,9483	---	---	
Juquiá	I	Hidrobrasileira S A	23,333	0,150	18,000	0,750	---	---	
Piracicaba	II	Vieira et al.	54,972	10,856	24,000	---	1,043	0,00004	
Presidente Prudente	I	Sudo et al.	13,9059	0,168	15,000	0,7247	---	---	
		Figueiredo	21,200	0,271	28,000	0,850	---	---	
São Carlos	I	Barbassa	25,330	0,236	16,000	0,935	---	---	
São Paulo	I	Wilken	29,130	0,181	15,000	0,890	---	---	
		Occhipinti	$t \leq 1$ h	27,960	0,112	15,000	---	0,860	0,0144
			$t > 1$ h	20,210	0,150	---	0,820	---	---

Fontes: Barbassa [1991], Hidrobrasileira SA [1975], Occhipinti [1965], Porto et al. [1997], Sudo et al. [1981], Wilken [1978], Vieira [1981], Vieira et al. [1988]

2.2 Equações “Eng^o Otto Pfafstetter”

O Eng^o Otto Pfafstetter, do DNOS- Departamento Nacional de Obras e Saneamento, foi o pioneiro no desenvolvimento de estudos relativos às chuvas intensas no Brasil. Em obra publicada em 1957, e reeditada em 1982, são apresentados os resultados de suas pesquisas, realizadas para 98 postos do então Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura, hoje INMET- Instituto Nacional de Meteorologia [Pfafstetter, 1982].

No que concerne ao Estado de São Paulo, foram elaboradas equações de precipitações intensas para 14 postos pluviográficos, localizados em 11 municípios: Avaré, Bauru, Campos do Jordão, Lins, Piracicaba, Santos, São Carlos, São Paulo, São Simão, Taubaté e Ubatuba. Entretanto, verifica-se que, em função da limitação de dados disponíveis na época, algumas das equações basearam-se num número pouco representativo de anos de chuvas observadas.

As precipitações máximas, em função de sua duração e tempo de recorrência, são definidas através da seguinte fórmula empírica:

$$h_{t,T} = T^{\alpha + \frac{\beta}{T^\gamma}} [a.t + b.\log(1 + c.t)] \quad (2.6)$$

onde:

$h_{t,T}$: altura da precipitação, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm;

T : tempo de recorrência em anos;

t : duração da precipitação em horas;

α : coeficiente que depende da duração da precipitação;

β : coeficiente que varia com o posto considerado e a duração da precipitação;

γ : coeficiente que assume o valor 0,25, para todo o Brasil;

a, b, c : coeficientes constantes para cada posto pluviográfico.

Os valores de α , em função da duração da precipitação, são indicados na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Valores de α

Duração	5 min.	15 min.	30 min.	1 h.	2 h.	4 h.	8 h.	14 h.	24 h.	48 h.	3 d.	4 d.	6 d.
α	0,108	0,122	0,138	0,156	0,166	0,174	0,176	0,174	0,170	0,166	0,160	0,156	0,152

Fonte: Pfafstetter [1982]

Os valores de β , em função da duração da precipitação, estão relacionados na Tabela 2.4. A Tabela 2.5 fornece os valores dos parâmetros a , b , c .

Tabela 2.4 - Valores de β

Município	Posto/ Entidade	Duração			
		5 min.	15 min.	30 min.	1h. a 6d.
Avaré	Avaré 83773/ INMET	0,00	0,04	0,08	0,08
Bauru	Bauru 83625/ INMET	- 0,04	0,08	0,08	0,08
Campos do Jordão	Campos do Jordão 83705/ INMET	- 0,04	0,08	0,12	0,12
Lins	Lins 83674/ INMET	0,00	0,04	0,08	0,04
Piracicaba	Piracicaba 83720/ INMET	- 0,08	0,04	0,12	0,08
	Tupi 83859/ INMET	- 0,08	0,12	0,12	0,04
Santos	Santos 83782/ INMET	0,12	0,12	0,16	0,20
	Itapema 83823/ INMET	0,12	0,20	0,20	0,12
São Carlos	São Carlos 83726/ INMET	- 0,04	0,08	0,08	0,12
São Paulo	Congonhas/ DEPV	- 0,04	0,04	0,04	0,04
	Mirante de Santana 83781/ INMET	- 0,04	0,12	0,12	0,04
São Simão	São Simão 83669/ INMET	0,00	0,04	0,08	0,08
Taubaté	Taubaté 347/ INMET	0,12	0,12	0,12	0,16
Ubatuba	Ubatuba 83852/ INMET	0,04	0,16	0,16	0,16

Fonte: Pfafstetter [1982]

Tabela 2.5 - Valores dos parâmetros a , b , c

Município	Posto/ Entidade	a	b	c
Avaré	Avaré 83773/ INMET	0,3	25	20
Bauru	Bauru 83722/ INMET	0,5	24	20
Campos do Jordão	Campos do Jordão 83705/ INMET	0,2	32	20
Lins	Lins 83674/ INMET	0,4	19	20
Piracicaba	Piracicaba 83720/ INMET	0,3	25	20
	Tupi 83859/ INMET	0,3	18	60
Santos	Santos 83782/ INMET	0,7	44	10
	Itapema 83823/ INMET	0,2	50	20
São Carlos	São Carlos 83726/ INMET	0,4	29	20
São Paulo	Congonhas/ DEPV	0,6	16	60
	Mirante de Santana 83781/ INMET	0,4	25	20
São Simão	São Simão 83669/ INMET	0,4	26	20
Taubaté	Taubaté 347/ INMET	0,3	24	20
Ubatuba	Ubatuba 83852/ INMET	0,6	46	10

Fonte: Pfafstetter [1982]

2.3 Equações do tipo “ln ln”

As equações do tipo “ln ln”, desenvolvidas entre 1979 e 1982 para o Estado de São Paulo, que consideram séries anuais e parciais de intensidades de chuvas [Mero e Magni, 1982], têm a forma:

$$i_{t,T} = A_j \cdot (t + B_j)^{C_j} + (t + D_j)^{E_k} \cdot \{F_k + G_k \cdot \ln \ln [T/ (T-1)]\} + M_j \cdot (t + P_j)^{Q_j} \cdot \ln (T-0,5) \quad (2.7)$$

sendo: $j = k = 1$, para $10 \text{ min.} \leq t \leq 60 \text{ min.}$

$j = k = 2$, para $60 \text{ min.} < t \leq 180 \text{ min.}$

$j = 2$ e $k = 3$, para $180 \text{ min} < t \leq 1440 \text{ min.}$

onde: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos;

$A, B, C, D, E, F, G, M, P, Q$: parâmetros que variam com o posto e a duração da chuva.

Na Tabela 2.6 são apresentados os valores dos parâmetros acima referenciados.

Tabela 2.6 - Coeficientes das equações do tipo “ln ln”, elaboradas entre 1979 e 1982

	Aparecida	Avaré	Barrretos	Bauru	Lins	Piracicaba	Santos	São Paulo	São Simão	Tapiraí	Ubatuba
A₁	46,38	100,00	19,18	15,79	32,19	43,20	18,85	37,05	33,54	70,01	10,38
B₁	30	30	20	15	15	20	---	20	20	30	15
C₁	-0,912	-1,109	-0,849	-0,719	-0,916	-0,988	-0,760	-0,914	-0,903	-1,060	-0,583
D₁	30	30	---	15	15	---	20	20	10	---	---
E₁	-0,912	-0,792	---	-0,719	-0,916	---	-0,760	-0,914	-0,461	---	-0,236
F₁	-8,174	-4,000	---	-2,224	-4,951	---	-3,315	-5,966	-0,608	---	-0,330
G₁	-15,91	-7,70	---	-4,17	-9,82	---	-6,08	-10,88	-1,121	---	-0,62
M₁	---	---	5,37	---	---	11,67	---	---	---	28,00	---
P₁	---	---	20	---	---	20	---	---	---	30	---
Q₁	---	---	-0,849	---	---	-0,988	---	---	---	-1,060	---
A₂	39,91	43,29	17,78	28,40	15,12	20,44	10,44	19,24	26,26	28,90	15,73
B₂	10	15	20	15	5	10	---	---	20	20	15
C₂	-0,923	-0,965	-0,834	-0,860	-0,768	-0,841	-0,662	-0,821	-0,851	-0,890	-0,682
D₂	10	15	---	15	5	---	---	---	10	---	---
E₂	-0,923	-0,951	---	-0,860	-0,768	---	-0,662	-0,821	-0,781	---	-0,236
F₂	-7,034	-6,995	---	-3,999	-2,325	---	-1,836	-3,098	-2,745	---	-0,330
G₂	-13,28	-13,47	---	-7,49	-4,61	---	-3,36	-5,65	-5,06	---	-0,62
M₂	---	---	4,98	---	---	5,52	---	---	---	11,56	---
P₂	---	---	20	---	---	10	---	---	---	20	---
Q₂	---	---	-0,834	---	---	-0,841	---	---	---	-0,890	---
E₃	-0,923	-0,951	---	-0,860	-0,768	---	-0,662	-0,821	-0,781	---	-0,724
F₃	-7,034	-6,995	---	-3,999	-2,325	---	-1,836	-3,098	-2,745	---	-4,302
G₃	-13,28	-13,47	---	-7,49	-4,61	---	-3,36	-5,65	-5,06	---	-8,04

Fonte: Mero e Magni [1982]

Posteriormente, equações do tipo “ln ln” foram desenvolvidas para quatro outras localidades, considerando-se apenas séries anuais de intensidades de chuvas, atendendo ao formato:

$$h_{t,T} = A_j \cdot (t + B_j)^{C_j} + D_k (t + E_k)^{F_k} \cdot \{-0,45005 - 0,77969 \cdot \ln \ln [T / (T-1)]\} \quad (2.8)$$

onde: $h_{t,T}$: altura da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm;

t : duração da chuva, em minutos para Jaguariúna e em horas para as outras 3 localidades;

T : período de retorno em anos;

A, B, C, D, E, F: parâmetros que variam com a localidade e a duração da chuva.

Os valores dos parâmetros são apresentados na Tabela 2.7

Tabela 2.7 – Coeficientes das equações do tipo “ln ln”

	Cotia j = k = 1: 1/6h ≤ t ≤ 24h	Itu j=1: 1/6h ≤ t ≤ 1,5h j=2: 1,5h < t ≤ 12 h j=3: 12h < t ≤ 24 h k=1: 1/6h ≤ t ≤ 1h k=2: 1h < t ≤ 24h	Jaguariúna j = k = 1: 10 min ≤ t ≤ 60 min	Salto de Pirapora j=1: 1/6h ≤ t ≤ 2,8h j=2: 2,8h < t ≤ 24h k=1: 1/6h ≤ t ≤ 10,1h k=2: 10,1h < t ≤ 24h
A₁	40,000	50,700	7,260	43,500
B₁	- 0,100	- 0,100	0,000	- 0,100
C₁	0,257	0,374	0,486	0,374
D₁	16,900	10,000	1,540	15,400
E₁	- 0,100	0,000	0,000	0,000
F₁	0,257	0,374	0,527	0,374
A₂	---	54,900	---	54,900
B₂	---	- 0,100	---	- 0,100
C₂	---	0,140	---	0,140
D₂	---	10,800	---	26,400
E₂	---	0,000	---	0,000
F₂	---	0,313	---	0,140
A₃	---	35,400	---	---
B₃	---	- 0,100	---	---
C₃	---	0,313	---	---

3 ELABORAÇÃO DE NOVAS EQUAÇÕES PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

3.1 Formulação matemática

Neste trabalho, para a definição das equações de chuvas intensas, optou-se por seguir uma formulação matemática similar à que havia sido anteriormente adotada por técnicos do CTH, entre 1979 e 1982, quando da elaboração de equações para 11 localidades do Estado de São Paulo, [Mero e Magni, 1982]. Desta feita, entretanto, optou-se por trabalhar somente com séries históricas anuais de intensidades de chuvas.

As equações que relacionam intensidade, duração e frequência das precipitações para cada localidade, incorporam a expressão proposta por Ven-Te-Chow para as análises hidrológicas [1951], admitindo-se que as precipitações intensas atendam à distribuição estatística de tipo I de Fisher-Tipett, conhecida, também, como a distribuição de Gumbel. Desse modo, nesse tipo de função, as características matemáticas da distribuição adotada são preservadas na estrutura da equação a ser definida.

As equações foram determinadas a partir da expressão:

$$i_{t,T} = M_{(i)t} + \sigma_{(i)t} \cdot K_{n,T} \quad (3.1)$$

$$\text{com:} \quad K_{n,T} = (y - \bar{y}) / \sigma_y = -(\bar{y} / \sigma_y) - (1 / \sigma_y) \cdot \ln \ln [(T / (T - 1))] \quad (3.2)$$

onde:

$i_{t,T}$: intensidade da chuva (mm/min) para a duração t (min) e período de retorno T (anos);

$M_{(i)t}$: média das intensidades médias das chuvas intensas correspondentes à duração t ;

$\sigma_{(i)t}$: desvio-padrão das intensidades médias das chuvas intensas correspondente à duração t ;

$K_{n,T}$: fator de frequência para a distribuição de Gumbel, função do número de anos da série de precipitações e do período de retorno T ;

y : variável reduzida da distribuição de Gumbel;

\bar{y} : média da variável reduzida da distribuição de Gumbel;

σ_y : desvio-padrão da variável reduzida da distribuição de Gumbel.

Admite-se a hipótese de que a média e o desvio-padrão das intensidades médias das chuvas variem com a duração, através de expressões do tipo:

$$M_{(i)t} = A (t + B)^C \quad (3.3)$$

$$\sigma_{(i)t} = D (t + E)^F \quad (3.4)$$

onde: A, B, C, D, E, F são parâmetros a serem determinados para cada localidade.

Substituindo-se as três expressões anteriores na expressão 3.1, temos:

$$i_{t,T} = A (t + B)^C + D (t + E)^F \cdot [G + H \cdot \ln \ln [T / (T - 1)]] \quad (3.5)$$

3.2 Locais seleccionados para a elaboração de equações

A Rede Pluviográfica do DAEE/ CTH, representada na Figura 3.1, instalada basicamente nas décadas de 1960 e 1970, compreende hoje um total de 147 postos. Os postos desativados são em número de 57. Entretanto, por volta de 1984, as leituras dos gráficos de chuvas intensas foram quase totalmente paralisadas, devido à falta de pessoal.

Para a seleção das 30 localidades em que foram efetivados os estudos (Tabela 3.1 e Figura 3.2), foram levados em conta os seguintes fatores:

- distribuição espacial, de modo a atender satisfatoriamente o Estado de São Paulo;
- variabilidade de altitude;
- população e importância econômica das localidades;
- locais com dados disponíveis e que contam com equações anteriores elaboradas pelo DAEE/ CTH, e/ou outras entidades e autores;
- número de anos de registro de chuvas dos postos;
- qualidade dos dados de chuvas disponíveis.

Tabela 3.1 – Locais selecionados para a elaboração dos estudos

Município	Prefixo	Nome do Posto	Lat.	Long.	Alt. (m)	Dados utilizados	
						Período	Nº anos
Andradina	B8-004R	Andradina	20°55'S	51°22'W	370	1972-96	25
Araraquara	C5-017R	Chibarro	21°53'S	48°09'W	580	1970 1973-91 1993-95 1997	24
Bauru	D6-036R	Bauru	22°19'S	49°02'W	540	1971-73 1975-95	24
Botucatu	D5-059M	Botucatu	22°57'S	48°26'W	873	1967 1970-82 1984-91 1993-97	27
Bragança Paulista	D3-072M	Bragança Paulista	22°57'S	46°32'W	860	1981-86 1988-93 1995	13
Cachoeira Paulista	D2-013R	Cachoeira Paulista	22°40'S	45°01'W	520	1956-68 1970-85 1988-94	36
Campos do Jordão	D2-096R	Campos do Jordão	22°42'S	45°29'W	1600	1973-85 1987-91 1993-97	23
Cubatão	E3-038R	Piaçaguera	23°52'S	46°23'W	5	1972-90 1992-96	24
Eldorado	F5-007R	Eldorado	24°31'S	48°06'W	20	1946 1948-50 1952-53 1956-68 1971-97	46
Garça	D6-092R	Mundo Novo	22°19'S	49°46'W	660	1971-76 1978-82 1984 1986-90 1993-96	21
Iacri	C7-054R	Iacri	21°52'S	50°42'W	510	1990-91 1993-98	8
Iguape	F4-040R	Momuna	24°42'S	47°40'W	5	1970-77 1979-80 1983-86 1989-90 1994-97	20
Itararé	F6-004R	Itararé	24°07'S	49°20'W	760	1970 1972-86 1988-89 1993-97	23

Tabela 3.1 – Locais selecionados para a elaboração dos estudos (continuação)

Município	Prefixo	Nome do Posto	Lat.	Long.	Alt. (m)	Dados utilizados	
						Período	Nº anos
Itu	E4-023R	Pirapitingui	23°20'S	47°20'W	640	1973-84 1986-89 1991-94 1997	21
Leme	D4-030R	Cresciumal	22°10'S	47°17'W	600	1971-96	26
Lins	C6-015R	Fazenda São Pedro	21°42'S	49°41'W	480	1974-89 1991-97	23
Martinópolis	D8-041R	Laranja Doce	22°15'S	51°10'W	430	1970-72 1974-97	27
Piracicaba	D4-104R	Piracicaba	22°43'S	47°39'W	500	1980-97	18
Piraju	E6-006M	Jurumirim	23°13'S	49°14'W	571	1972-82 1984-97	25
Salto Grande	D6-089M	Salto Grande	22°54'S	50°00'W	400	1959-64 1966-67 1969-97	37
São J. Rio Pardo	C3-035R	São J. Rio Pardo	21°36'S	46°54'W	660	1945-46 1948-69 1971-76 1978-96	49
São J. Rio Preto	B6-020R	São J. Rio Preto	20°48'S	49°23'W	470	1971-97	27
São Paulo	E3-035	IAG/USP	23°39'S	46°38'W	780	1933-97	65
Serrana	C4-083R	Serrana	21°13'S	47°36'W	540	1972-85 1988-94 1996	22
Tapiraí	E4-055R	Tapiraí	23°58'S	47°30'W	870	1969-97	29
Tatuí	E5-062R	Campo do Paiol	23°23'S	48°02'W	640	1971 1973-91 1993-97	25
Taubaté	E2-022R	Taubaté	23°02'S	45°34'W	610	1964-65 1969-88 1990-97	30
Teodoro Sampaio	D9-020R	Pontal	22°37'S	52°10'W	255	1976-97	22
Ubatuba	E2-052R	Ubatuba	23°26'S	45°04'W	1	1948 1950 1953-59 1963-94	41
Votuporanga	B6-036R	Votuporanga	20°26'S	49°59'W	510	1966-68 1970-75 1977-86 1988-97	29

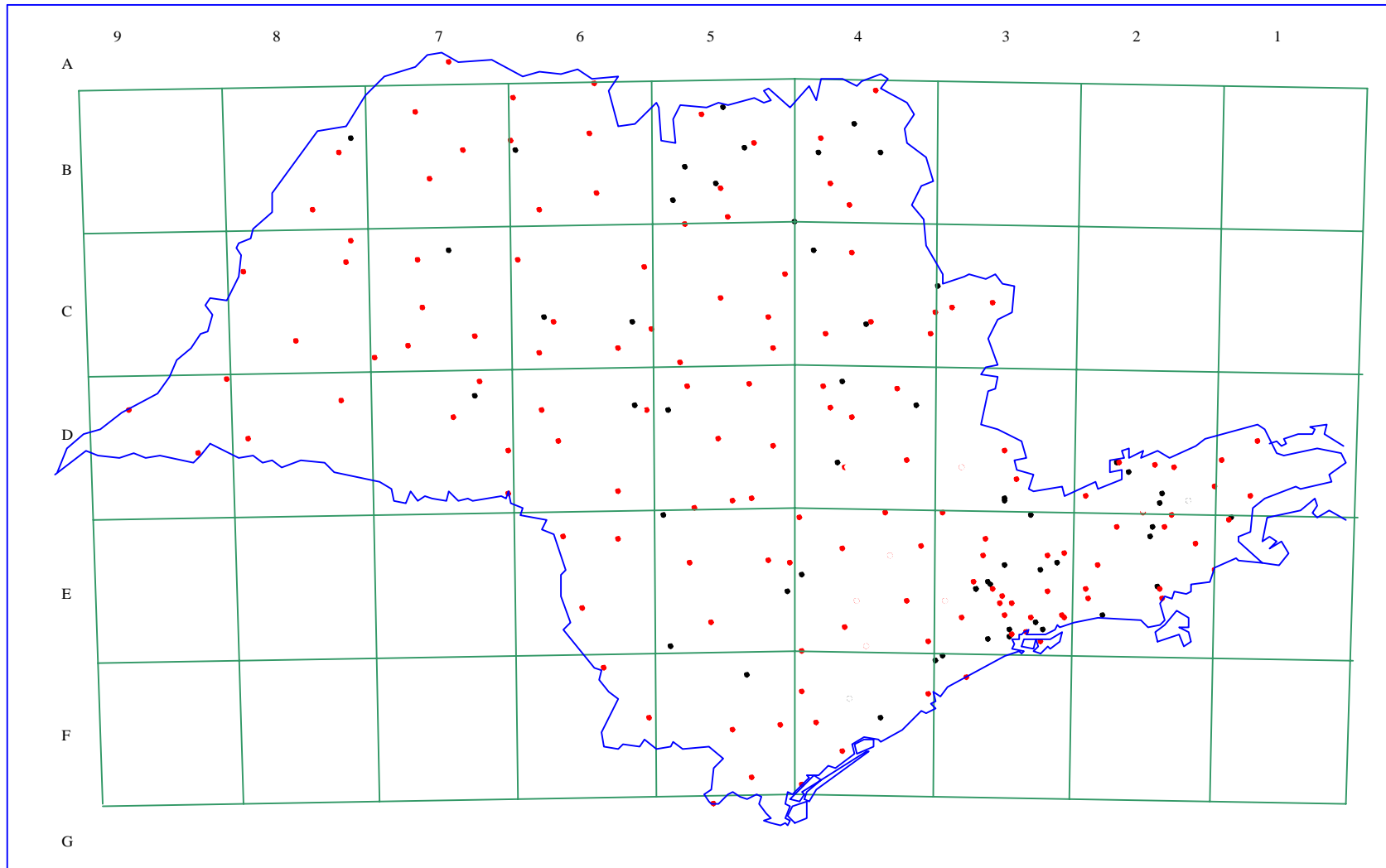


Figura 3.1 - Rede Pluviográfica do DAEE

- 147 Postos Ativos
- 57 Postos Extintos

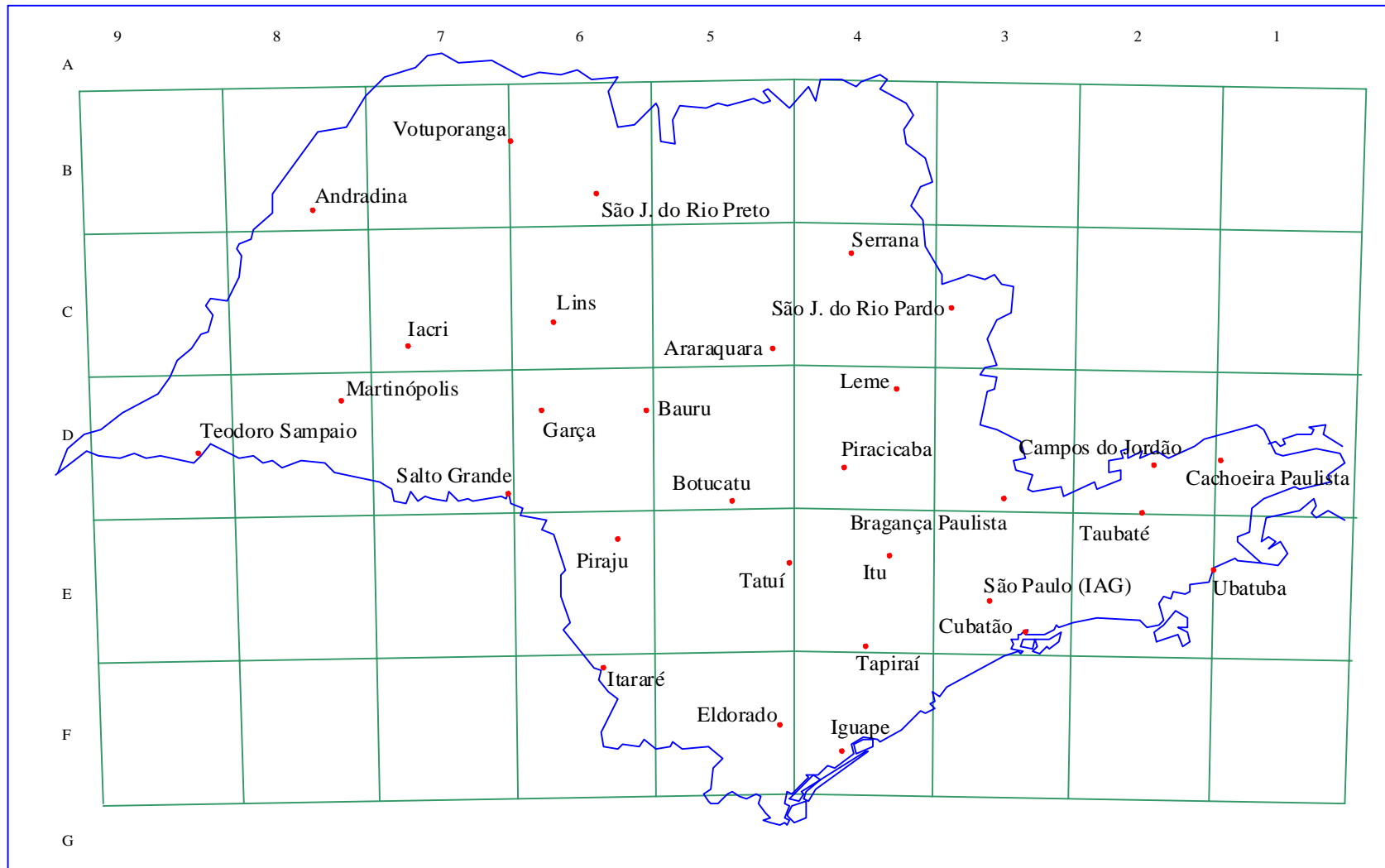


Figura 3.2 - Locais selecionados para elaboração de equações

3.3 Desenvolvimento do trabalho

O trabalho foi desenvolvido conforme as etapas relacionadas abaixo.

3.3.1 Leitura de pluviogramas e digitação pela Prodesp

Para os 30 locais selecionados, em função da paralisação que tinha ocorrido nas atividades de leitura, foi necessário efetuar as leituras dos pluviogramas, para períodos diversos, complementando os dados que faltavam até o ano de 1997. No caso específico do posto C7-054R, em função do número de anos da série histórica ser relativamente pequeno, a leitura foi estendida até 1998. No total, foram lidos 2426 eventos de precipitações intensas.

Os pluviogramas foram lidos através do chamado “Método do Ponto de Inflexão”, preenchendo-se folhas de codificação, que foram encaminhadas à Prodesp para digitação. O método utilizado para a leitura apresenta as seguintes vantagens:

- . rapidez na leitura e codificação;
- . maior facilidade para a digitação e a análise dos dados;
- . maior precisão nas leituras das precipitações, diminuindo-se a margem de erros para intervalos de tempo da ordem de 10 minutos.

3.3.2 Análise dos dados gravados e geração das séries históricas

- a) os dados digitados são recuperados através de um micro-computador conectado à Prodesp;
- b) utilizando-se um programa computacional desenvolvido no CTH, é realizada a consistência dos dados, obtendo-se arquivos com valores de alturas de chuva a cada intervalo de 5 minutos;
- c) os arquivos gerados são transmitidos via terminal para a Prodesp;
- d) pelo terminal Prodesp é acionado um programa computacional no “mainframe”, o qual, como produto, fornece as séries históricas de máximas intensidades de chuvas anuais, padronizadas para durações de precipitações de 10, 20, 30, 60, 120, 180, 360, 720, 1080 e 1440 minutos.

3.3.3 Equacionamento

- a) verificação do ajuste das precipitações intensas à distribuição de Gumbel e determinação da expressão genérica do fator de frequência ($K_{n,T}$);
- b) determinação, por regressão, das expressões matemáticas para a média e o desvio-padrão.

3.4 Resultados obtidos

A Tabela 3.2 mostra os coeficientes obtidos para as equações de chuvas intensas, concernentes às diversas estações pluviográficas analisadas, atendendo ao formato da Expressão 3.5.

Tabela 3.2 – Coeficientes das equações de chuvas intensas agrupadas em equações do tipo:
 $i_{t,T} = A (t + B)^C + D (t + E)^F \cdot [G + H \cdot \ln \ln [T / (T - 1)]]$ (3.5), para $10 \leq t \leq 1440$
 com $i_{t,T}$: intensidade da chuva (mm/min) para duração t (min) e período de retorno T (anos)

LOCALIDADE		COEFICIENTES							
		A	B	C	D	E	F	G	H
ANDRADINA		34,5743	20	-0,8809	2,6906	10	-0,6683	-0,4766	-0,8977
ARARAQUARA	$10 \leq t \leq 105$	32,4618	15	-0,8684	2,1429	15	-0,5482	-0,4772	-0,9010
	$105 < t \leq 1440$	32,4618	15	-0,8684	18,4683	15	-0,9984	-0,4772	-0,9010
BAURU		35,4487	20	-0,8894	5,9664	20	-0,7749	-0,4772	-0,9010
BOTUCATU		30,6853	20	-0,8563	3,9660	10	-0,7566	-0,4754	-0,8917
BRAGANÇA		33,7895	30	-0,8832	5,4415	10	-0,8442	-0,4885	-0,9635
CACHOEIRA		57,1456	30	-0,9495	22,7285	30	-0,9986	-0,4716	-0,8716
CAMPOS DO JORDÃO		19,1535	15	-0,7928	2,0341	5	-0,6590	-0,4778	-0,9046
CUBATÃO		25,1025	20	-0,7522	6,4266	20	-0,7050	-0,4772	-0,9010
ELDORADO		38,4622	30	-0,8939	19,0899	30	-0,9296	-0,4688	-0,8573
GARÇA		52,0793	30	-0,9365	12,1571	20	-0,9424	-0,4793	-0,9126
IACRI		33,3984	20	-0,8486	2,2482	5	-0,6276	-0,5009	-1,0334
IGUAPE	$10 \leq t \leq 120$	129,8902	77	-0,9373	1,7487	77	-0,2852	-0,4801	-0,9171
	$120 < t \leq 1440$	129,8902	77	-0,9373	31,7694	77	-0,8328	-0,4801	-0,9171
ITARARÉ		20,0196	10	-0,7961	11,4493	10	-0,9224	-0,4778	-0,9046
ITU		52,9364	30	-0,9526	8,0659	25	-0,8537	-0,4793	-0,9126
LEME		35,1348	20	-0,8823	7,9502	20	-0,8101	-0,4760	-0,8946
LINS		57,4647	30	-0,9386	16,5999	65	-0,9078	-0,4778	-0,9046
MARTINÓPOLIS		51,3805	30	-0,9334	20,5323	40	-0,9671	-0,4754	-0,8917
PIRACICABA		47,8273	30	-0,9110	19,2043	30	-0,9256	-0,4820	-0,9273
PIRAJU		37,3614	30	-0,8660	10,0167	60	-0,8427	-0,4766	-0,8977
SALTO GRANDE		26,4615	20	-0,8479	5,1394	10	-0,8016	-0,4713	-0,8699
SÃO JOSÉ DO RIO PARDO		24,1997	20	-0,8367	3,9564	10	-0,7504	-0,4681	-0,8540
SÃO JOSÉ DO RIO PRETO		57,6545	30	-0,9480	13,1313	30	-0,9485	-0,4754	-0,8917
SÃO PAULO		39,3015	20	-0,9228	10,1767	20	-0,8764	-0,4653	-0,8407
SERRANA		39,8213	25	-0,8987	9,1245	15	-0,8658	-0,4786	-0,9085
TAPIRAÍ		27,4379	20	-0,8447	4,3767	15	-0,7369	-0,4744	-0,8863
TATUI		19,7523	20	-0,7872	5,5111	20	-0,7609	-0,4766	-0,8977
TAUBATÉ		54,5294	30	-0,9637	11,0319	20	-0,9116	-0,4740	-0,8839
TEODORO SAMPAIO		47,2091	30	-0,9150	7,0141	20	-0,8321	-0,4786	-0,9085
UBATUBA		28,4495	40	-0,7564	17,2878	70	-0,8236	-0,4700	-0,8637
VOTUPORANGA		59,1192	30	-0,9566	7,5593	30	-0,8250	-0,4744	-0,8863

São a seguir apresentados, para cada posto pluviográfico, a posição geográfica, os períodos de dados utilizados, as equações obtidas, os valores previstos de intensidades e de alturas de chuvas, bem como as respectivas representações gráficas das equações.

3.4.1 Relação intensidade – duração – período de retorno para Andradina

Nome da estação: Andradina – B8-004R

Coordenadas geográficas: Lat. 20°55'S; Long. 51°22'W

Altitude: 370 m

Período de dados utilizados: 1972-96 (25 anos)

Equação: $i_{t,T} = 34,5743 (t+20)^{-0,8809} + 2,6906 (t+10)^{-0,6683} \cdot [-0,4766 - 0,8977 \ln \ln(T/T-1)]$ (3.6)

para $10 \leq t \leq 1440$

onde: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.3 – Andradina: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	100,5	122,6	137,3	145,6	151,4	155,9	169,7	183,3	196,9
20	78,0	94,9	106,1	112,5	116,9	120,3	130,8	141,2	151,6
30	64,1	78,0	87,3	92,5	96,2	99,0	107,6	116,2	124,8
60	42,3	51,9	58,3	61,9	64,4	66,3	72,3	78,2	84,1
120	25,8	32,1	36,3	38,7	40,4	41,6	45,6	49,5	53,4
180	18,8	23,7	27,0	28,8	30,1	31,1	34,1	37,2	40,2
360	10,6	13,8	15,9	17,0	17,9	18,5	20,5	22,4	24,3
720	5,9	7,9	9,2	9,9	10,5	10,9	12,1	13,4	14,6
1080	4,1	5,7	6,7	7,2	7,6	8,0	8,9	9,8	10,8
1440	3,2	4,5	5,3	5,8	6,1	6,4	7,2	7,9	8,7

Tabela 3.4 – Andradina: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	16,7	20,4	22,9	24,3	25,2	26,0	28,3	30,6	32,8
20	26,0	31,6	35,4	37,5	39,0	40,1	43,6	47,1	50,5
30	32,0	39,0	43,6	46,3	48,1	49,5	53,8	58,1	62,4
60	42,3	51,9	58,3	61,9	64,4	66,3	72,3	78,2	84,1
120	51,5	64,2	72,6	77,4	80,7	83,3	91,2	99,0	106,8
180	56,3	71,1	80,9	86,4	90,3	93,3	102,4	111,6	120,6
360	63,7	82,6	95,2	102,3	107,2	111,0	122,8	134,4	146,1
720	70,4	94,5	110,4	119,4	125,6	130,5	145,4	160,2	175,0
1080	74,2	101,8	120,0	130,3	137,6	143,1	160,2	177,2	194,2
1440	76,8	107,2	127,3	138,7	146,7	152,8	171,6	190,4	209,0

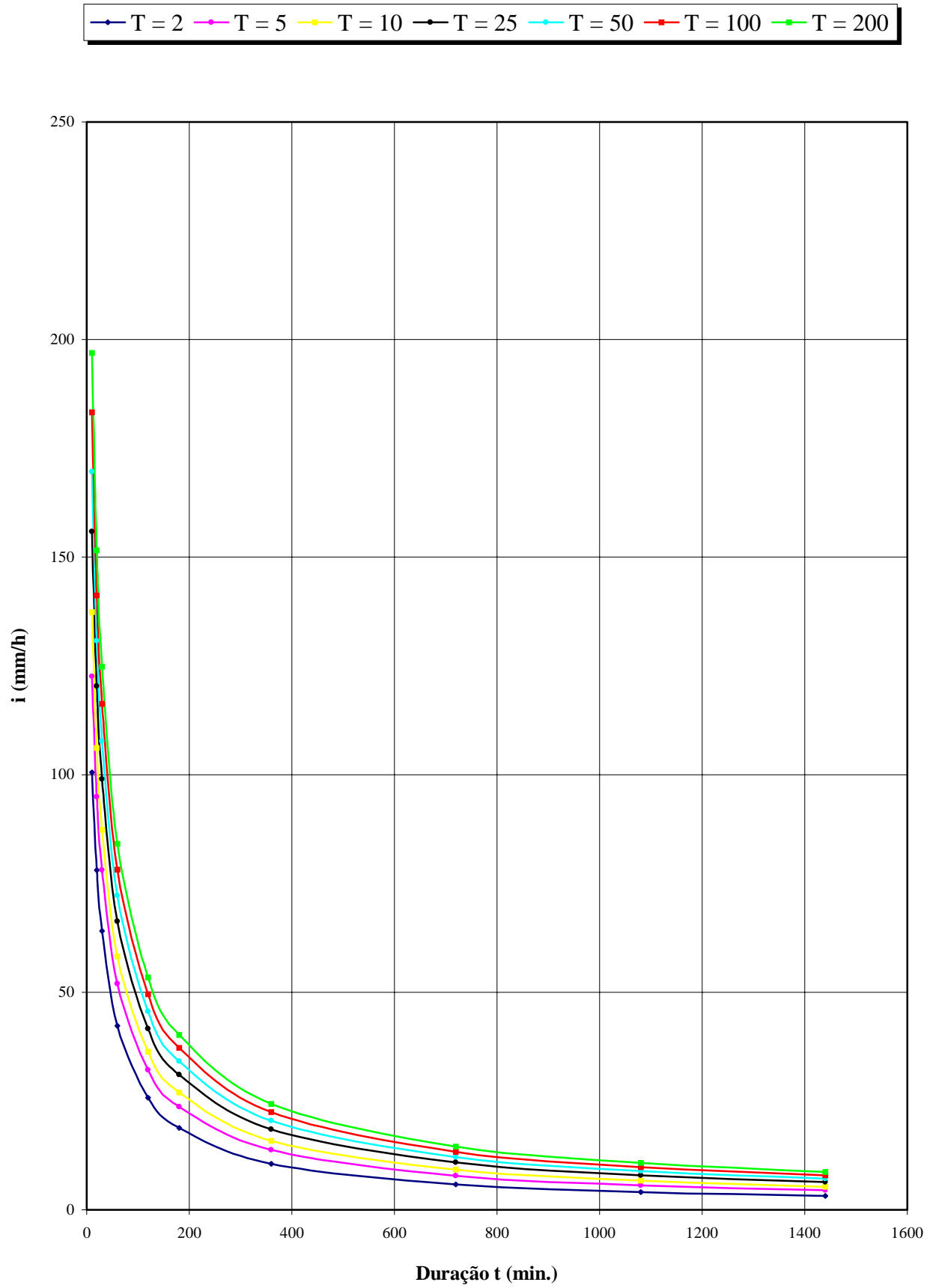


Figura 3.3 - ANDRADINA: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

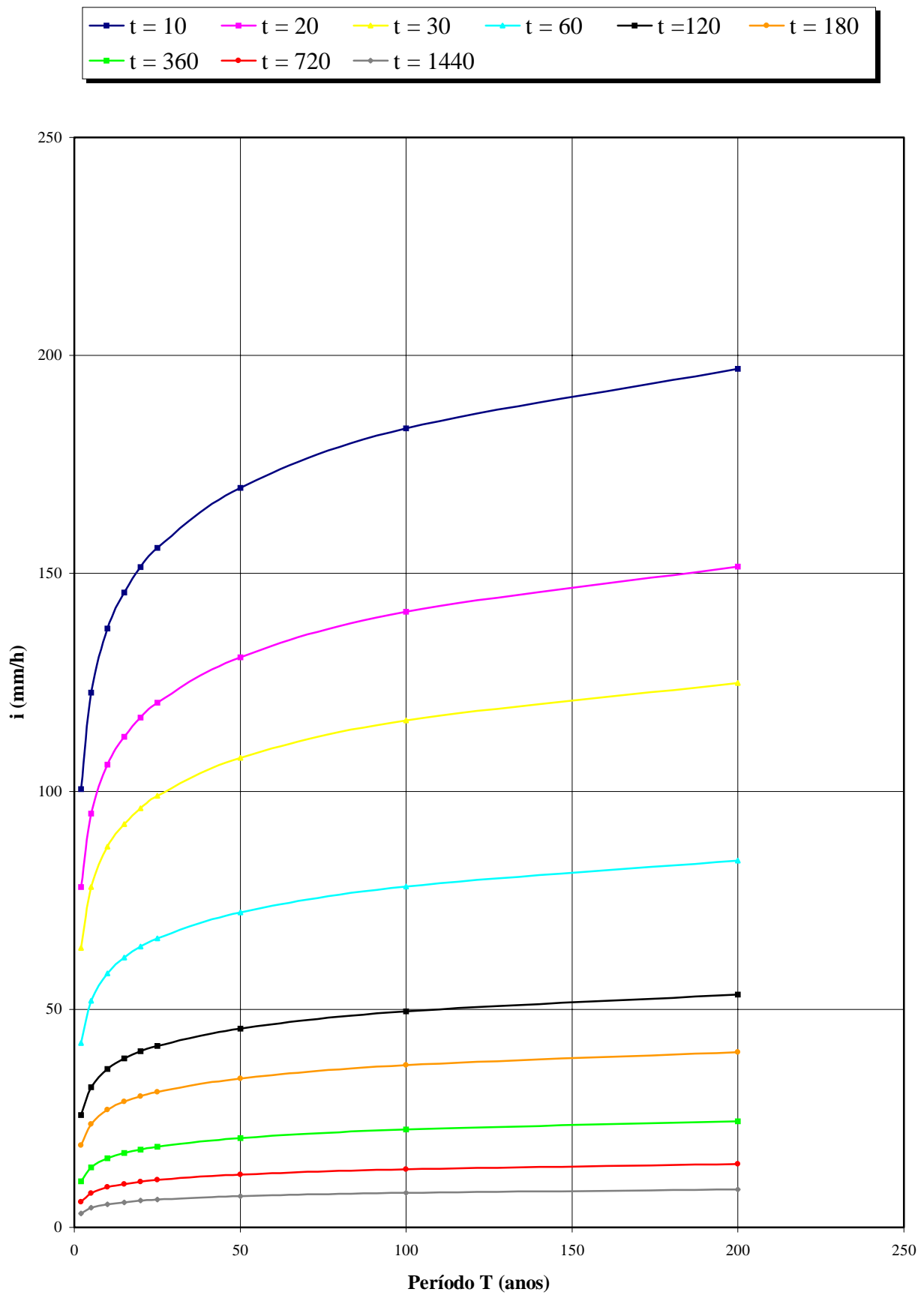


Figura 3.4 - ANDRADINA: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.2 Relação intensidade – duração – período de retorno para Araraquara

Nome da estação: Chibarro – C5-017R

Coordenadas geográficas: Lat. 21°53'S; Long. 48°09'W

Altitude: 580 m

Períodos de dados utilizados: 1970; 1973-91; 1993-95; 1997 (24 anos)

Equação para $10 \leq t \leq 105$:

$$i_{t,T} = 32,4618 (t+15)^{-0,8684} + 2,1429 (t+15)^{-0,5482} \cdot [-0,4772 - 0,9010 \ln \ln(T/T-1)] \quad (3.7)$$

Equação para $105 < t \leq 1440$:

$$i_{t,T} = 32,4618 (t+15)^{-0,8684} + 18,4683 (t+15)^{-0,9984} \cdot [-0,4772 - 0,9010 \ln \ln(T/T-1)] \quad (3.8)$$

onde: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.5 – Araraquara: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	115,8	138,2	153,1	161,5	167,4	171,9	185,9	199,8	213,6
20	86,2	104,9	117,2	124,2	129,1	132,9	144,5	156,0	167,5
30	69,1	85,4	96,2	102,2	106,5	109,8	119,9	129,9	139,9
60	44,1	56,4	64,5	69,1	72,3	74,8	82,5	90,1	97,6
120	26,3	34,7	40,3	43,5	45,7	47,4	52,6	57,9	63,0
180	19,1	25,0	28,9	31,1	32,6	33,8	37,4	41,0	44,6
360	10,9	13,9	16,0	17,1	17,9	18,5	20,4	22,3	24,1
720	6,1	7,6	8,7	9,3	9,7	10,0	10,9	11,9	12,9
1080	4,3	5,4	6,1	6,4	6,7	6,9	7,6	8,2	8,9
1440	3,4	4,2	4,7	5,0	5,2	5,3	5,8	6,3	6,8

Tabela 3.6 – Araraquara: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	19,3	23,0	25,5	26,9	27,9	28,7	31,0	33,3	35,6
20	28,7	35,0	39,1	41,4	43,0	44,3	48,2	52,0	55,8
30	34,5	42,7	48,1	51,1	53,3	54,9	60,0	65,0	70,0
60	44,1	56,4	64,5	69,1	72,3	74,8	82,5	90,1	97,6
120	52,6	69,5	80,7	87,0	91,4	94,8	105,3	115,7	126,1
180	57,4	75,0	86,6	93,2	97,8	101,3	112,2	123,0	133,8
360	65,3	83,6	95,7	102,6	107,3	111,0	122,4	133,6	144,8
720	73,1	91,8	104,1	111,1	116,0	119,8	131,3	142,8	154,3
1080	77,7	96,5	109,0	116,0	120,9	124,7	136,4	148,0	159,5
1440	81,0	99,9	112,4	119,5	124,4	128,2	140,0	151,6	163,2

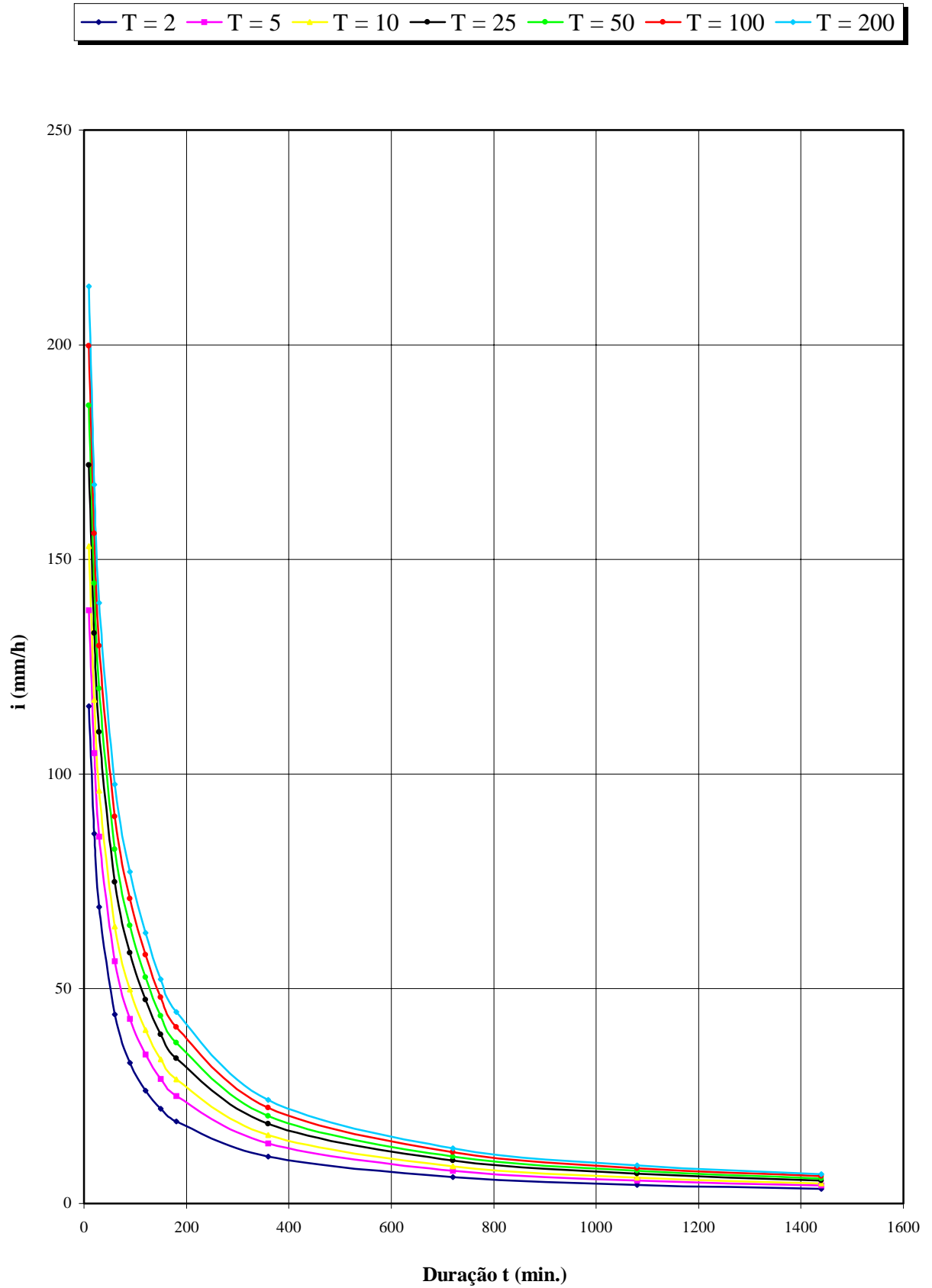


Figura 3.5 - ARARAQUARA: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

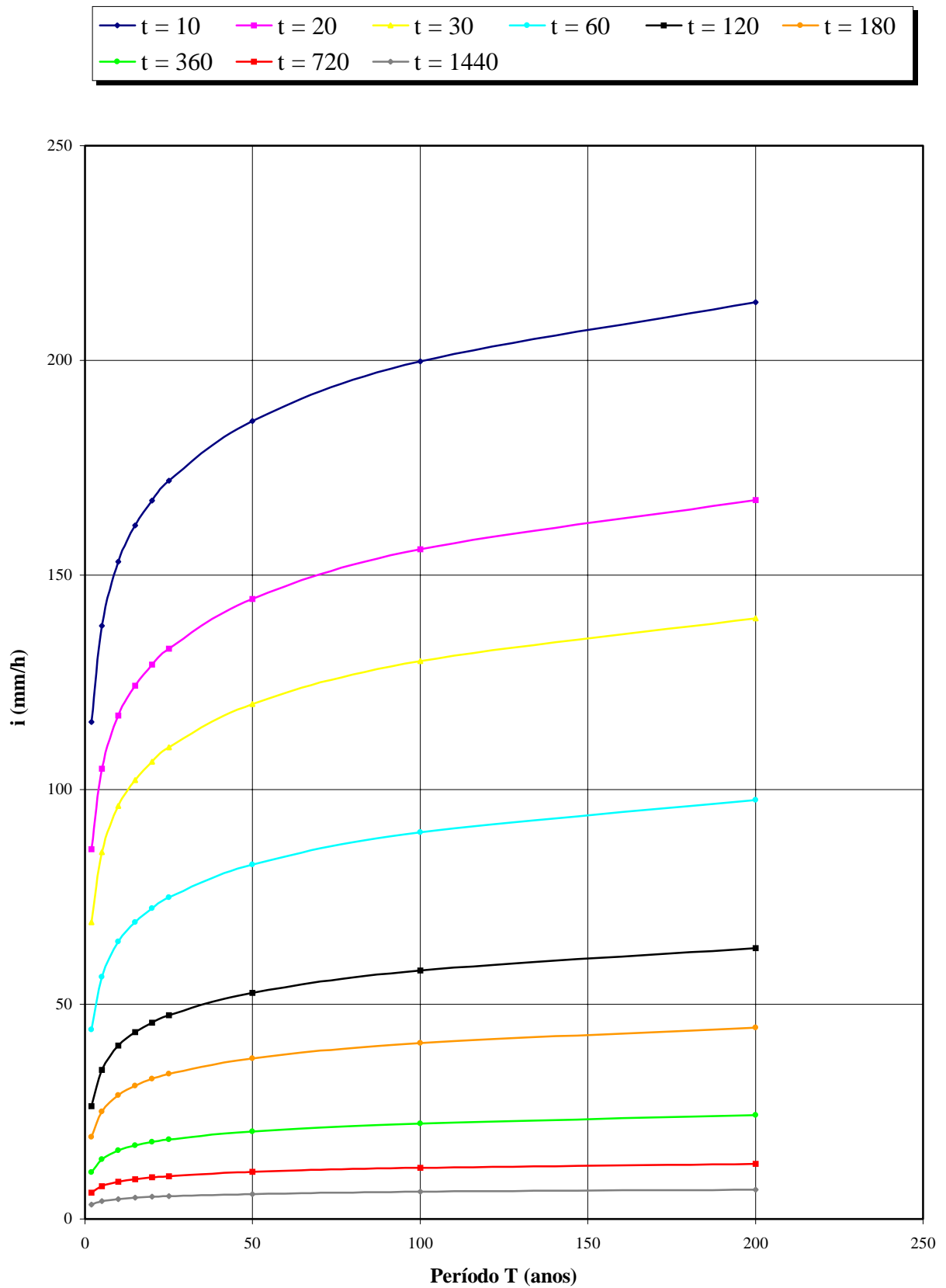


Figura 3.6 - ARARAQUARA: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.3 Relação intensidade – duração – período de retorno para Bauru

Nome da estação: Bauru – D6-036R

Coordenadas geográficas: Lat. 22°19'S; Long. 49°02'W

Altitude: 540 m

Períodos de dados utilizados: 1971-73; 1975-95 (24 anos)

Equação: $i_{t,T} = 35,4487 (t+20)^{-0,8894} + 5,9664 (t+20)^{-0,7749} \cdot [-0,4772 - 0,9010 \ln \ln(T/T-1)]$ (3.9)

para $10 \leq t \leq 1440$

onde: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.7 – Bauru: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	99,5	125,7	143,1	152,9	159,7	165,0	181,3	197,4	213,5
20	77,0	97,9	111,8	119,6	125,1	129,3	142,4	155,3	168,1
30	63,0	80,7	92,4	98,9	103,6	107,1	118,1	128,9	139,7
60	41,4	53,7	61,8	66,4	69,6	72,0	79,6	87,2	94,7
120	25,1	33,0	38,3	41,3	43,3	44,9	49,9	54,8	59,6
180	18,2	24,3	28,3	30,5	32,1	33,3	37,0	40,7	44,4
360	10,3	13,9	16,4	17,7	18,7	19,4	21,7	24,0	26,2
720	5,7	7,8	9,3	10,1	10,7	11,1	12,5	13,8	15,2
1080	4,0	5,6	6,6	7,2	7,7	8,0	9,0	10,0	11,0
1440	3,1	4,4	5,2	5,7	6,0	6,3	7,1	7,9	8,7

Tabela 3.8 – Bauru: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	16,6	21,0	23,8	25,5	26,6	27,5	30,2	32,9	35,6
20	25,7	32,6	37,3	39,9	41,7	43,1	47,5	51,8	56,0
30	31,5	40,3	46,2	49,5	51,8	53,6	59,0	64,5	69,9
60	41,4	53,7	61,8	66,4	69,6	72,0	79,6	87,2	94,7
120	50,2	66,1	76,6	82,5	86,7	89,9	99,8	109,5	119,3
180	54,7	72,8	84,8	91,5	96,2	99,9	111,1	122,2	133,3
360	61,6	83,6	98,2	106,4	112,1	116,6	130,2	143,7	157,2
720	67,9	94,1	111,5	121,3	128,1	133,4	149,7	165,8	181,9
1080	71,4	100,3	119,5	130,3	137,8	143,7	161,6	179,4	197,2
1440	73,8	104,8	125,3	136,9	145,0	151,2	170,5	189,5	208,6

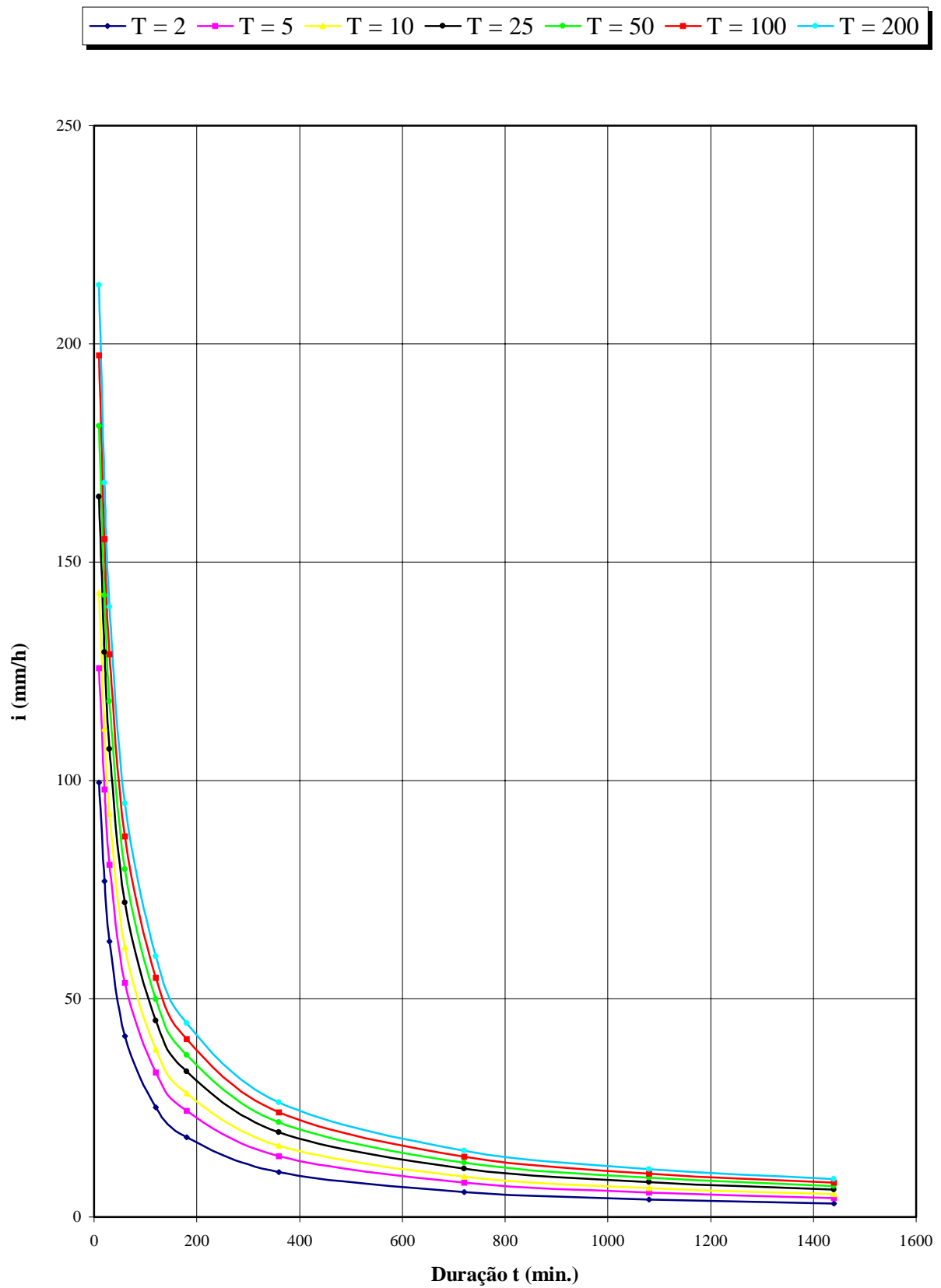


Figura 3.7 - BAURU: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

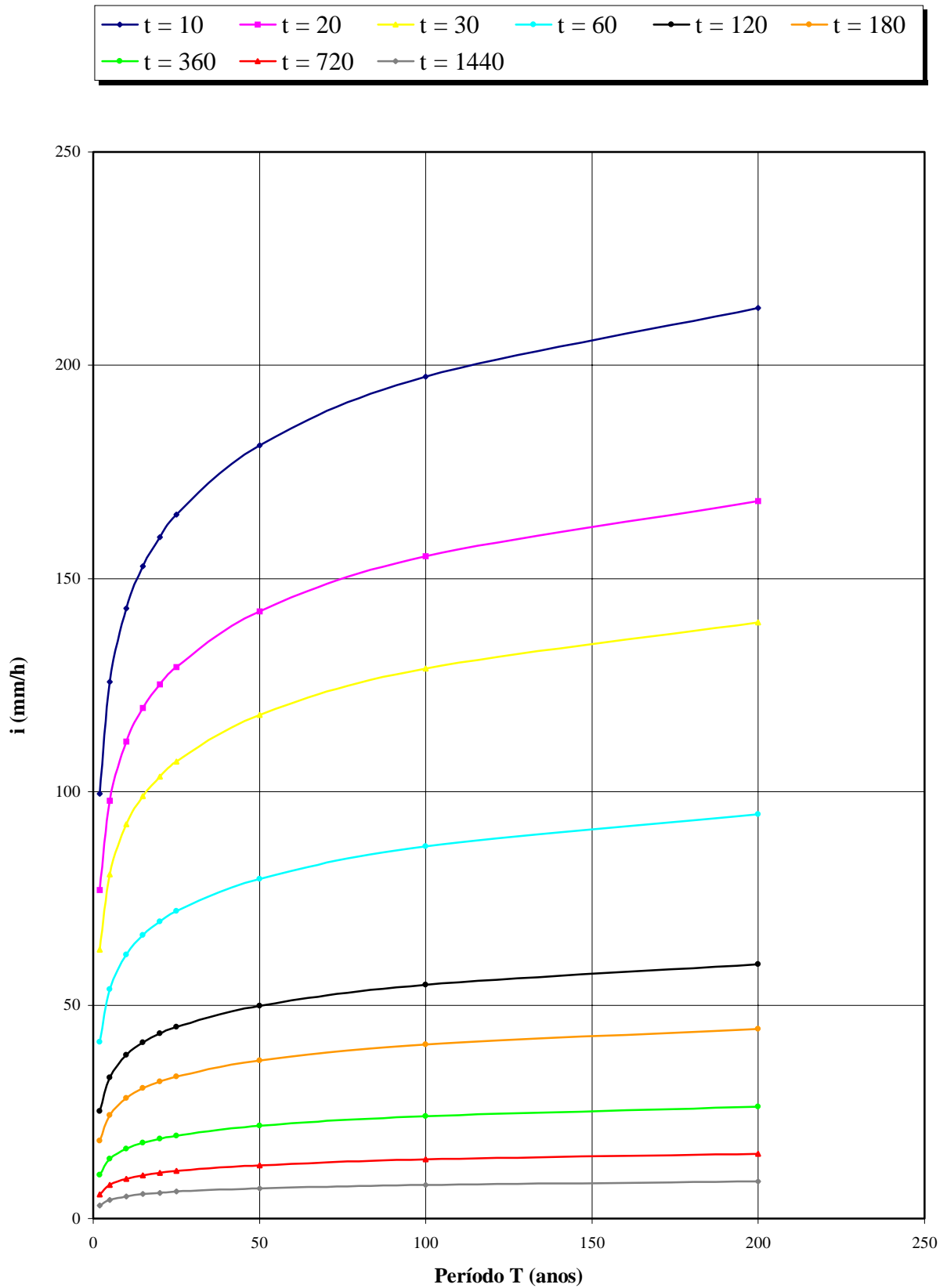


Figura 3.8 - BAURU: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.4 Relação intensidade – duração – período de retorno para Botucatu

Nome da estação: Botucatu – D5-059M

Coordenadas geográficas: Lat. 22°57'S; Long. 48°26'W

Altitude: 873 m

Períodos de dados utilizados: 1967; 1970-82; 1984-91; 1993-97 (27 anos)

Equação: $i_{t,T} = 30,6853 (t+20)^{-0,8563} + 3,9660 (t+10)^{-0,7566} \cdot [-0,4754 - 0,8917 \ln \ln(T/T-1)]$ (3.10)

para $10 \leq t \leq 1440$

onde: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.9 – Botucatu: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	96,4	121,3	137,8	147,1	153,7	158,7	174,1	189,5	204,8
20	75,5	93,9	106,0	112,9	117,6	121,3	132,7	144,0	155,3
30	62,4	77,2	87,0	92,5	96,3	99,3	108,5	117,5	126,6
60	41,8	51,4	57,8	61,4	64,0	65,9	71,9	77,9	83,8
120	25,9	31,9	35,9	38,2	39,8	41,0	44,7	48,5	52,2
180	19,0	23,6	26,6	28,3	29,5	30,4	33,2	36,0	38,8
360	11,0	13,7	15,5	16,6	17,3	17,8	19,5	21,2	22,9
720	6,2	7,8	8,9	9,5	10,0	10,3	11,3	12,3	13,3
1080	4,4	5,6	6,4	6,9	7,2	7,4	8,2	8,9	9,7
1440	3,5	4,4	5,1	5,4	5,7	5,9	6,5	7,1	7,7

Tabela 3.10 – Botucatu: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	16,1	20,2	23,0	24,5	25,6	26,4	29,0	31,6	34,1
20	25,2	31,3	35,3	37,6	39,2	40,4	44,2	48,0	51,8
30	31,2	38,6	43,5	46,2	48,2	49,7	54,2	58,8	63,3
60	41,8	51,4	57,8	61,4	64,0	65,9	71,9	77,9	83,8
120	51,7	63,8	71,8	76,4	79,5	82,0	89,5	96,9	104,3
180	57,1	70,8	79,8	84,9	88,4	91,2	99,6	108,0	116,4
360	65,8	82,3	93,2	99,3	103,6	106,9	117,1	127,3	137,4
720	74,3	93,9	107,0	114,3	119,5	123,4	135,6	147,7	159,8
1080	79,2	101,0	115,4	123,6	129,3	133,7	147,2	160,6	174,0
1440	82,8	106,2	121,7	130,4	136,6	141,3	155,8	170,2	184,6

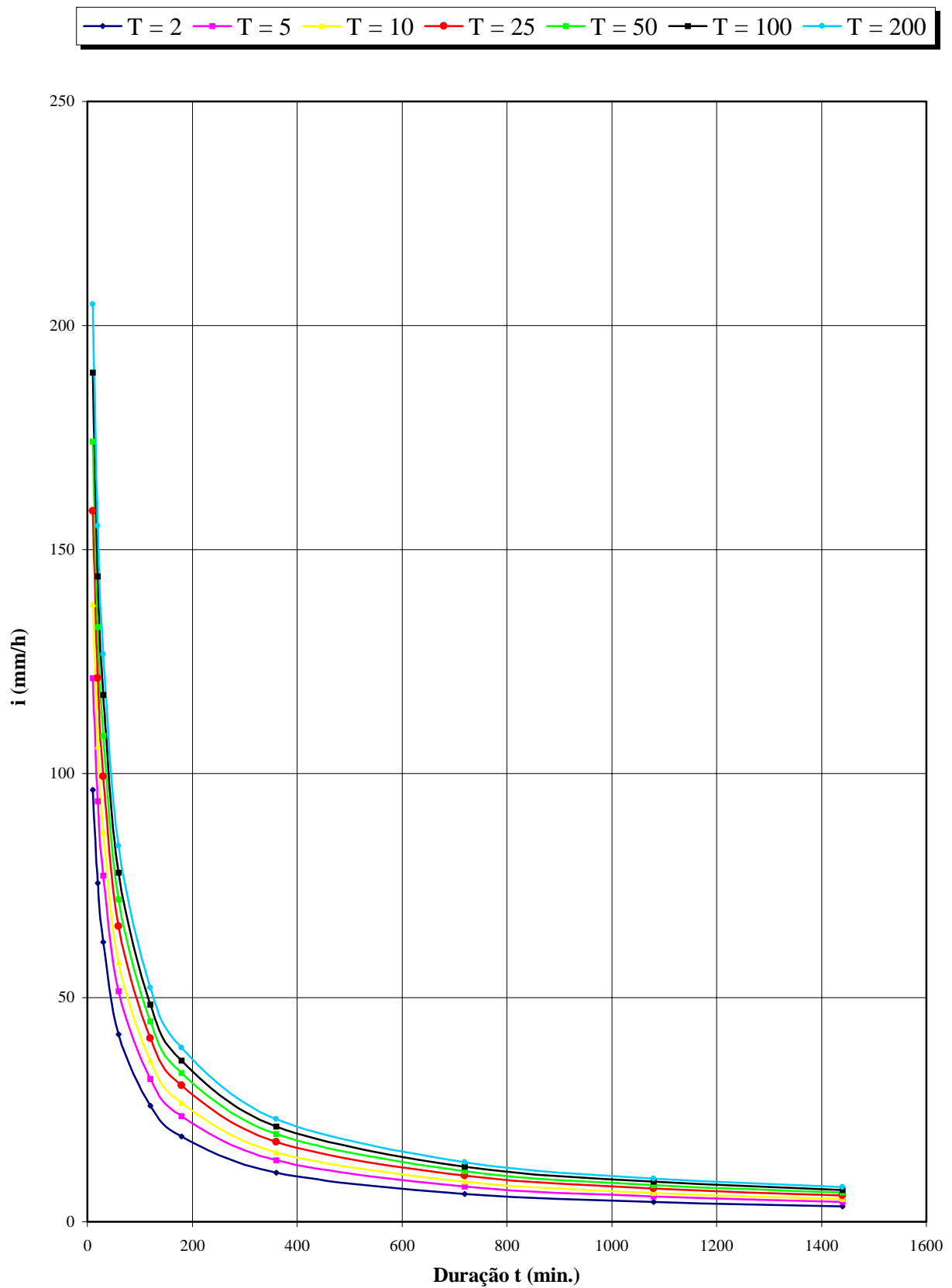


Figura 3.9 - BOTUCATU: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

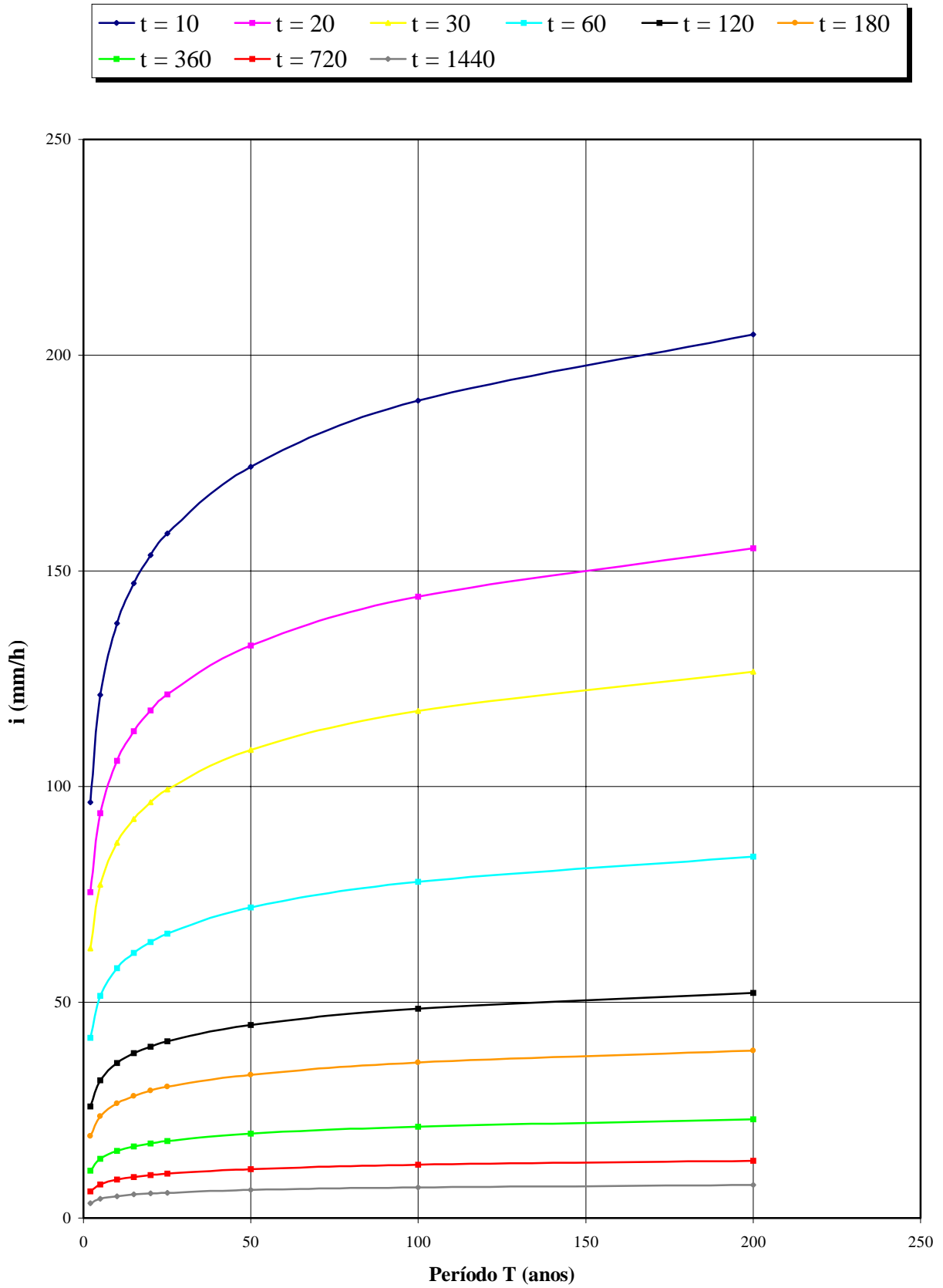


Figura 3.10 - BOTUCATU: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.5 Relação intensidade – duração – período de retorno para Bragança Paulista

Nome da estação: Bragança Paulista – D3-072M

Coordenadas geográficas: Lat. 22°57'S; Long. 46°32'W

Altitude: 860 m

Períodos de dados utilizados: 1981-86; 1988-93; 1995 (13 anos)

Equação: $i_{t,T} = 33,7895 (t+30)^{-0,8832} + 5,4415 (t+10)^{-0,8442} \cdot [-0,4885 - 0,9635 \ln \ln(T/T-1)]$ (3.11)

para $10 \leq t \leq 1440$

onde: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.11 – Bragança Paulista: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	74,5	102,9	121,7	132,3	139,8	145,5	163,2	180,7	198,1
20	61,5	81,7	95,1	102,6	107,9	112,0	124,5	137,0	149,4
30	52,6	68,4	78,9	84,8	88,9	92,1	102,0	111,7	121,4
60	36,9	46,8	53,3	57,0	59,6	61,6	67,7	73,8	79,8
120	23,5	29,4	33,3	35,5	37,0	38,2	41,8	45,4	49,0
180	17,5	21,8	24,6	26,2	27,3	28,1	30,8	33,4	36,0
360	10,1	12,6	14,2	15,1	15,7	16,2	17,7	19,2	20,7
720	5,7	7,1	8,0	8,5	8,8	9,1	9,9	10,8	11,6
1080	4,0	5,0	5,6	6,0	6,3	6,5	7,1	7,7	8,3
1440	3,1	3,9	4,4	4,7	4,9	5,0	5,5	6,0	6,5

Tabela 3.12 – Bragança Paulista: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	12,4	17,1	20,3	22,1	23,3	24,3	27,2	30,1	33,0
20	20,5	27,2	31,7	34,2	36,0	37,3	41,5	45,7	49,8
30	26,3	34,2	39,4	42,4	44,5	46,1	51,0	55,9	60,7
60	36,9	46,8	53,3	57,0	59,6	61,6	67,7	73,8	79,8
120	47,1	58,8	66,6	70,9	74,0	76,4	83,6	90,8	98,0
180	52,5	65,3	73,7	78,5	81,8	84,4	92,3	100,1	108,0
360	60,8	75,4	85,0	90,4	94,2	97,1	106,1	115,1	124,0
720	68,3	84,6	95,5	101,6	105,9	109,2	119,3	129,4	139,5
1080	72,4	89,9	101,5	108,1	112,6	116,2	127,0	137,8	148,6
1440	75,3	93,7	105,8	112,7	117,5	121,2	132,6	143,9	155,1

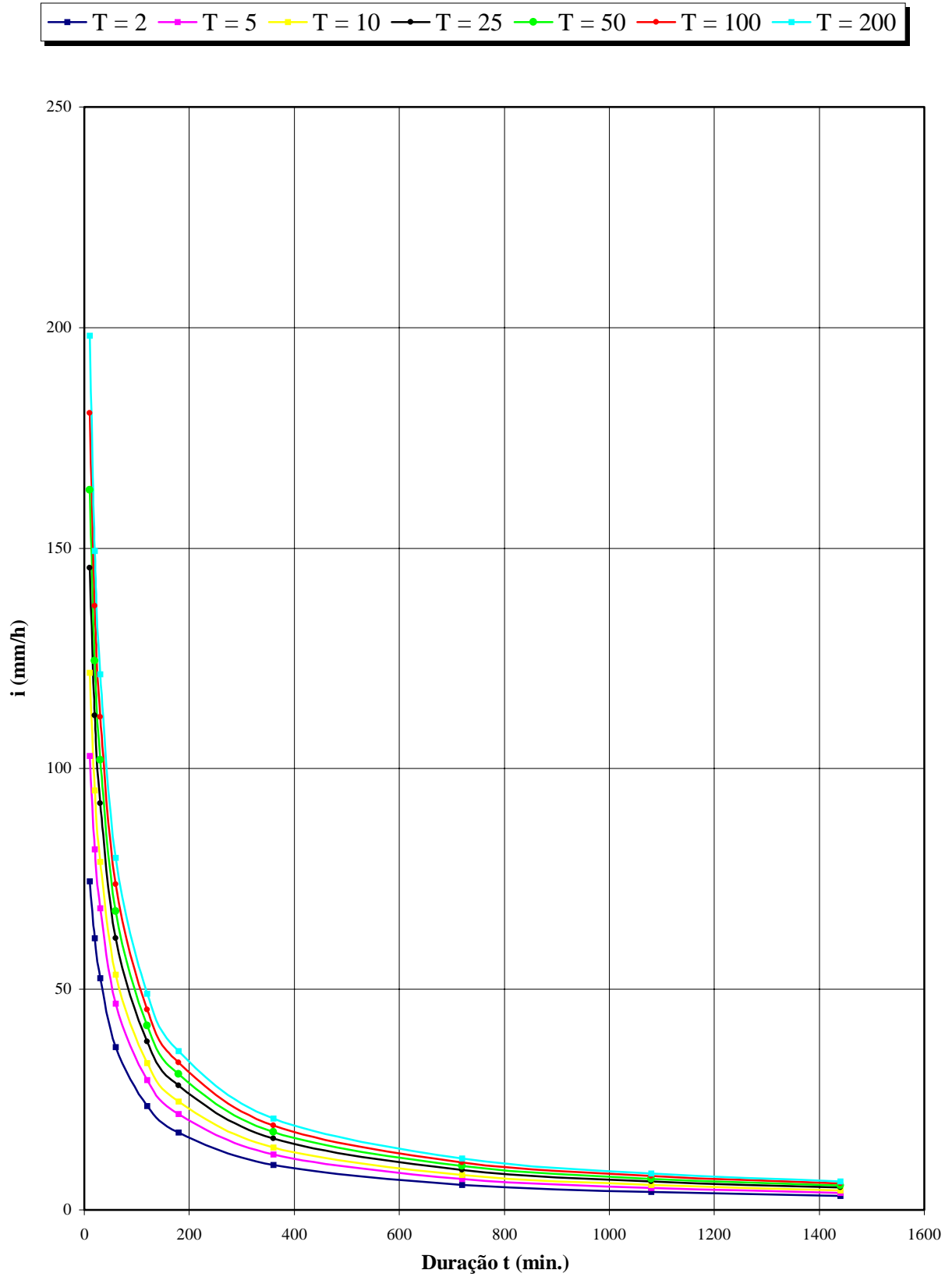


Figura 3.11- BRAGANÇA: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

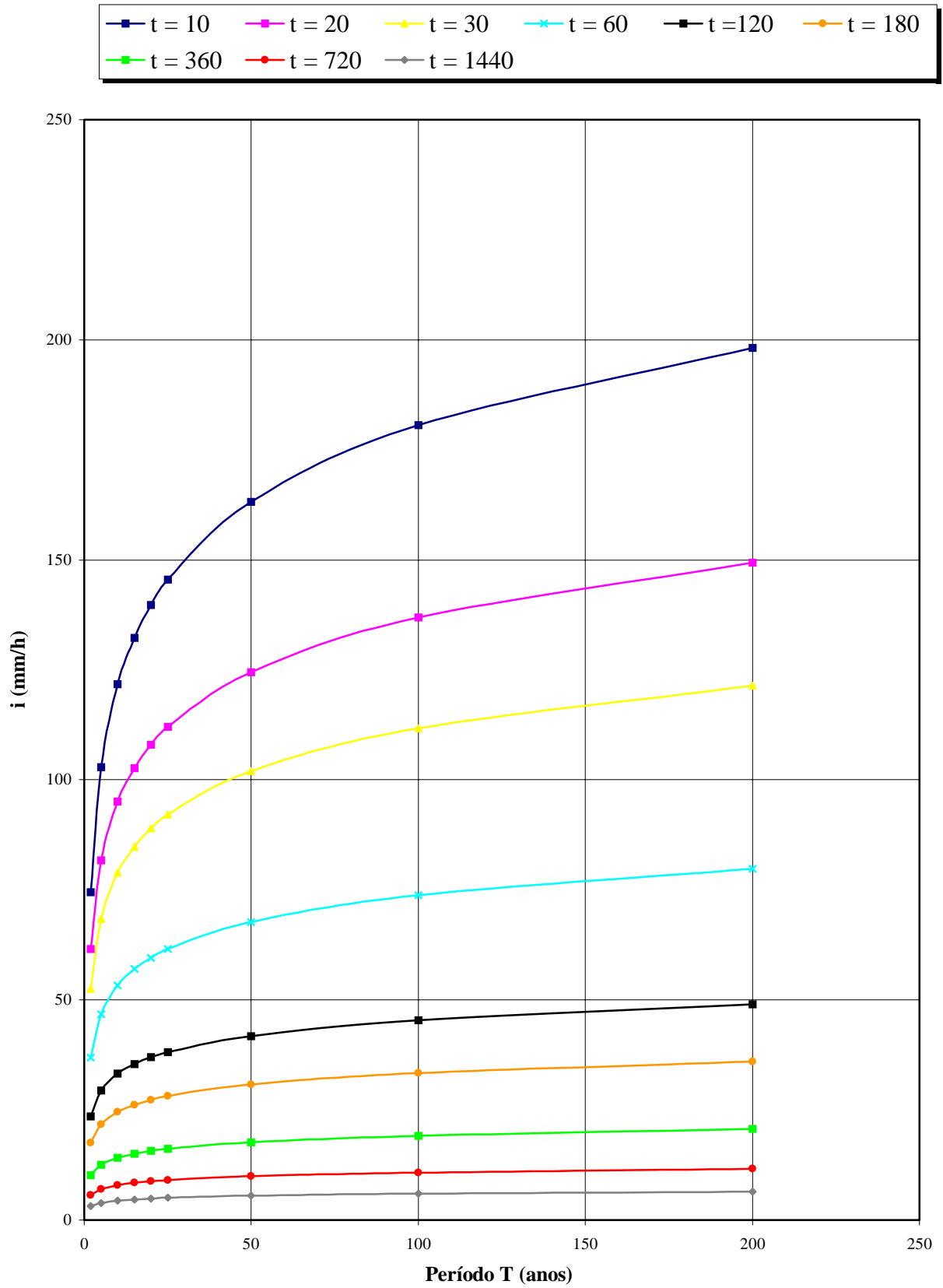


Figura 3.12 - BRAGANÇA: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.6 Relação intensidade – duração – período de retorno para Cachoeira Paulista

Nome da estação: Cachoeira Paulista – D2-013R

Coordenadas geográficas: Lat. 22°40'S; Long. 45°01'W

Altitude: 520 m

Períodos de dados utilizados: 1956-68; 1970-85; 1988-94 (36 anos)

Equação: $i_{t,T} = 57,1456 (t+30)^{-0,9495} + 22,7285 (t+30)^{-0,9986} \cdot [-0,4716 - 0,8716 \ln \ln(T/T-1)]$ (3.12)

para $10 \leq t \leq 1440$

onde: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.13 – Cachoeira Paulista: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	98,1	131,9	154,3	167,0	175,8	182,7	203,7	224,5	245,3
20	79,4	106,5	124,4	134,5	141,6	147,1	163,9	180,6	197,2
30	66,8	89,4	104,3	112,8	118,7	123,2	137,2	151,2	165,0
60	45,5	60,6	70,5	76,2	80,1	83,1	92,5	101,8	111,0
120	28,1	37,1	43,1	46,5	48,8	50,7	56,3	61,8	67,4
180	20,4	26,9	31,1	33,6	35,2	36,5	40,6	44,5	48,5
360	11,3	14,8	17,1	18,4	19,4	20,1	22,2	24,4	26,5
720	6,1	7,9	9,1	9,8	10,3	10,6	11,8	12,9	14,0
1080	4,2	5,4	6,3	6,7	7,0	7,3	8,0	8,8	9,5
1440	3,2	4,2	4,8	5,1	5,4	5,5	6,1	6,7	7,3

Tabela 3.14 – Cachoeira Paulista: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	16,3	22,0	25,7	27,8	29,3	30,4	33,9	37,4	40,9
20	26,5	35,5	41,5	44,8	47,2	49,0	54,6	60,2	65,7
30	33,4	44,7	52,2	56,4	59,3	61,6	68,6	75,6	82,5
60	45,5	60,6	70,5	76,2	80,1	83,1	92,5	101,8	111,0
120	56,1	74,2	86,2	92,9	97,7	101,3	112,5	123,7	134,8
180	61,2	80,6	93,4	100,7	105,7	109,6	121,7	133,6	145,5
360	68,1	89,0	102,8	110,6	116,1	120,3	133,3	146,2	159,0
720	73,3	95,1	109,5	117,6	123,3	127,7	141,2	154,6	167,9
1080	75,9	97,9	112,5	120,8	126,5	131,0	144,7	158,3	171,8
1440	77,5	99,7	114,4	122,7	128,6	133,0	146,8	160,5	174,1

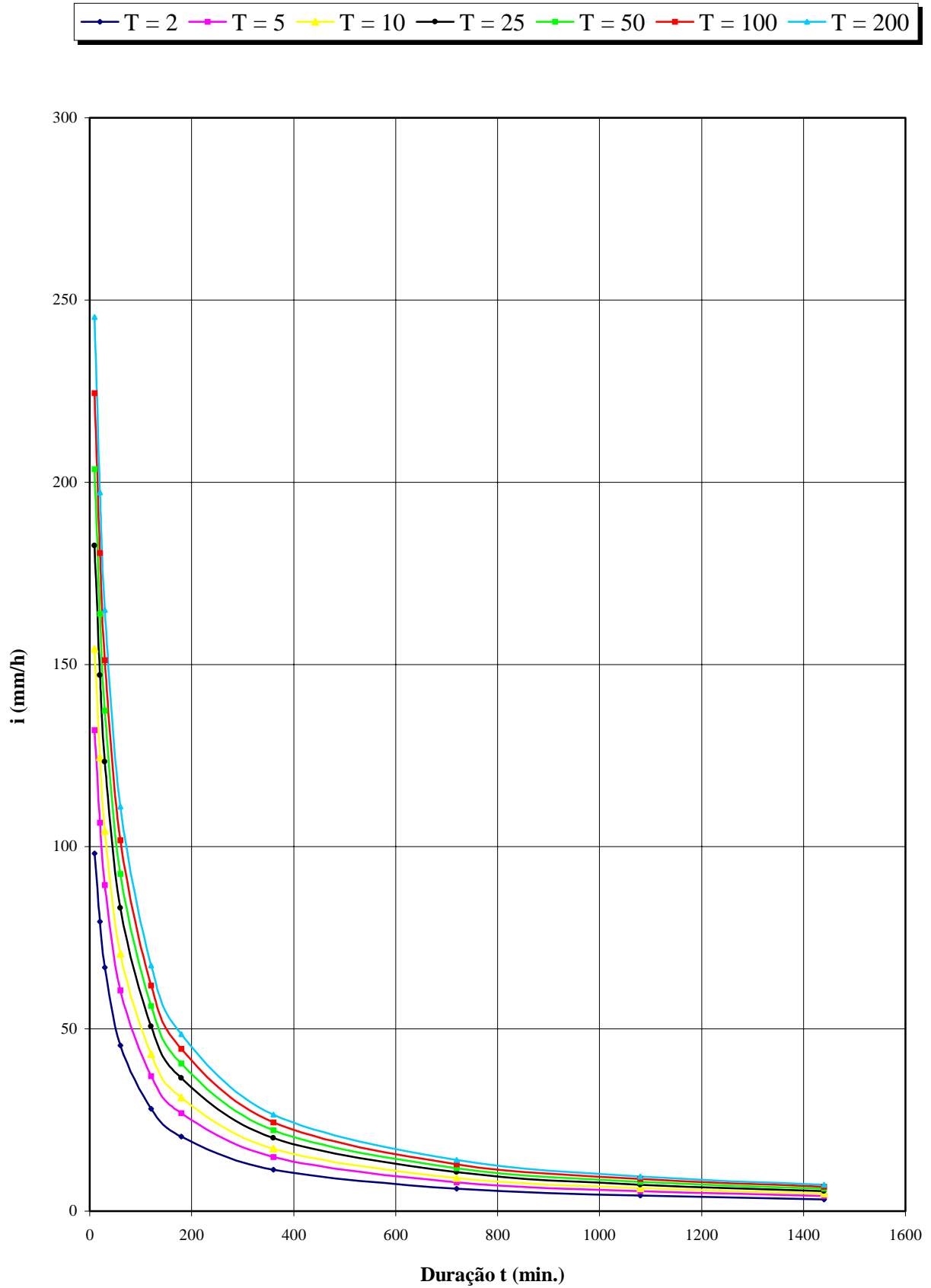


Figura 3.13 - CACHOEIRA PAULISTA: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

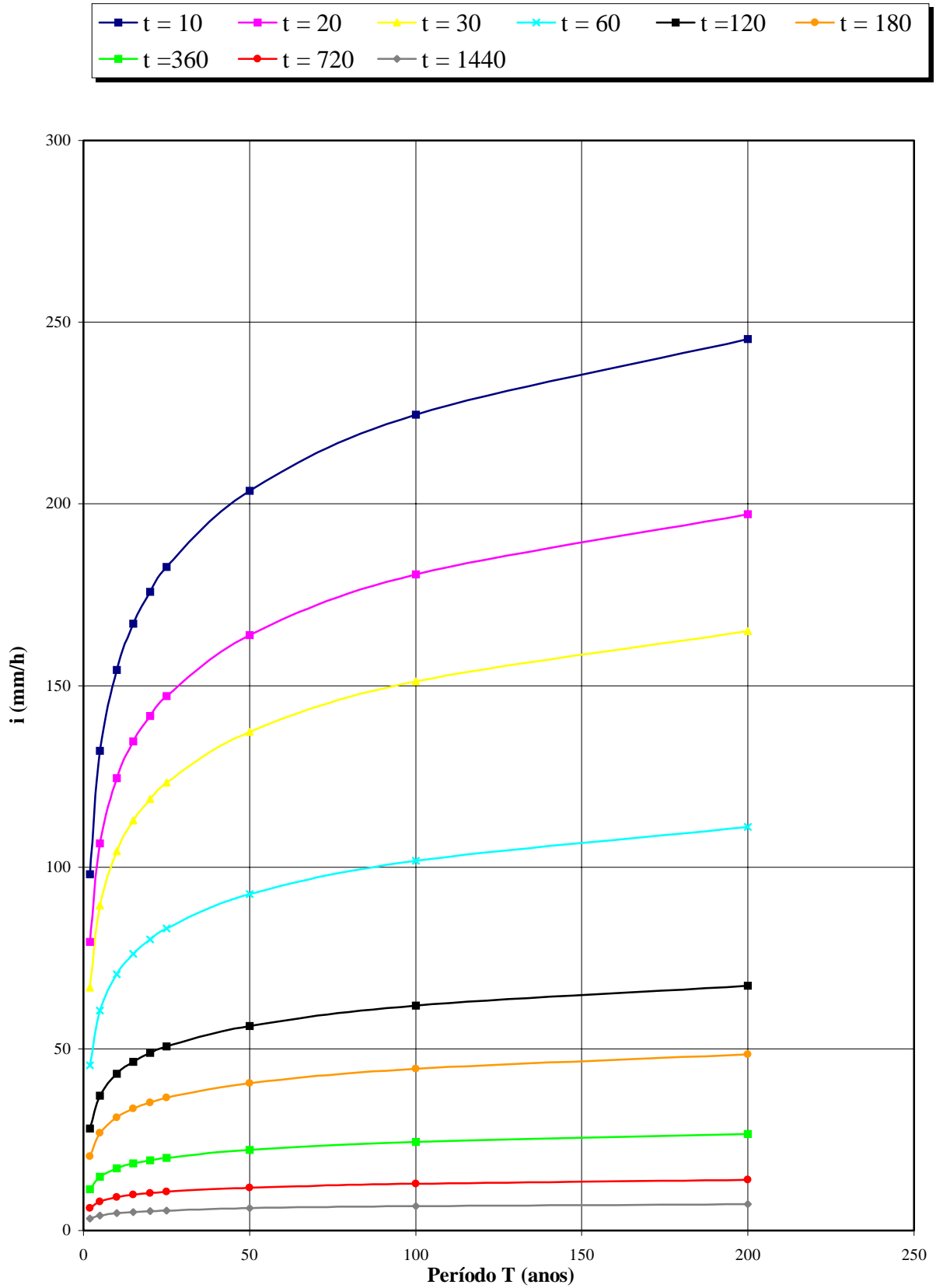


Figura 3.14 - CACHOEIRA: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.7 Relação intensidade – duração – período de retorno para Campos do Jordão

Nome da estação: Campos do Jordão – D2-096R

Coordenadas geográficas: Lat. 22°42'S; Long. 45°29'W

Altitude: 1600 m

Períodos de dados utilizados: 1973-85; 1987-91; 1993-97 (23 anos)

Equação: $i_{t,T} = 19,1535 (t+15)^{-0,7928} + 2,0341 (t+5)^{-0,6590} \cdot [-0,4778 - 0,9046 \ln \ln(T/T-1)]$ (3.13)

para $10 \leq t \leq 1440$

onde: i: intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T, em mm/min;

t: duração da chuva em minutos;

T: período de retorno em anos.

Tabela 3.15 – Campos do Jordão: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	86,6	107,6	121,5	129,3	134,8	139,1	152,1	165,0	177,9
20	66,5	81,5	91,4	97,0	100,9	103,9	113,2	122,5	131,7
30	54,5	66,5	74,5	79,0	82,1	84,5	92,0	99,4	106,8
60	36,4	44,3	49,6	52,6	54,7	56,3	61,3	66,2	71,1
120	22,8	28,0	31,4	33,4	34,7	35,8	39,0	42,2	45,4
180	17,0	21,0	23,7	25,2	26,2	27,0	29,5	32,0	34,4
360	10,1	12,7	14,4	15,3	16,0	16,5	18,1	19,7	21,2
720	5,9	7,5	8,6	9,2	9,7	10,0	11,0	12,0	13,0
1080	4,3	5,5	6,4	6,8	7,2	7,4	8,2	9,0	9,7
1440	3,4	4,5	5,1	5,5	5,8	6,0	6,7	7,3	7,9

Tabela 3.16 – Campos do Jordão: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	14,4	17,9	20,2	21,6	22,5	23,2	25,3	27,5	29,7
20	22,2	27,2	30,5	32,3	33,6	34,6	37,7	40,8	43,9
30	27,2	33,3	37,2	39,5	41,0	42,3	46,0	49,7	53,4
60	36,4	44,3	49,6	52,6	54,7	56,3	61,3	66,2	71,1
120	45,6	56,0	62,8	66,7	69,4	71,5	78,0	84,4	90,7
180	51,0	63,0	71,0	75,5	78,7	81,1	88,5	96,0	103,3
360	60,6	76,0	86,2	91,9	95,9	99,0	108,6	118,0	127,5
720	70,9	90,4	103,4	110,7	115,8	119,8	131,9	144,0	156,0
1080	77,4	99,9	114,8	123,2	129,0	133,6	147,5	161,4	175,2
1440	82,2	107,0	123,5	132,8	139,3	144,3	159,7	175,0	190,2

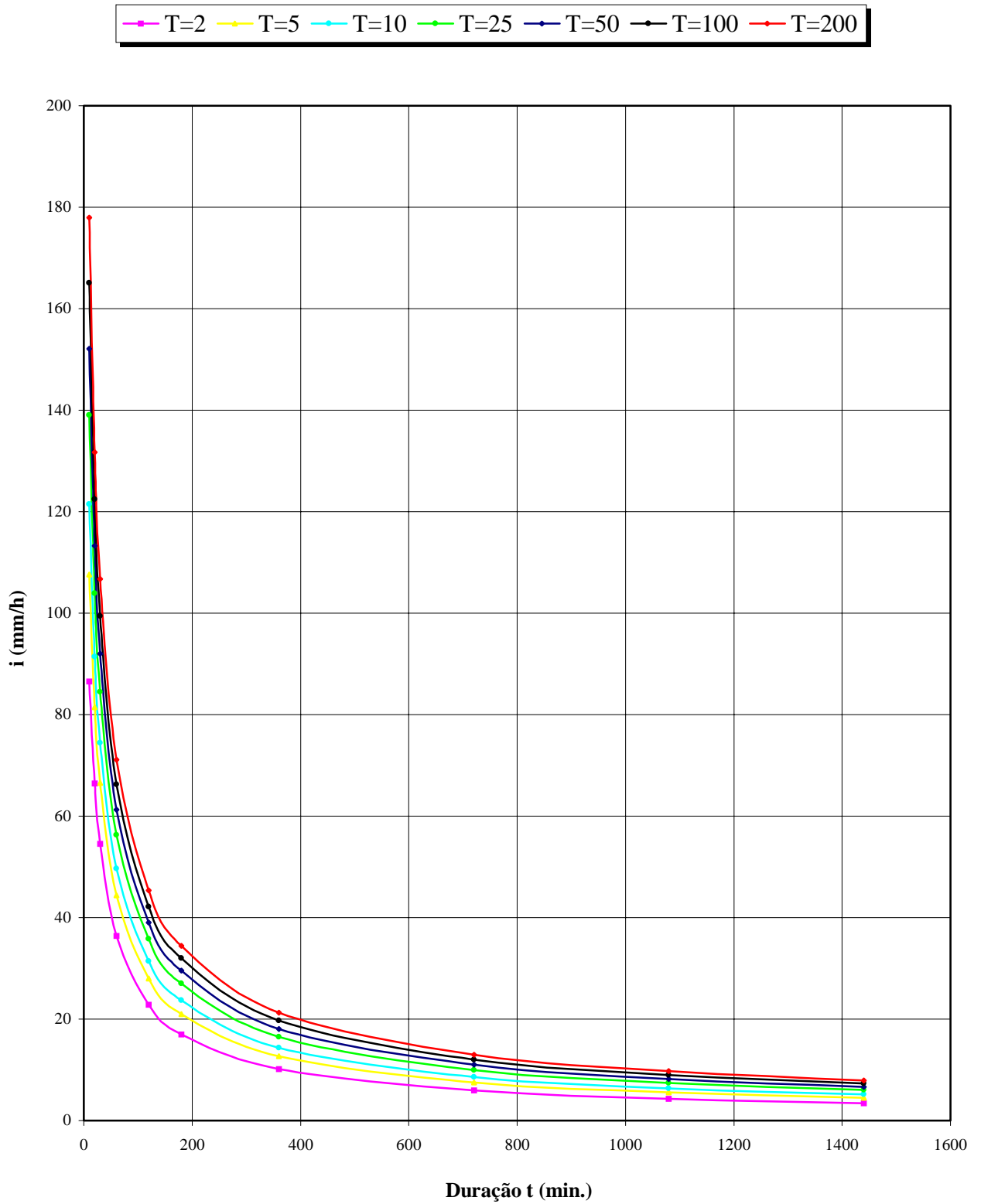


Figura 3.15 - CAMPOS DO JORDÃO: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

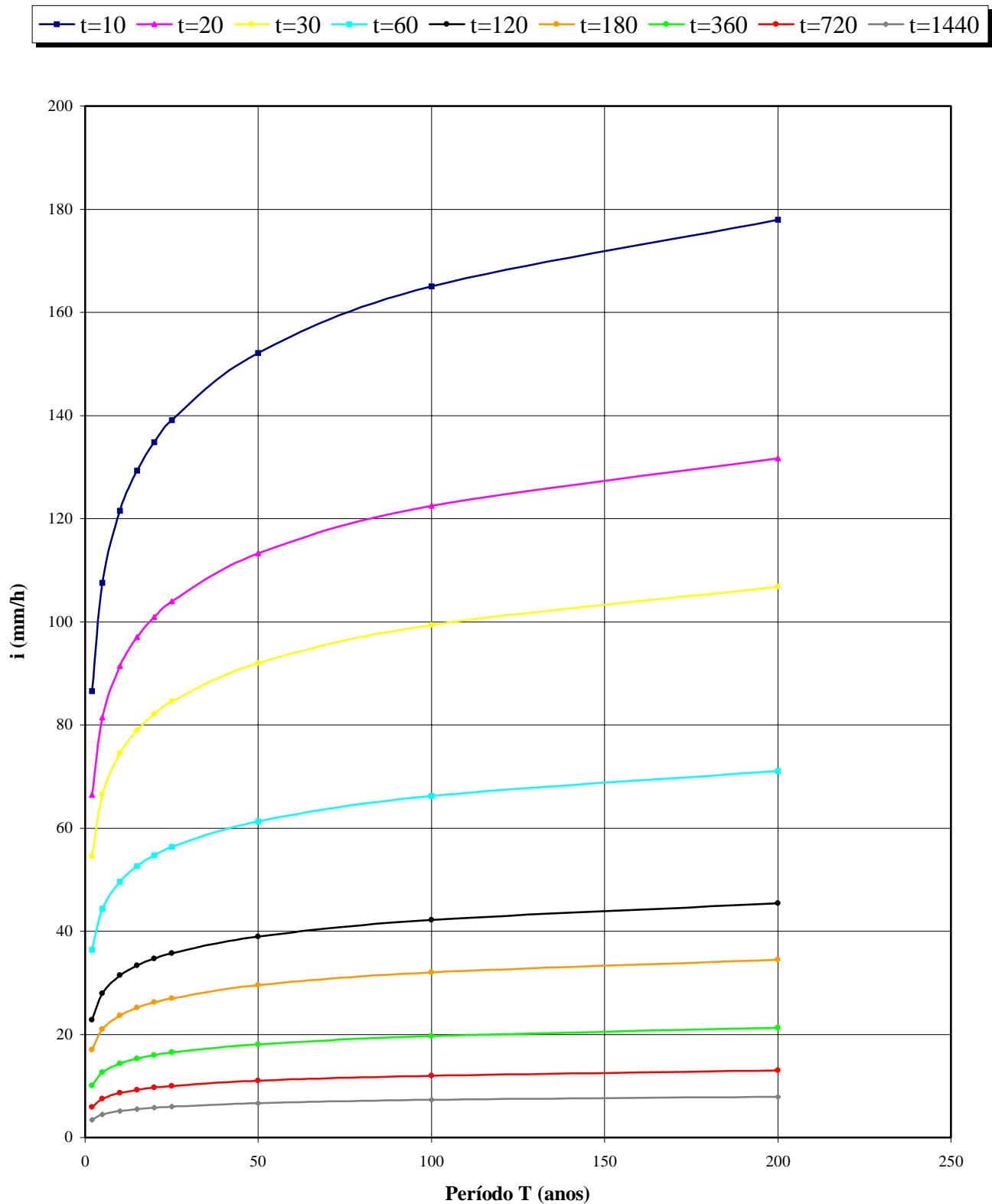


Figura 3.16 - CAMPOS DO JORDÃO - CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.8 Relação intensidade – duração – período de retorno para Cubatão

Nome da estação: Piaçaguera – E3-038R

Coordenadas geográficas: Lat. 23°52'S; Long. 46°23'W

Altitude: 5 m

Períodos de dados utilizados: 1972-90; 1992-96 (24 anos)

Equação: $i_{t,T} = 25,1025 (t+20)^{-0,7522} + 6,4266 (t+20)^{-0,7050} \cdot [-0,4772 - 0,9010 \ln \ln(T/T-1)]$ (3.14)

para $10 \leq t \leq 1440$

onde: i: intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T, em mm/min;

t: duração da chuva em minutos;

T: período de retorno em anos.

Tabela 3.17 – Cubatão: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	111,5	147,3	171,0	184,3	193,7	200,9	223,1	245,2	267,2
20	89,7	119,0	138,3	149,2	156,9	162,8	180,9	198,9	216,8
30	75,8	100,8	117,3	126,7	133,2	138,2	153,7	169,1	184,4
60	53,2	71,1	83,0	89,7	94,4	98,0	109,1	120,2	131,2
120	34,9	47,0	55,0	59,5	62,6	65,1	72,6	80,0	87,4
180	26,6	36,0	42,3	45,8	48,2	50,1	56,0	61,7	67,5
360	16,4	22,4	26,3	28,6	30,1	31,3	35,1	38,7	42,4
720	9,9	13,7	16,1	17,5	18,5	19,3	21,6	23,9	26,2
1080	7,4	10,2	12,1	13,1	13,8	14,4	16,2	17,9	19,6
1440	5,9	8,3	9,8	10,7	11,3	11,7	13,2	14,6	16,0

Tabela 3.18 – Cubatão: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	18,6	24,5	28,5	30,7	32,3	33,5	37,2	40,9	44,5
20	29,9	39,7	46,1	49,7	52,3	54,3	60,3	66,3	72,3
30	37,9	50,4	58,7	63,3	66,6	69,1	76,9	84,6	92,2
60	53,2	71,1	83,0	89,7	94,4	98,0	109,1	120,2	131,2
120	69,7	93,9	109,9	118,9	125,3	130,1	145,1	160,0	174,8
180	79,9	108,1	126,8	137,3	144,7	150,4	167,9	185,2	202,5
360	98,5	134,3	158,1	171,5	180,9	188,1	210,3	232,4	254,4
720	119,1	163,9	193,6	210,4	222,1	231,1	258,9	286,6	314,1
1080	132,4	183,3	217,0	236,0	249,3	259,5	291,1	322,4	353,6
1440	142,6	198,2	234,9	255,7	270,2	281,4	315,9	350,1	384,2

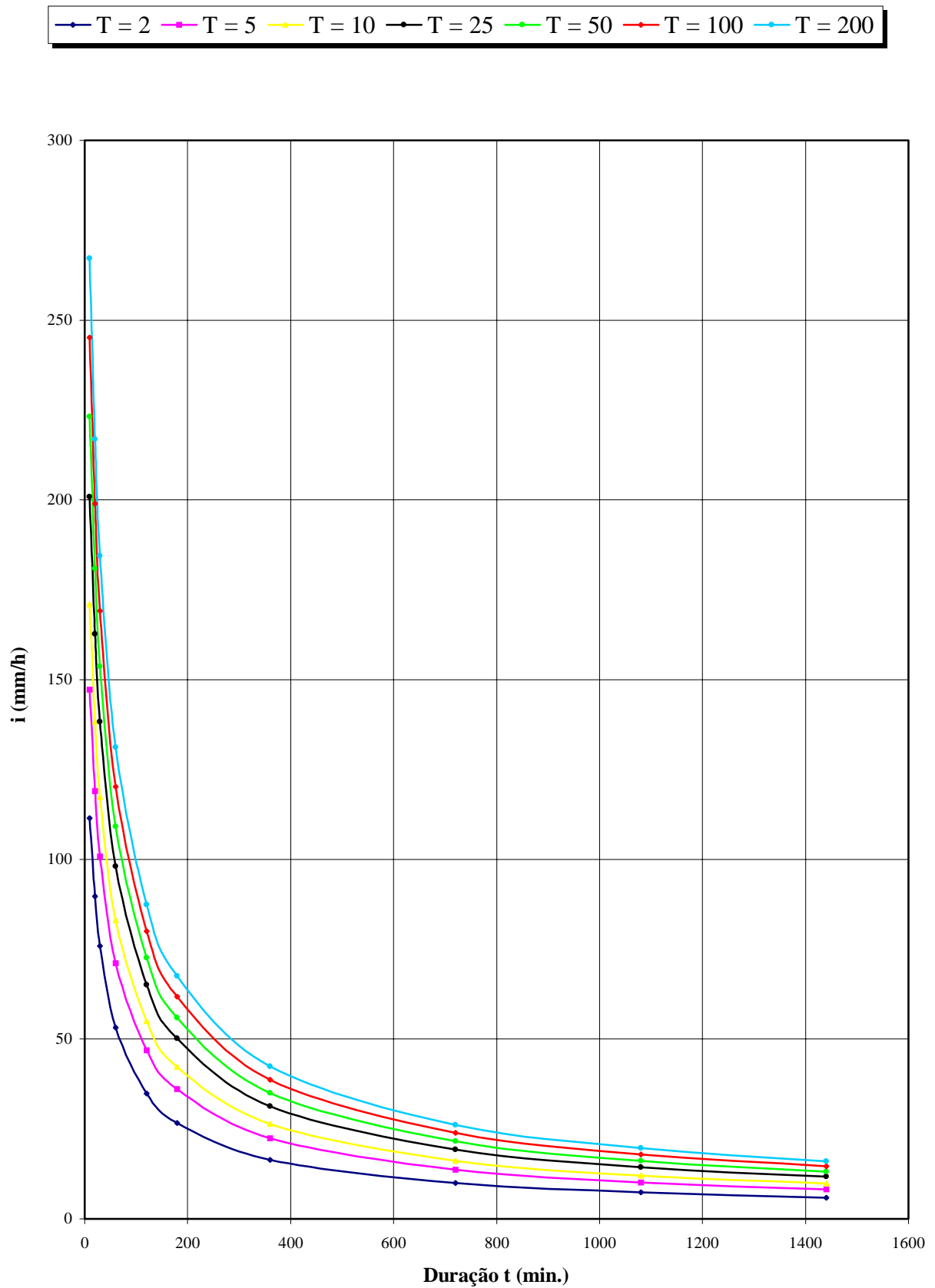


Figura 3.17 - CUBATÃO: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

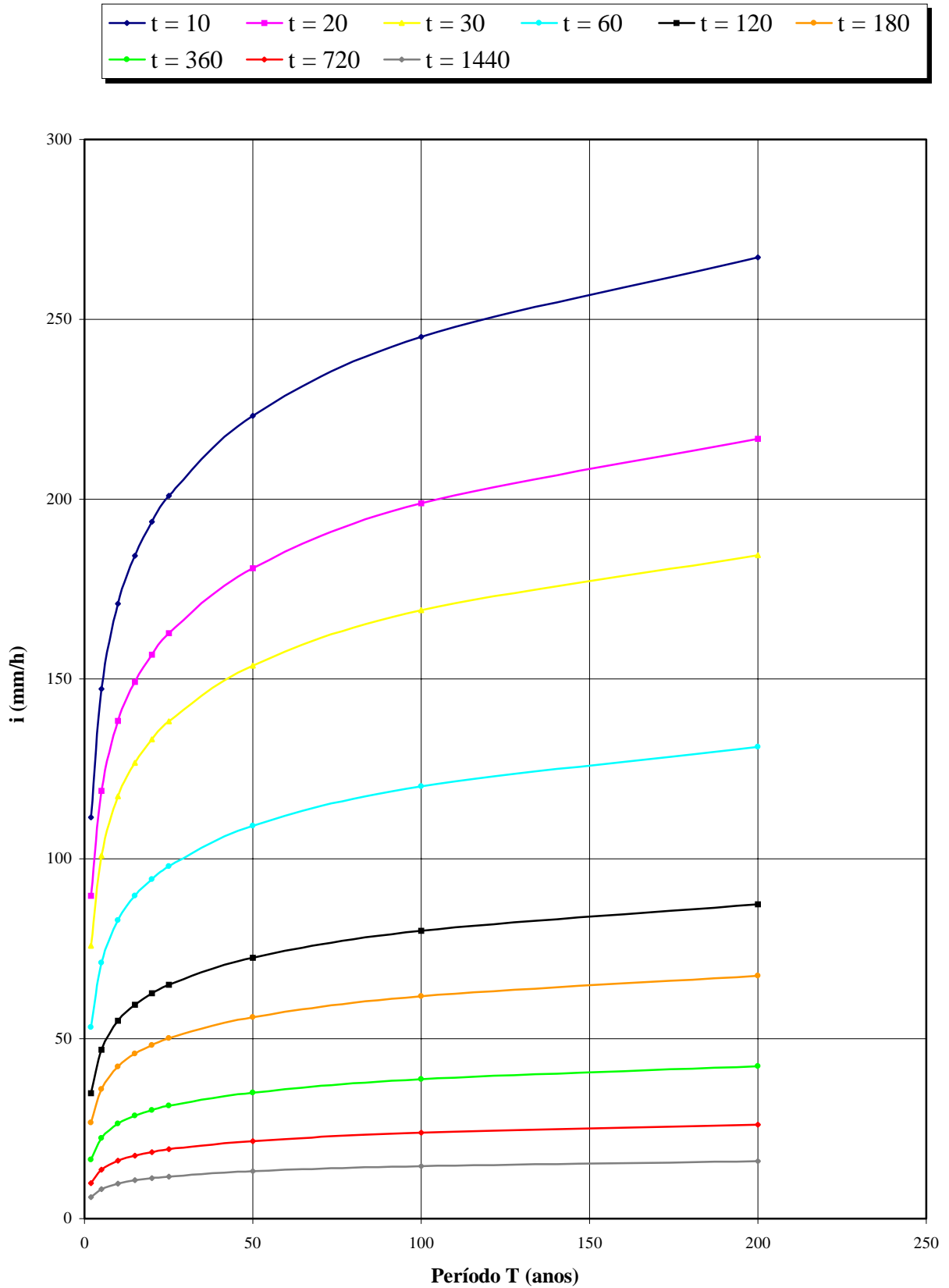


Figura 3.18 - CUBATÃO: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.9 Relação intensidade – duração – período de retorno para Eldorado

Nome da estação: Eldorado – F5-007R

Coordenadas geográficas: Lat. 24°31'S; Long. 48°06'W

Altitude: 20 m

Períodos de dados utilizados: 1946; 1948-50; 1952-53; 1956-68; 1971-97 (46 anos)

Equação: $i_{t,T} = 38,4622 (t+30)^{-0,8939} + 19,0899 (t+30)^{-0,9296} \cdot [-0,4688 - 0,8573 \ln \ln(T/T-1)]$ (3.15)

para $10 \leq t \leq 1440$

onde: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.19 – Eldorado: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	79,6	115,7	139,6	153,0	162,5	169,7	192,1	214,3	236,5
20	65,2	94,6	114,0	124,9	132,6	138,5	156,7	174,7	192,7
30	55,5	80,2	96,6	105,8	112,3	117,3	132,6	147,9	163,1
60	38,6	55,6	66,8	73,2	77,6	81,0	91,6	102,0	112,5
120	24,5	35,1	42,0	46,0	48,8	50,9	57,4	63,9	70,4
180	18,2	25,9	31,0	33,9	35,9	37,4	42,2	47,0	51,7
360	10,5	14,8	17,7	19,3	20,4	21,3	24,0	26,7	29,3
720	5,8	8,2	9,8	10,6	11,3	11,7	13,2	14,7	16,1
1080	4,1	5,8	6,8	7,5	7,9	8,2	9,2	10,2	11,3
1440	3,2	4,5	5,3	5,8	6,1	6,4	7,1	7,9	8,7

Tabela 3.20 – Eldorado: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	13,3	19,3	23,3	25,5	27,1	28,3	32,0	35,7	39,4
20	21,7	31,5	38,0	41,6	44,2	46,2	52,2	58,2	64,2
30	27,7	40,1	48,3	52,9	56,1	58,6	66,3	73,9	81,5
60	38,6	55,6	66,8	73,2	77,6	81,0	91,6	102,0	112,5
120	49,0	70,1	84,1	92,0	97,5	101,8	114,9	127,9	140,8
180	54,5	77,6	93,0	101,6	107,7	112,3	126,7	141,0	155,2
360	62,7	88,8	106,0	115,8	122,6	127,8	144,0	160,1	176,0
720	70,0	98,4	117,2	127,8	135,2	140,9	158,5	176,0	193,4
1080	74,1	103,6	123,2	134,2	142,0	147,9	166,3	184,5	202,6
1440	76,9	107,2	127,3	138,7	146,6	152,7	171,6	190,3	208,9

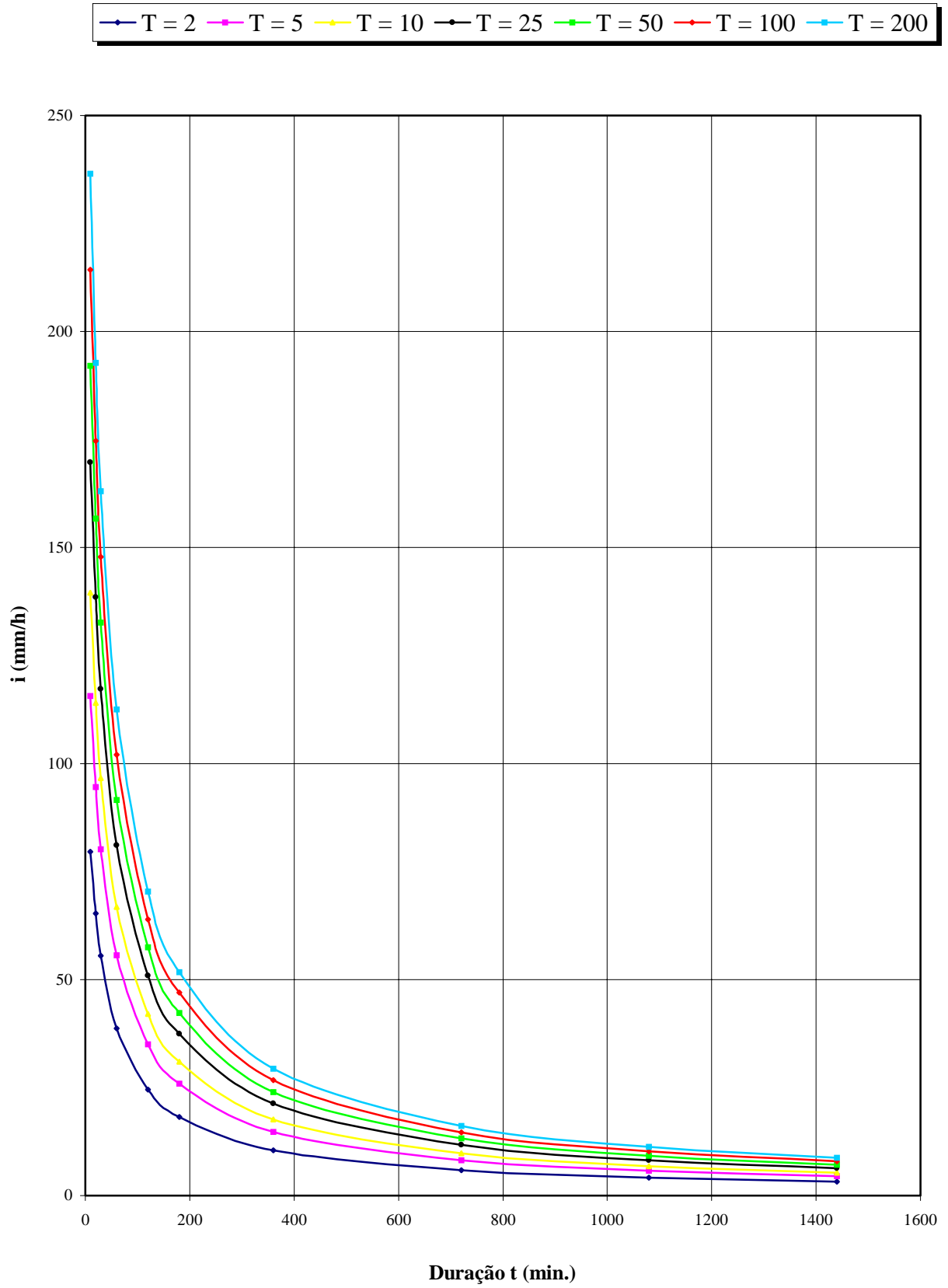


Figura 3.19 - ELDORADO: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

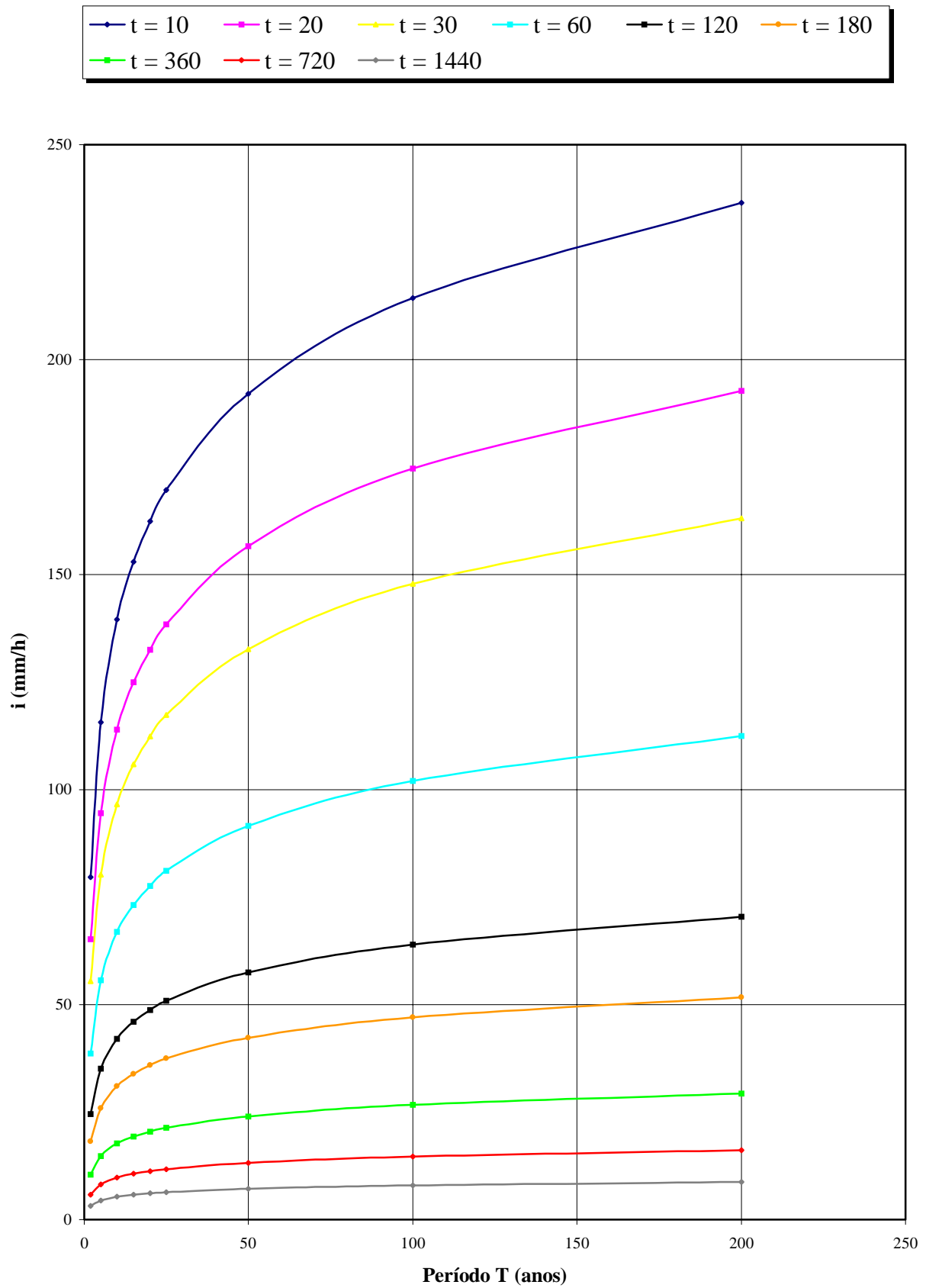


Figura 3.20 - ELDORADO: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.10 Relação intensidade – duração – período de retorno para Garça

Nome da estação: Mundo Novo – D6-092R

Coordenadas geográficas: Lat. 22°19'S; Long. 49°46'W

Altitude: 660 m

Períodos de dados utilizados: 1971-76; 1978-82; 1984; 1986-90; 1993-96 (21 anos)

Equação: $i_{t,T} = 52,0793 (t+30)^{-0,9365} + 12,1571 (t+20)^{-0,9424} \cdot [-0,4793 - 0,9126 \ln \ln(T/T-1)]$ (3.16)

para $10 \leq t \leq 1440$

onde: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.21 – Garça: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	94,4	125,0	145,3	156,7	164,7	170,9	189,9	208,7	227,5
20	76,8	100,2	115,6	124,3	130,4	135,1	149,6	164,0	178,3
30	64,9	83,8	96,3	103,4	108,3	112,1	123,8	135,5	147,1
60	44,5	56,6	64,7	69,2	72,4	74,8	82,4	89,8	97,3
120	27,6	34,8	39,5	42,2	44,1	45,5	50,0	54,4	58,8
180	20,2	25,3	28,7	30,6	31,9	33,0	36,1	39,3	42,4
360	11,3	14,1	16,0	17,0	17,7	18,3	20,0	21,7	23,5
720	6,1	7,6	8,6	9,2	9,6	9,9	10,8	11,7	12,6
1080	4,2	5,3	6,0	6,3	6,6	6,8	7,5	8,1	8,7
1440	3,3	4,1	4,6	4,9	5,1	5,2	5,7	6,2	6,7

Tabela 3.22 – Garça: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	15,7	20,8	24,2	26,1	27,5	28,5	31,6	34,8	37,9
20	25,6	33,4	38,5	41,4	43,5	45,0	49,9	54,7	59,4
30	32,4	41,9	48,2	51,7	54,2	56,1	61,9	67,7	73,5
60	44,5	56,6	64,7	69,2	72,4	74,8	82,4	89,8	97,3
120	55,3	69,6	79,1	84,4	88,2	91,0	99,9	108,8	117,6
180	60,5	75,9	86,0	91,8	95,8	98,9	108,4	117,9	127,3
360	67,9	84,6	95,7	102,0	106,4	109,8	120,2	130,5	140,8
720	73,6	91,5	103,3	110,0	114,7	118,3	129,4	140,4	151,4
1080	76,5	95,0	107,2	114,1	118,9	122,7	134,1	145,5	156,8
1440	78,4	97,3	109,8	116,8	121,7	125,5	137,2	148,9	160,4

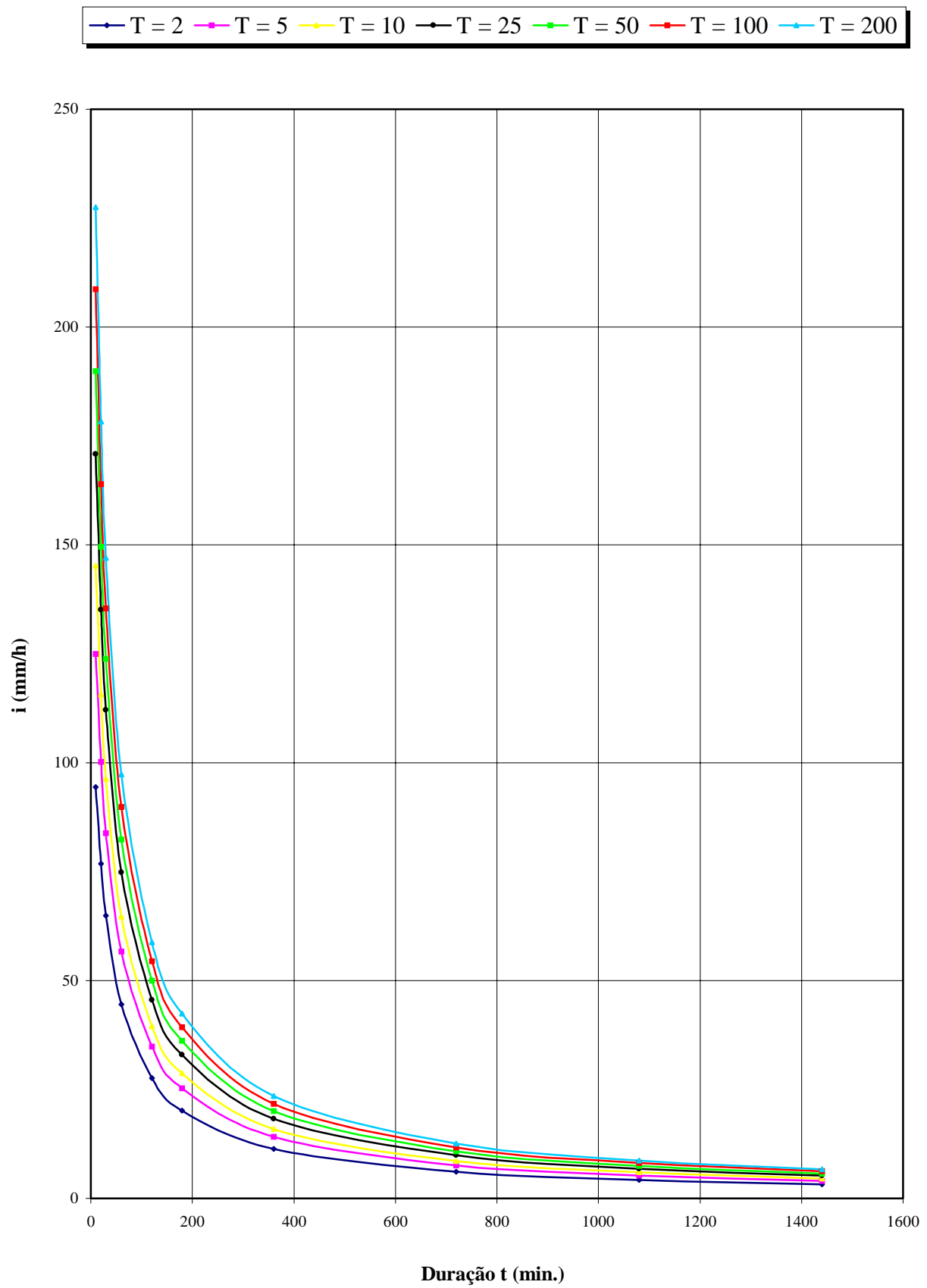


Figura 3.21 - GARÇA: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

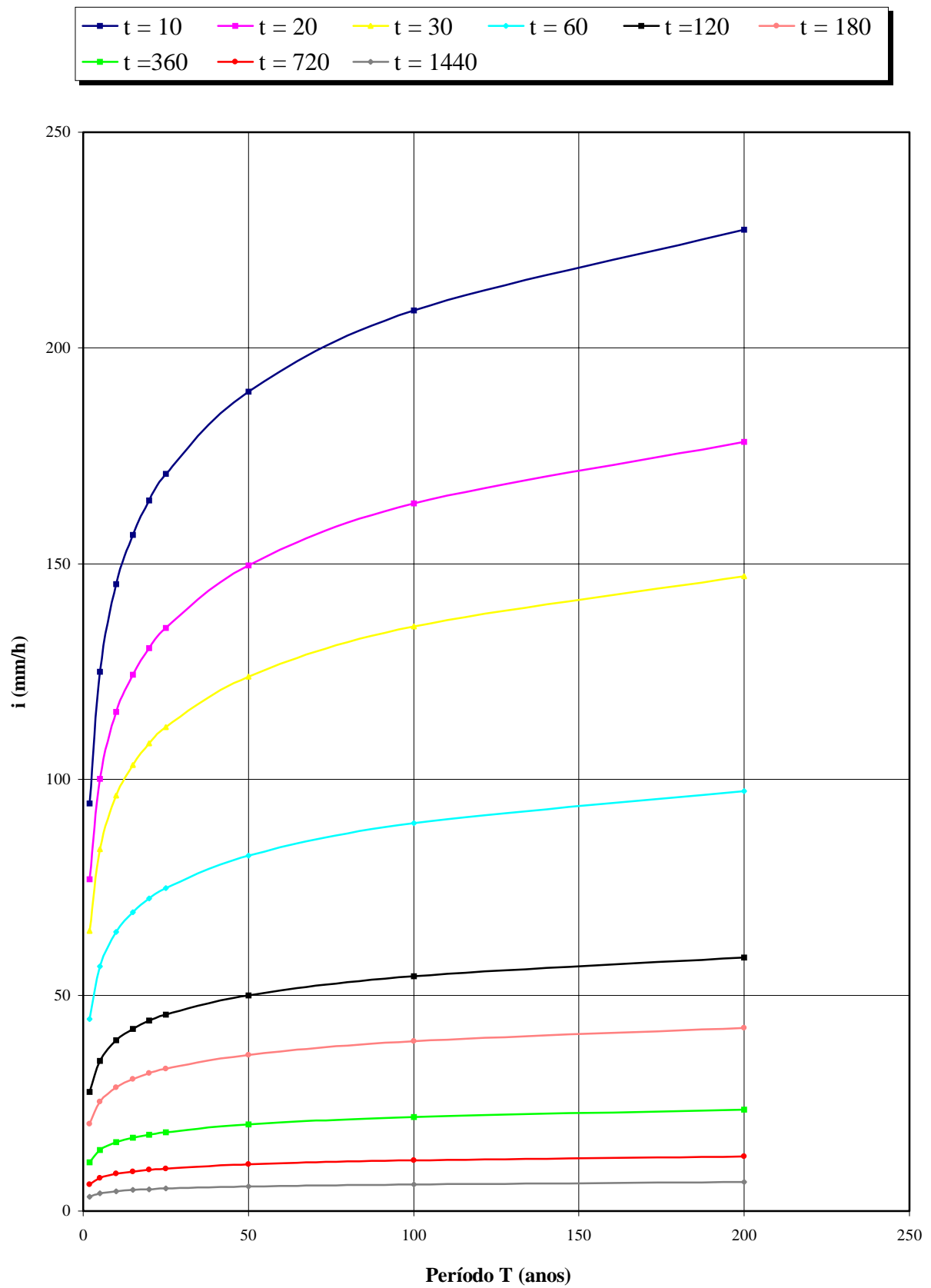


Figura 3.22 - GARÇA: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.11 Relação intensidade – duração – período de retorno para Iacri

Nome da estação: Iacri – C7-054R

Coordenadas geográficas: Lat. 21°52'S; Long. 50°42'W

Altitude: 510 m

Períodos de dados utilizados: 1990-91; 1993-98 (8 anos)

Equação: $i_{t,T} = 33,3984 (t+20)^{-0,8486} + 2,2482 (t+5)^{-0,6276} \cdot [-0,5009 - 1,0344 \ln \ln(T/T-1)]$ (3.17)

para $10 \leq t \leq 1440$

onde: i: intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T, em mm/min;

t: duração da chuva em minutos;

T: período de retorno em anos.

Tabela 3.23 – Iacri: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	108,8	137,7	156,8	167,6	175,2	181,0	199,0	216,8	234,5
20	85,4	106,4	120,3	128,1	133,6	137,8	150,8	163,8	176,6
30	70,7	87,7	98,9	105,3	109,7	113,1	123,7	134,1	144,6
60	47,4	59,0	66,6	70,9	73,9	76,2	83,4	90,5	97,5
120	29,5	37,1	42,2	45,0	47,0	48,5	53,3	58,0	62,7
180	21,7	27,7	31,7	33,9	35,5	36,7	40,4	44,0	47,7
360	12,6	16,5	19,0	20,5	21,5	22,3	24,7	27,1	29,5
720	7,1	9,6	11,3	12,3	12,9	13,4	15,0	16,6	18,1
1080	5,1	7,0	8,3	9,1	9,6	10,0	11,2	12,4	13,6
1440	4,0	5,6	6,7	7,3	7,7	8,1	9,1	10,1	11,1

Tabela 3.24 – Iacri: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	18,1	23,0	26,1	27,9	29,2	30,2	33,2	36,1	39,1
20	28,5	35,5	40,1	42,7	44,5	45,9	50,3	54,6	58,9
30	35,4	43,8	49,5	52,6	54,9	56,6	61,8	67,1	72,3
60	47,4	59,0	66,6	70,9	73,9	76,2	83,4	90,5	97,5
120	58,9	74,2	84,3	90,0	94,0	97,1	106,6	116,0	125,4
180	65,2	83,1	95,0	101,7	106,4	110,0	121,1	132,1	143,1
360	75,4	98,8	114,2	123,0	129,1	133,8	148,3	162,8	177,1
720	85,2	115,6	135,8	147,1	155,1	161,2	180,1	198,8	217,5
1080	91,0	126,4	149,9	163,1	172,4	179,5	201,5	223,3	245,1
1440	95,2	134,7	160,8	175,5	185,8	193,8	218,3	242,6	266,8

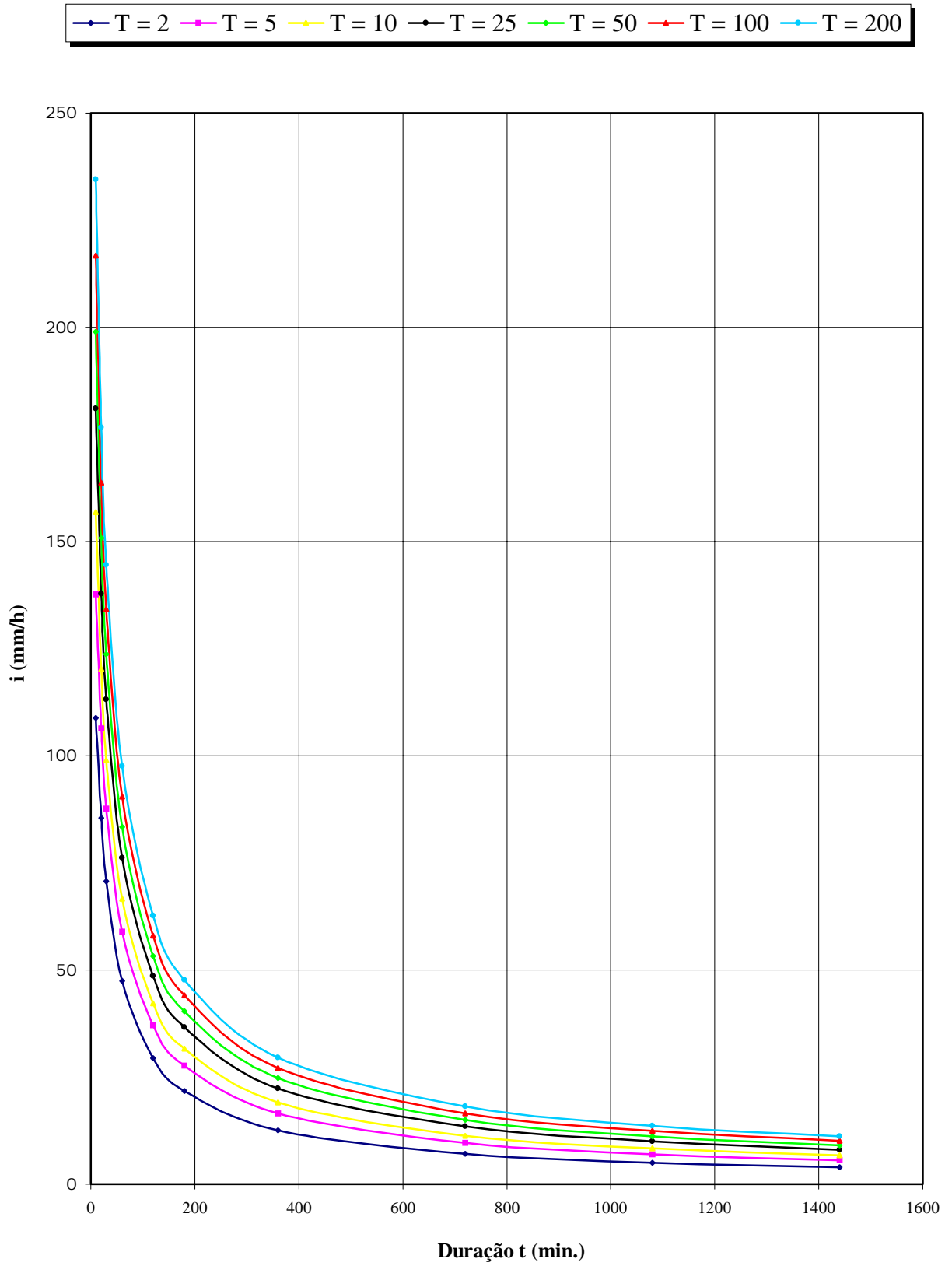


Figura 3.23 - IACRI: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

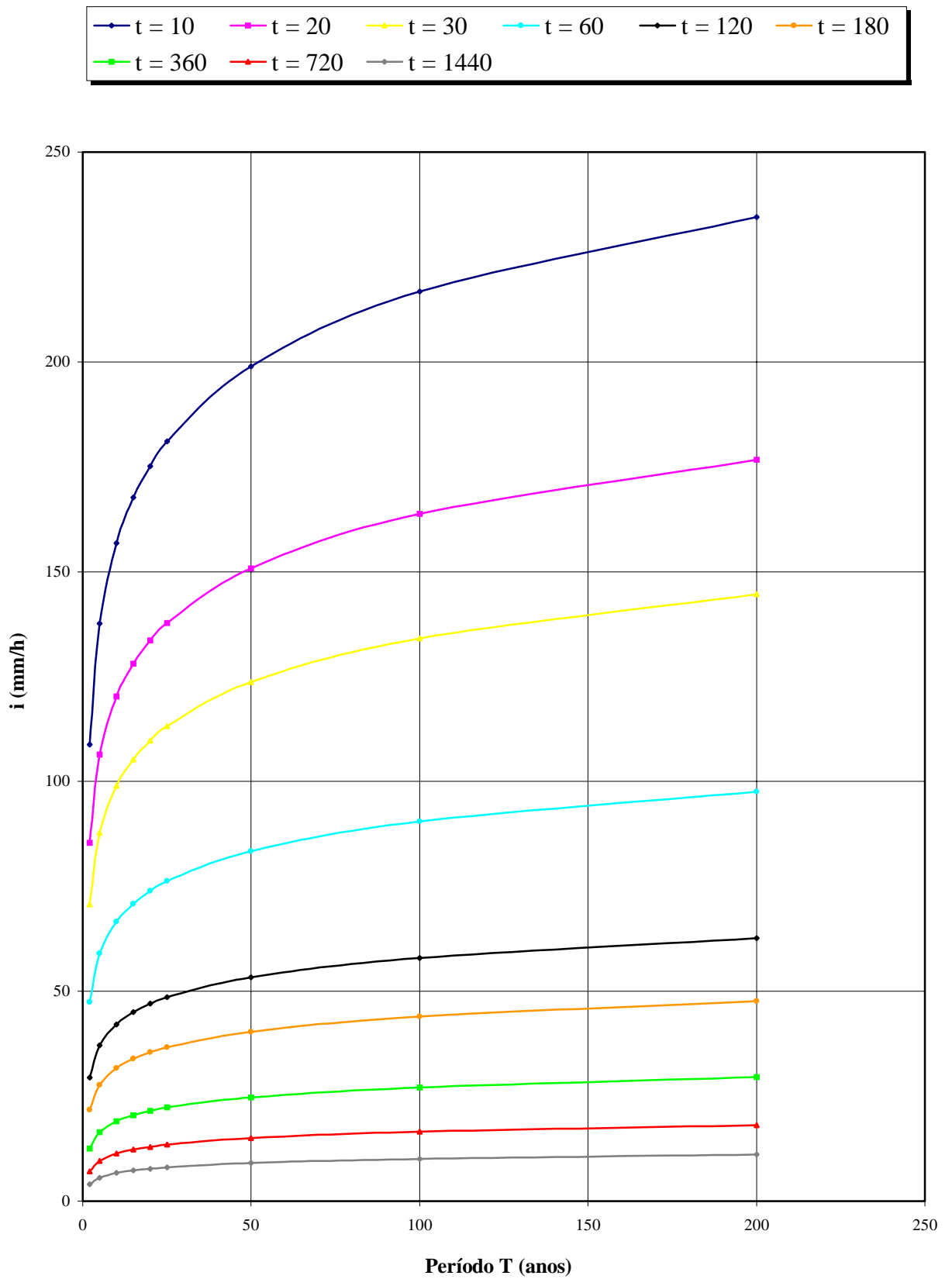


Figura 3.24 - IACRI: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.12 Relação intensidade – duração – período de retorno para Iguape

Nome da estação: Iguape – F4-040R

Coordenadas geográficas: Lat. 24°42'S; Long. 47°40'W

Altitude: 5 m

Períodos de dados utilizados: 1970-77; 1979-80; 1983-86; 1989-90; 1994-97 (20 anos)

Equação para $10 \leq t \leq 120$:

$$i_{t,T} = 129,8902 (t + 77)^{-0,9373} + 1,7487 (t + 77)^{-0,2852} [-0,4801 - 0,9171 \ln \ln (T/T - 1)] \quad (3.18)$$

Equação para $120 < t \leq 1440$:

$$i_{t,T} = 129,8902 (t + 77)^{-0,9373} + 31,7694 (t + 77)^{-0,8328} [-0,4801 - 0,9171 \ln \ln (T/T - 1)] \quad (3.19)$$

onde: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.25 – Iguape: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	114,3	144,8	165,0	176,4	184,4	190,6	209,5	228,3	247,0
20	103,0	132,5	152,1	163,2	170,9	176,9	195,2	213,4	231,6
30	93,7	122,4	141,5	152,2	159,7	165,5	183,4	201,1	218,8
60	73,7	100,6	118,3	128,3	135,3	140,7	157,4	173,9	190,3
120	51,8	75,9	91,9	101,0	107,3	112,1	127,1	142,0	156,9
180	40,3	59,8	72,7	79,9	85,0	89,0	101,1	113,1	125,0
360	24,4	36,9	45,2	49,9	53,2	55,7	63,5	71,2	78,9
720	13,8	21,4	26,4	29,3	31,3	32,8	37,5	42,2	46,9
1080	9,7	15,3	19,0	21,1	22,5	23,6	27,1	30,5	33,9
1440	7,5	12,0	14,9	16,6	17,7	18,6	21,4	24,1	26,8

Tabela 3.26 – Iguape: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	19,1	24,1	27,5	29,4	30,7	31,8	34,9	38,0	41,2
20	34,3	44,2	50,7	54,4	57,0	59,0	65,1	71,1	77,2
30	46,8	61,2	70,7	76,1	79,9	82,8	91,7	100,5	109,4
60	73,7	100,6	118,3	128,3	135,3	140,7	157,4	173,9	190,3
120	103,5	151,9	183,9	201,9	214,6	224,3	254,3	284,1	313,7
180	120,8	179,3	218,0	239,8	255,1	266,9	303,2	339,2	375,1
360	146,3	221,5	271,2	299,3	319,0	334,1	380,8	427,1	473,3
720	165,8	257,0	317,3	351,4	375,2	393,6	450,2	506,3	562,3
1080	174,9	275,1	341,5	378,9	405,2	425,4	487,6	549,3	610,9
1440	180,5	287,1	357,8	397,6	425,5	447,0	513,2	578,9	644,4

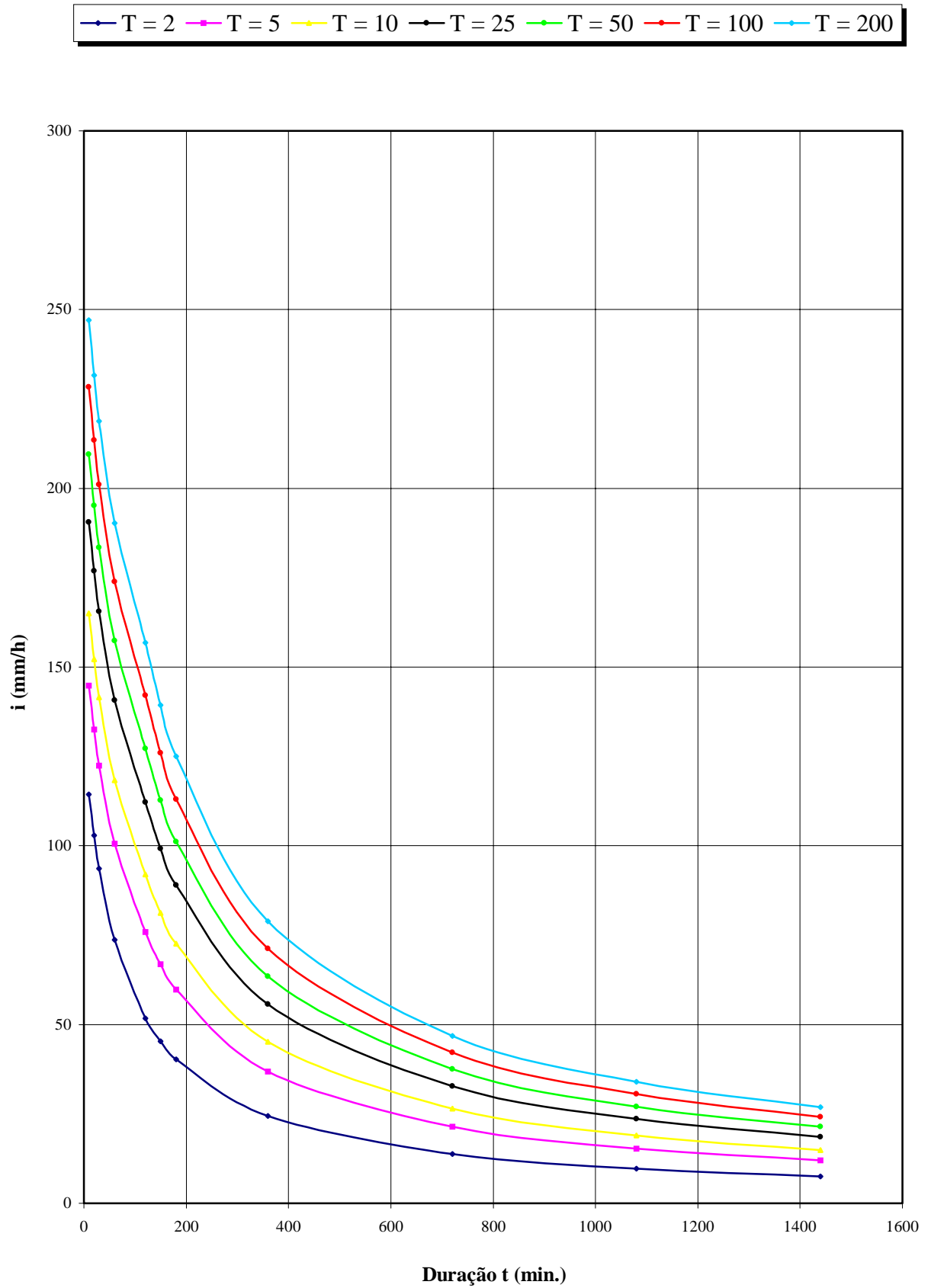


Figura 3.25 - IGUAPE: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

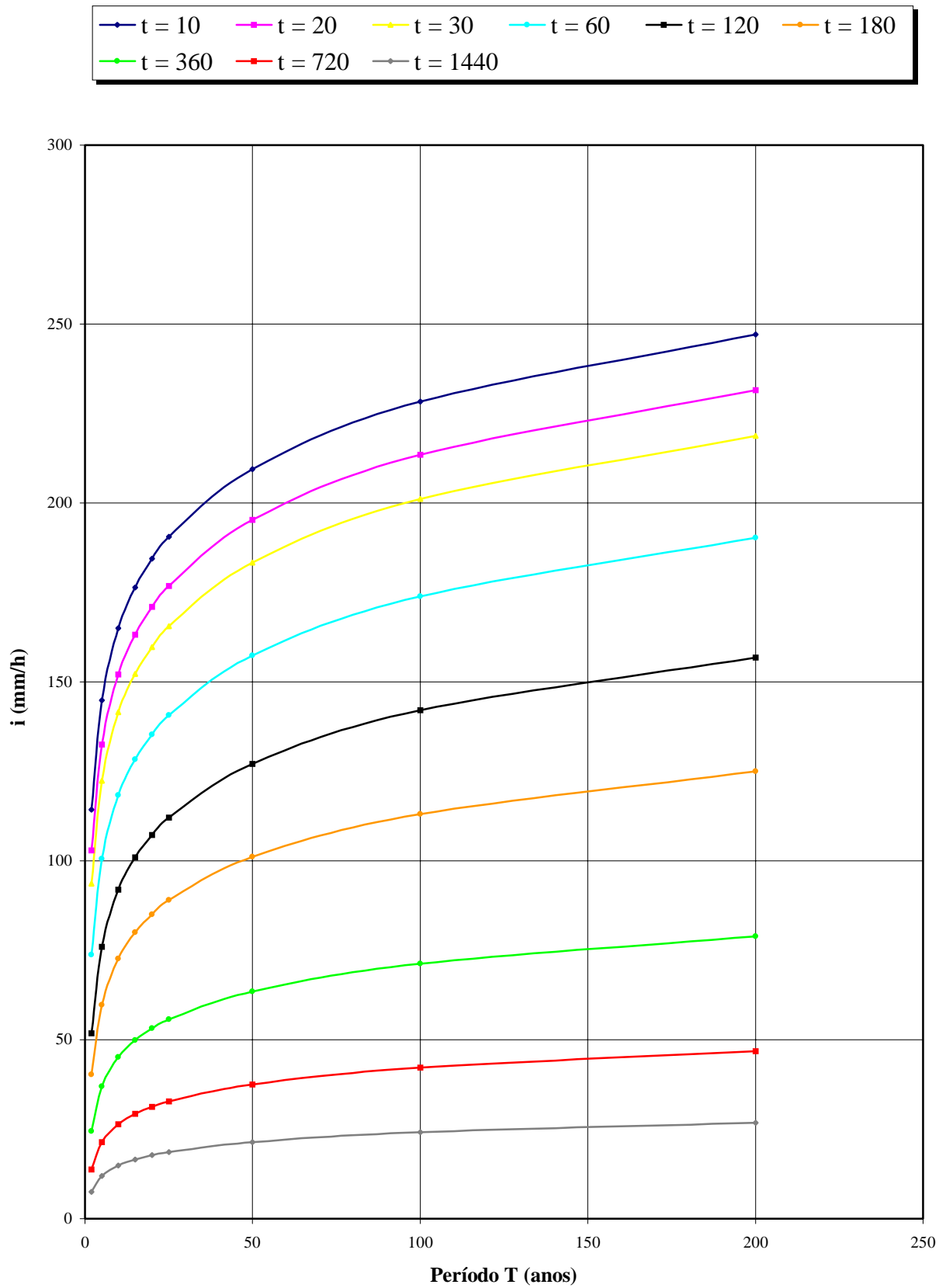


Figura 3.26 - IGUAPE: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.13 Relação intensidade – duração – período de retorno para Itararé

Nome da estação: Itararé – F6-004R

Coordenadas geográficas: Lat. 24°07'S; Long. 49°20'W

Altitude: 760 m

Período de dados utilizados: 1970; 1972-86; 1988-89; 1993-97 (23 anos)

$$\text{Equação: } i_{t,T} = 20,0196 (t+10)^{-0,7961} + 11,4493 (t+10)^{-0,9224} [-0,4778 - 0,9046 \ln \ln(T/T-1)] \quad (3.20)$$

para $10 \leq t \leq 1440$

com: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.27 – Itararé: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	104,3	148,7	178,1	194,7	206,4	215,3	242,9	270,3	297,5
20	75,7	106,3	126,6	138,0	146,0	152,1	171,1	189,9	208,7
30	60,4	83,8	99,3	108,1	114,2	118,9	133,5	147,9	162,3
60	38,8	52,8	62,1	67,3	71,0	73,8	82,5	91,1	99,7
120	23,8	31,7	36,9	39,9	42,0	43,6	48,5	53,3	58,2
180	17,6	23,2	26,9	29,0	30,4	31,6	35,0	38,4	41,9
360	10,4	13,4	15,4	16,5	17,3	17,9	19,8	21,7	23,5
720	6,1	7,7	8,8	9,4	9,8	10,1	11,1	12,1	13,1
1080	4,4	5,5	6,3	6,7	7,0	7,2	7,9	8,6	9,3
1440	3,5	4,4	5,0	5,3	5,5	5,7	6,2	6,7	7,2

Tabela 3.28 – Itararé: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	17,4	24,8	29,7	32,5	34,4	35,9	40,5	45,0	49,6
20	25,2	35,4	42,2	46,0	48,7	50,7	57,0	63,3	69,6
30	30,2	41,9	49,7	54,0	57,1	59,5	66,7	74,0	81,2
60	38,8	52,8	62,1	67,3	71,0	73,8	82,5	91,1	99,7
120	47,6	63,4	73,9	79,8	83,9	87,1	96,9	106,7	116,4
180	52,9	69,6	80,7	86,9	91,3	94,7	105,0	115,3	125,6
360	62,5	80,5	92,5	99,3	104,0	107,6	118,8	130,0	141,1
720	73,0	92,3	105,1	112,3	117,3	121,2	133,2	145,1	157,0
1080	79,7	99,7	113,0	120,4	125,7	129,7	142,1	154,5	166,7
1440	84,8	105,3	118,9	126,5	131,9	136,0	148,8	161,4	174,0

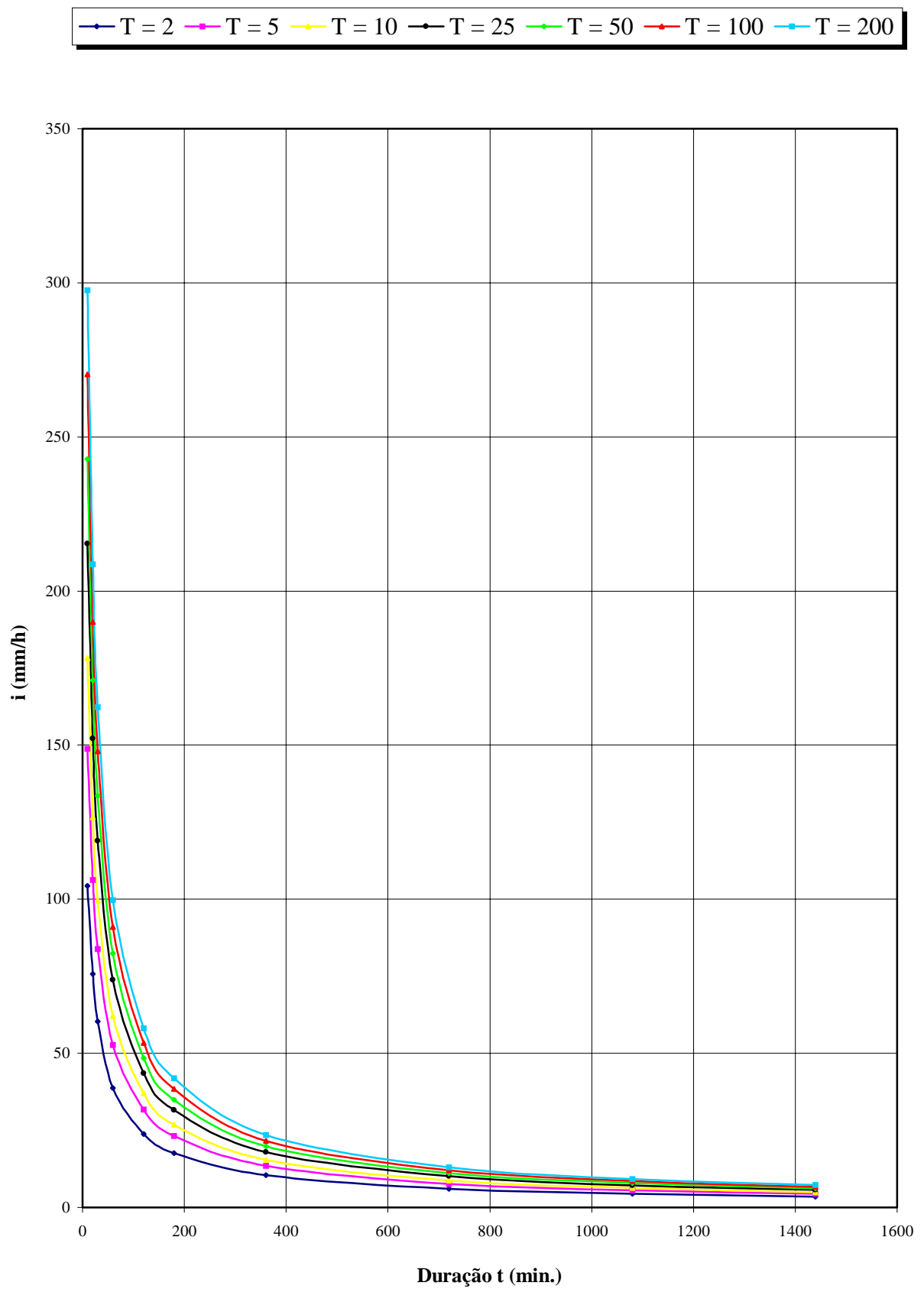


Figura 3.27 - ITARARÉ: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

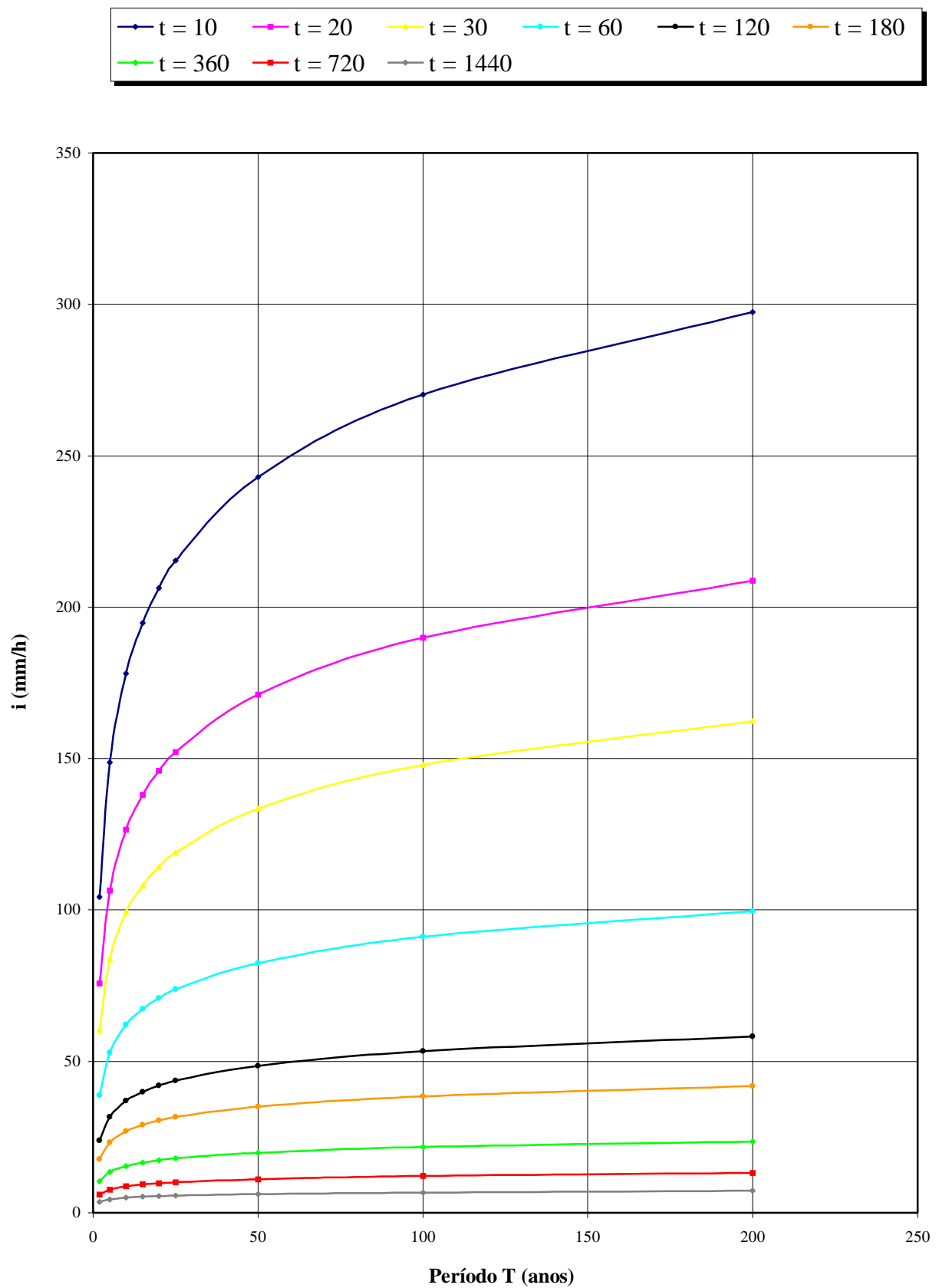


Figura 3.28 - ITARARÉ: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.14 Relação intensidade – duração – período de retorno para Itu

Nome da estação: Pirapitingui – E4-023R

Coordenadas geográficas: Lat. 23°20'S; Long. 47°20'W

Altitude: 640 m

Período de dados utilizados: 1973-84; 1986-89; 1991-94; 1997 (21 anos)

$$\text{Equação: } i_{t,T} = 52,9364 (t+30)^{-0,9526} + 8,0659 (t+25)^{-0,8537} \cdot [-0,4793 - 0,9126 \ln \ln(T/T-1)] \quad (3.21)$$

para $10 \leq t \leq 1440$

com: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.29 – Itu: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	91,2	115,3	131,2	140,2	146,5	151,3	166,3	181,1	195,8
20	73,7	93,2	106,0	113,3	118,3	122,3	134,3	146,3	158,2
30	62,0	78,3	89,2	95,3	99,6	102,9	113,0	123,1	133,1
60	42,1	53,4	60,8	65,1	68,0	70,3	77,3	84,2	91,2
120	25,8	33,0	37,7	40,4	42,3	43,7	48,2	52,6	56,9
180	18,7	24,1	27,6	29,6	31,0	32,0	35,3	38,6	41,9
360	10,4	13,5	15,5	16,7	17,5	18,1	20,1	22,0	23,9
720	5,5	7,3	8,5	9,1	9,6	10,0	11,1	12,2	13,2
1080	3,8	5,1	5,9	6,4	6,7	7,0	7,8	8,5	9,3
1440	2,9	3,9	4,6	4,9	5,2	5,4	6,0	6,6	7,2

Tabela 3.30 – Itu: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	15,2	19,2	21,9	23,4	24,4	25,2	27,7	30,2	32,6
20	24,6	31,1	35,3	37,8	39,4	40,8	44,8	48,8	52,7
30	31,0	39,2	44,6	47,6	49,8	51,4	56,5	61,5	66,6
60	42,1	53,4	60,8	65,1	68,0	70,3	77,3	84,2	91,2
120	51,7	66,0	75,5	80,8	84,5	87,4	96,3	105,1	113,9
180	56,2	72,2	82,8	88,7	92,9	96,1	106,0	115,8	125,6
360	62,2	80,9	93,2	100,2	105,0	108,8	120,4	131,8	143,3
720	66,6	87,8	101,8	109,8	115,3	119,6	132,8	145,8	158,9
1080	68,6	91,4	106,4	114,9	120,8	125,4	139,5	153,5	167,5
1440	69,9	93,8	109,5	118,4	124,7	129,5	144,2	158,9	173,5

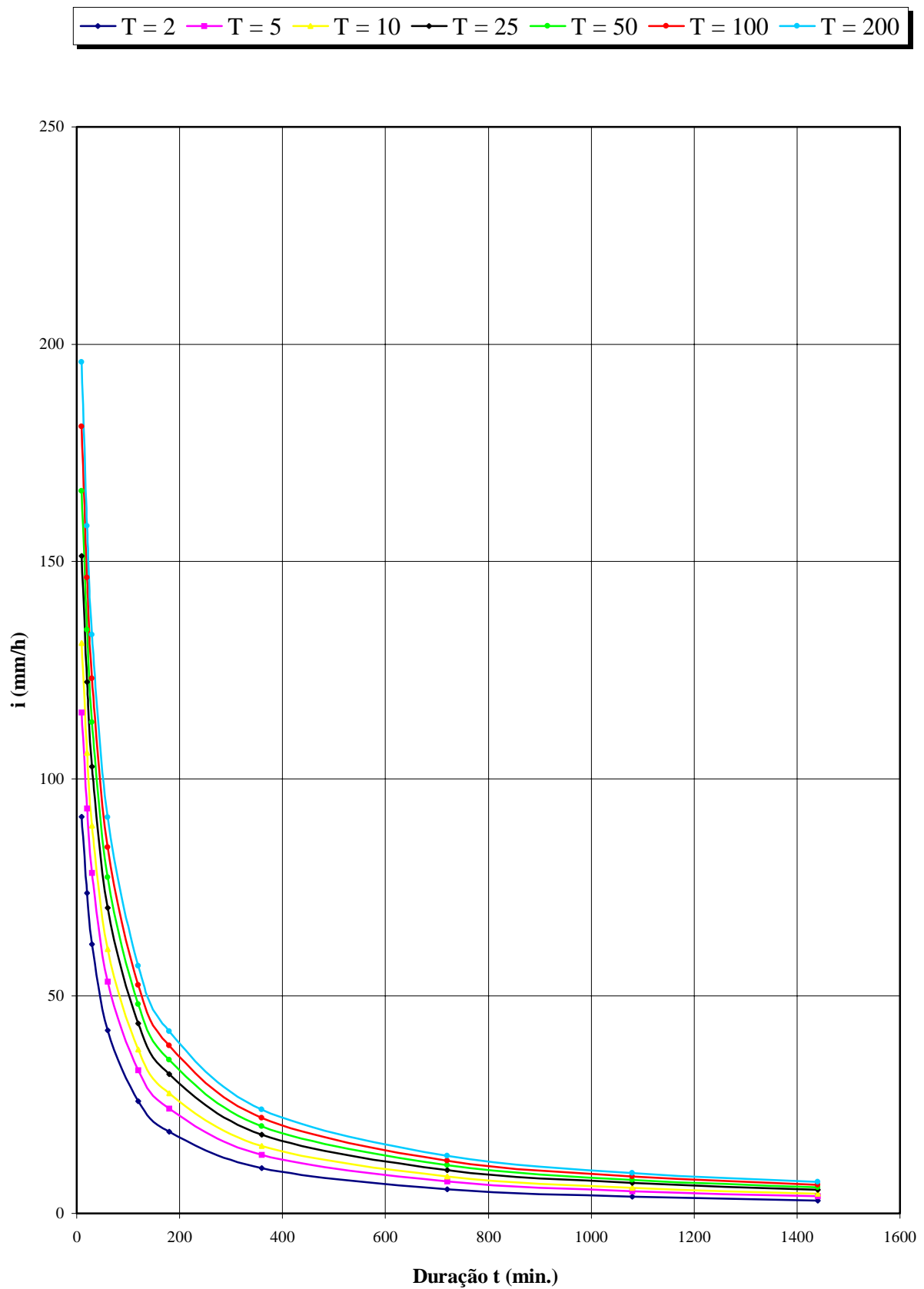


Figura 3.29 - ITU: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

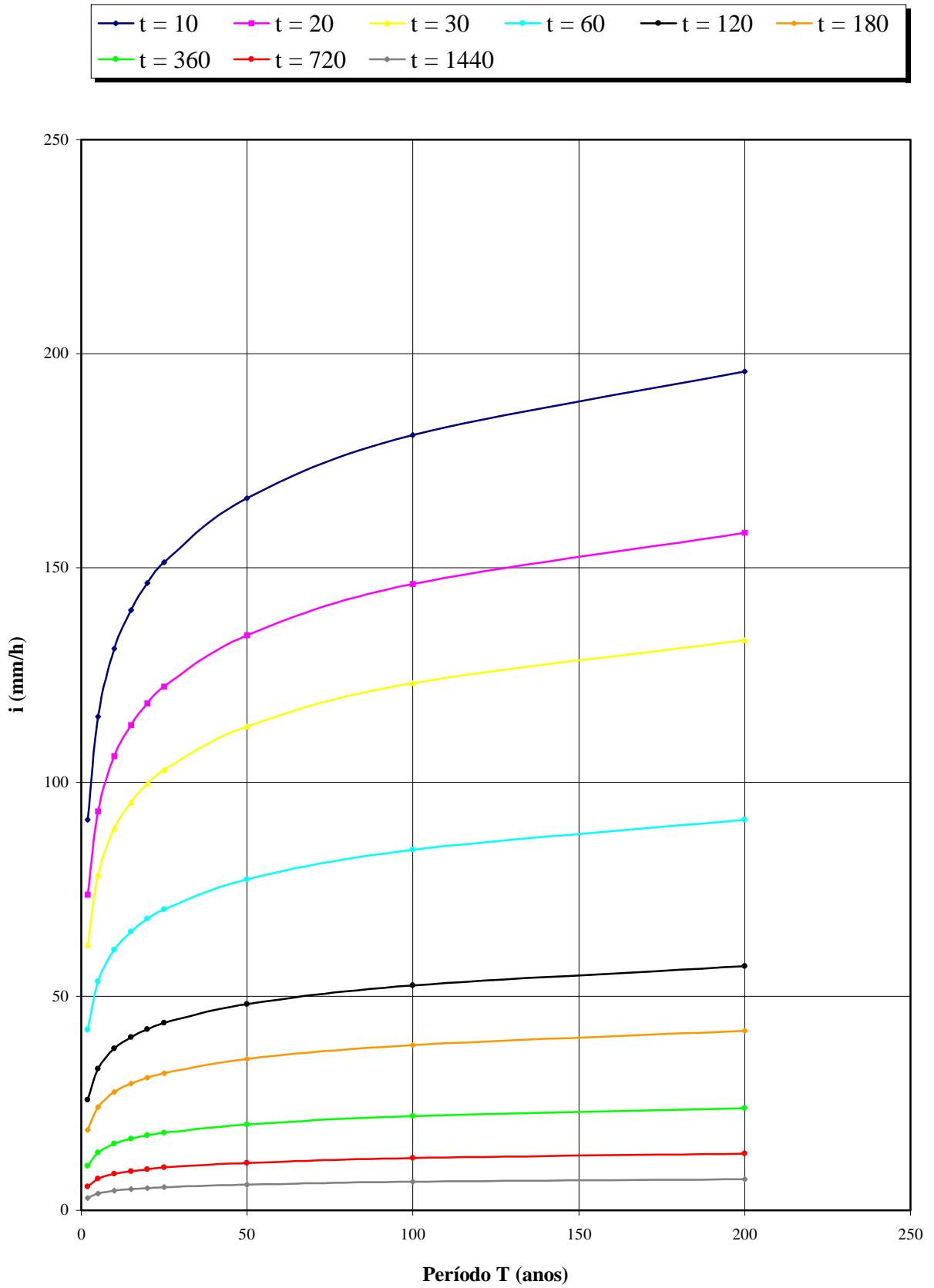


Figura 3.30 - ITU: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.15 Relação intensidade – duração – período de retorno para Leme

Nome da estação: Cresciumal – D4-030R

Coordenadas geográficas: Lat. 22° 10' S; Long. 47° 17' W

Altitude: 600 m

Período de dados utilizados: 1971-96 (26 anos)

$$\text{Equação: } i_{t,T} = 35,1348(t+20)^{-0,8823} + 7,9502 (t+20)^{-0,8101} \cdot [-0,4760 - 0,8946 \ln \ln(T/T-1)] \quad (3.22)$$

para $10 \leq t \leq 1440$

com: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.31 – Leme: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	100,4	131,1	151,5	163,0	171,0	177,2	196,3	215,3	234,2
20	77,8	102,2	118,3	127,4	133,8	138,7	153,8	168,8	183,8
30	63,9	84,2	97,7	105,3	110,6	114,7	127,3	139,8	152,3
60	42,1	56,0	65,2	70,4	74,0	76,8	85,5	94,0	102,6
120	25,7	34,5	40,3	43,6	45,9	47,7	53,2	58,6	64,1
180	18,7	25,3	29,7	32,2	33,9	35,2	39,3	43,4	47,5
360	10,6	14,5	17,1	18,6	19,6	20,4	22,9	25,3	27,7
720	5,9	8,2	9,7	10,5	11,1	11,6	13,0	14,4	15,8
1080	4,1	5,8	6,9	7,5	7,9	8,3	9,3	10,3	11,4
1440	3,2	4,5	5,4	5,9	6,2	6,5	7,3	8,2	9,0

Tabela 3.32 – Leme: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	16,7	21,9	25,3	27,2	28,5	29,5	32,7	35,9	39,0
20	25,9	34,1	39,4	42,5	44,6	46,2	51,3	56,3	61,3
30	31,9	42,1	48,8	52,6	55,3	57,3	63,6	69,9	76,2
60	42,1	56,0	65,2	70,4	74,0	76,8	85,5	94,0	102,6
120	51,3	69,0	80,7	87,3	91,9	95,4	106,4	117,3	128,1
180	56,1	76,0	89,1	96,5	101,7	105,7	118,0	130,2	142,4
360	63,5	87,1	102,8	111,6	117,8	122,5	137,2	151,7	166,2
720	70,4	97,9	116,1	126,4	133,6	139,1	156,2	173,2	190,0
1080	74,3	104,2	124,1	135,2	143,1	149,1	167,7	186,1	204,5
1440	77,1	108,8	129,8	141,7	150,0	156,4	176,1	195,6	215,1

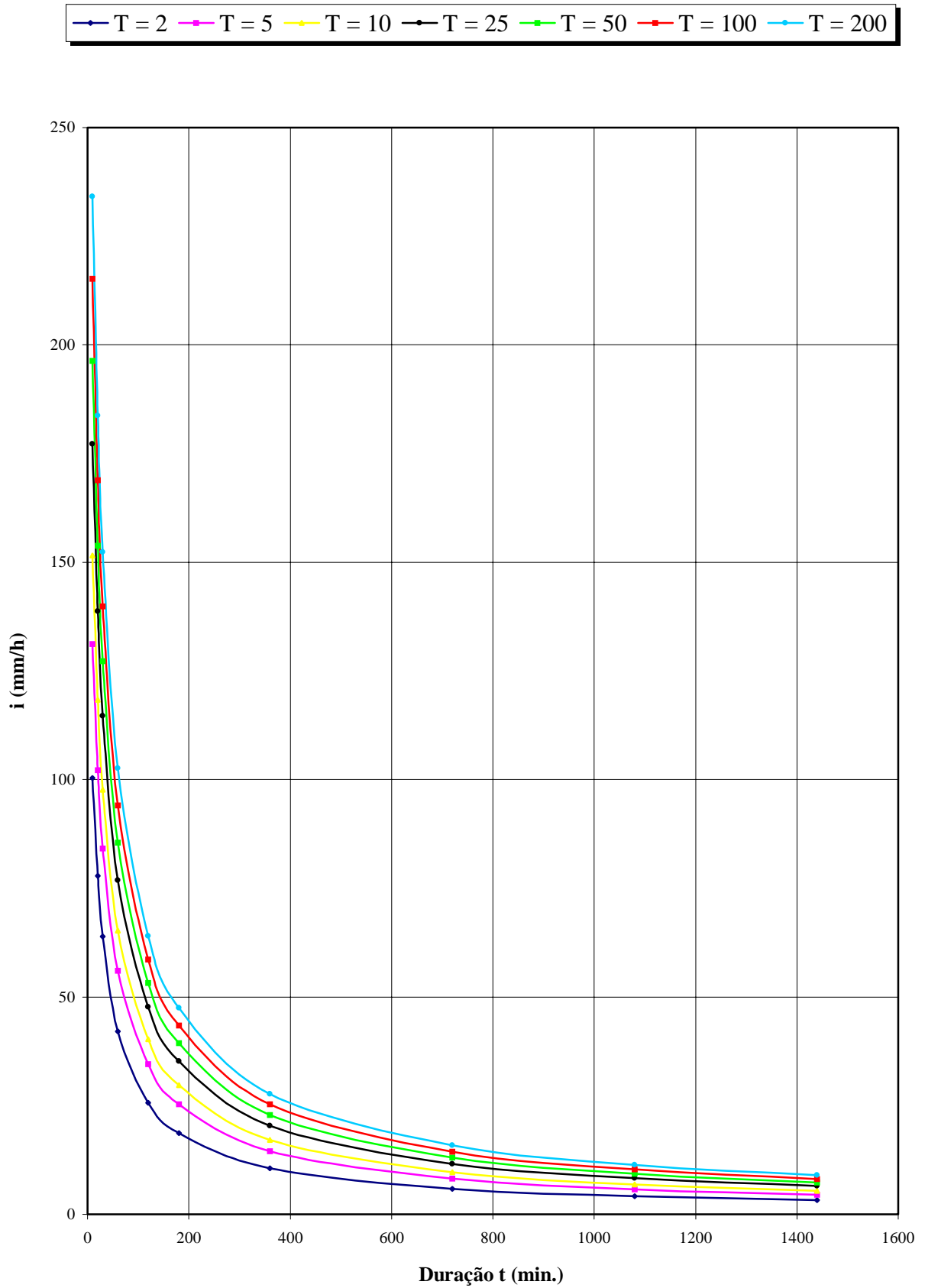


Figura 3.31 - LEME: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

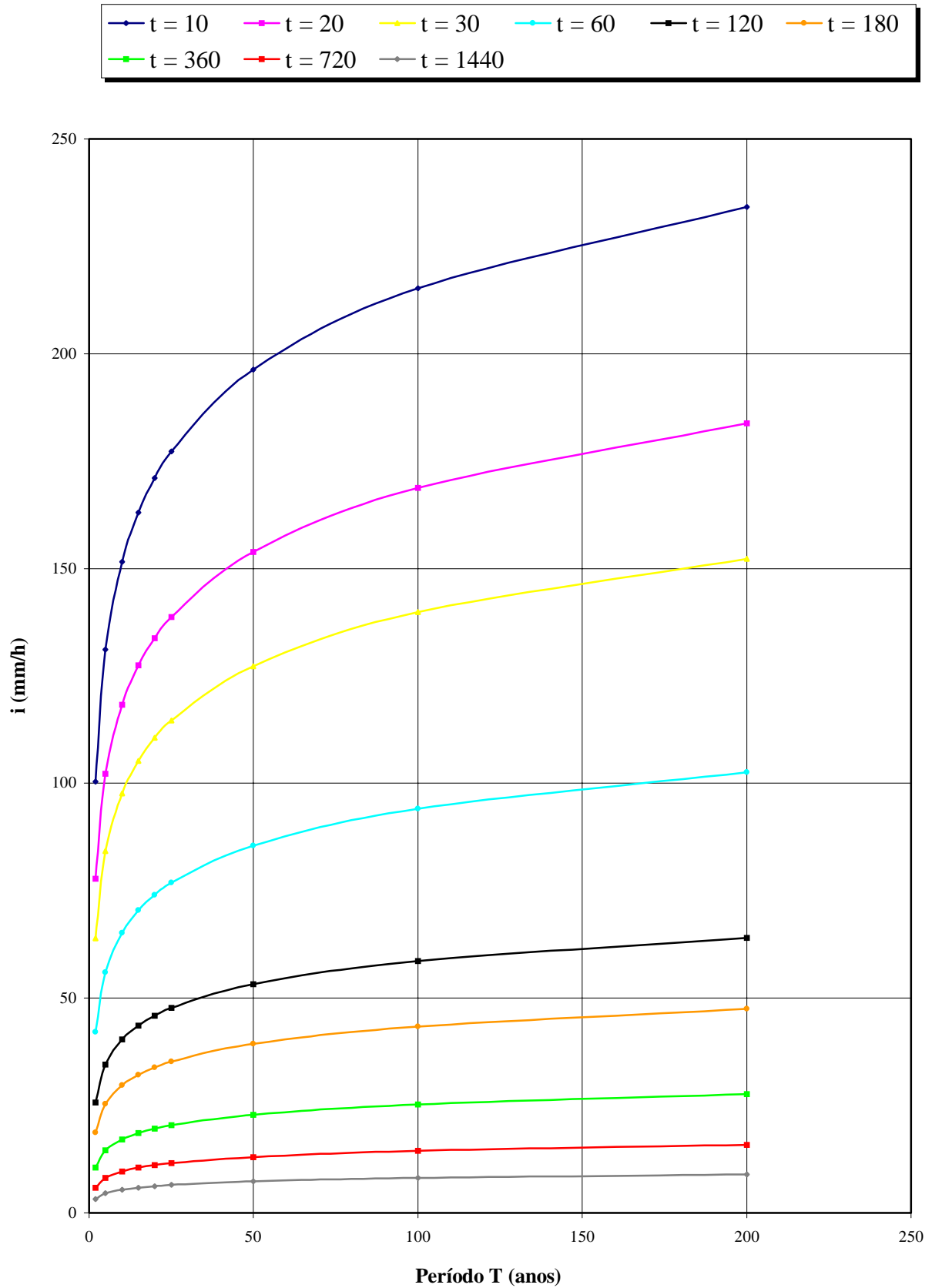


Figura 3.32 - LEME: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.16 Relação intensidade – duração – período de retorno para Lins

Nome da estação: Fazenda São Pedro – C6-015R

Coordenadas geográficas: Lat. 21°42'S; Long. 49°41'W

Altitude: 480 m

Período de dados utilizados: 1974-89; 1991-97 (23 anos)

$$\text{Equação: } i_{t,T} = 57,4647 (t+30)^{-0,9386} + 16,5999 (t+65)^{-0,9078} \cdot [-0,4778 - 0,9046 \ln \ln(T/T-1)] \quad (3.23)$$

para $10 \leq t \leq 1440$

com: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.33 – Lins: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	105,2	125,5	138,9	146,5	151,8	155,9	168,4	180,9	193,4
20	85,1	103,2	115,2	121,9	126,7	130,3	141,5	152,7	163,8
30	71,6	87,9	98,7	104,9	109,1	112,4	122,6	132,6	142,7
60	48,7	61,4	69,9	74,6	78,0	80,5	88,4	96,3	104,1
120	30,0	38,9	44,8	48,2	50,5	52,3	57,9	63,4	68,8
180	21,8	28,7	33,3	35,9	37,7	39,1	43,4	47,7	51,9
360	12,2	16,4	19,1	20,7	21,8	22,6	25,2	27,8	30,4
720	6,6	9,0	10,6	11,5	12,1	12,6	14,1	15,5	17,0
1080	4,5	6,2	7,4	8,0	8,5	8,8	9,9	10,9	12,0
1440	3,5	4,8	5,7	6,2	6,5	6,8	7,6	8,5	9,3

Tabela 3.34 – Lins: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	17,5	20,9	23,2	24,4	25,3	26,0	28,1	30,2	32,2
20	28,4	34,4	38,4	40,6	42,2	43,4	47,2	50,9	54,6
30	35,8	44,0	49,4	52,4	54,6	56,2	61,3	66,3	71,3
60	48,7	61,4	69,9	74,6	78,0	80,5	88,4	96,3	104,1
120	60,0	77,8	89,7	96,3	101,0	104,6	115,7	126,7	137,7
180	65,4	86,2	99,9	107,7	113,1	117,3	130,2	143,0	155,7
360	72,9	98,1	114,8	124,2	130,8	135,8	151,5	167,0	182,4
720	78,7	107,6	126,7	137,5	145,0	150,8	168,7	186,5	204,2
1080	81,6	112,3	132,7	144,2	152,2	158,4	177,5	196,4	215,2
1440	83,5	115,5	136,7	148,6	157,0	163,4	183,2	202,9	222,5

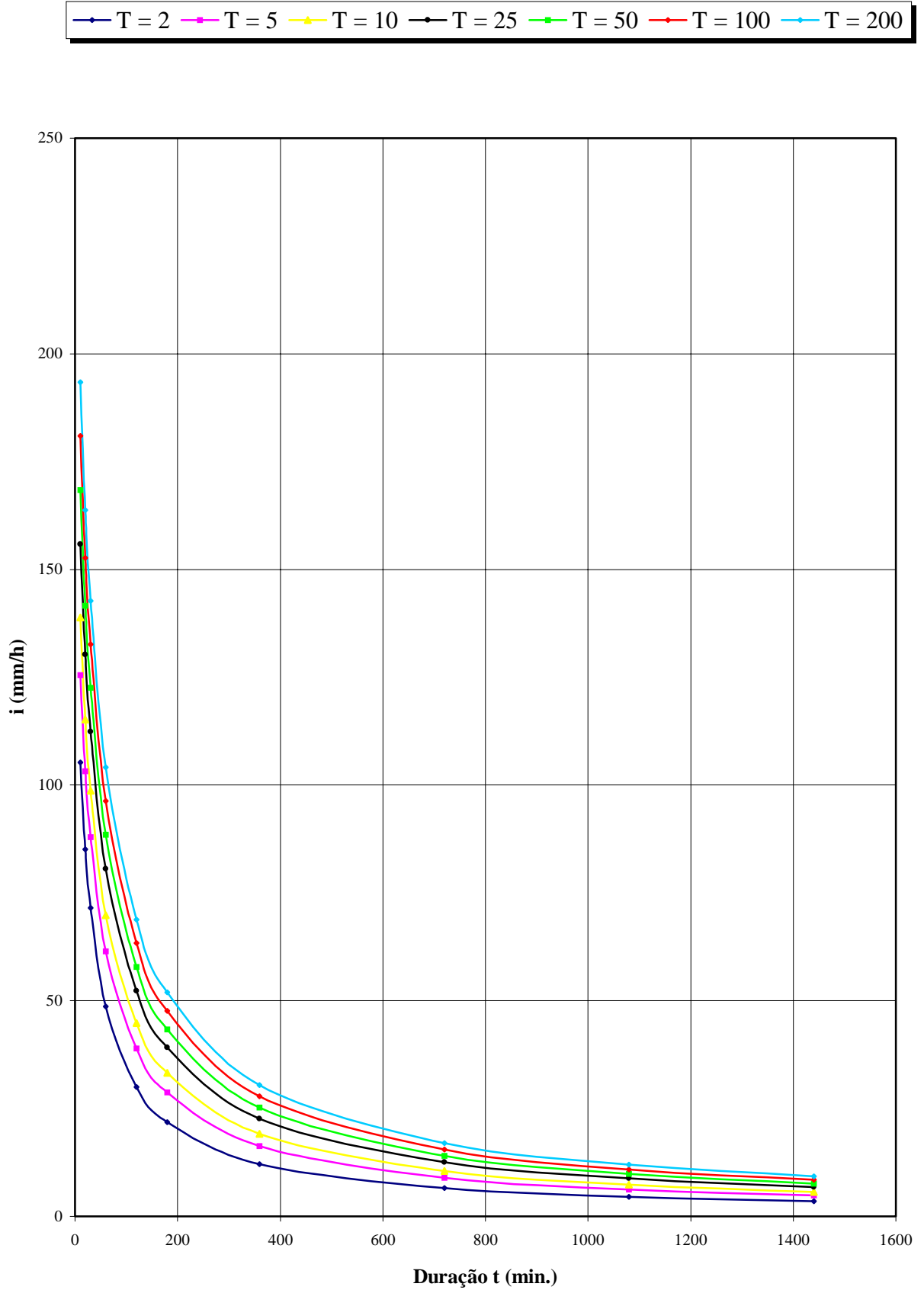


Figura 3.33 - LINS: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

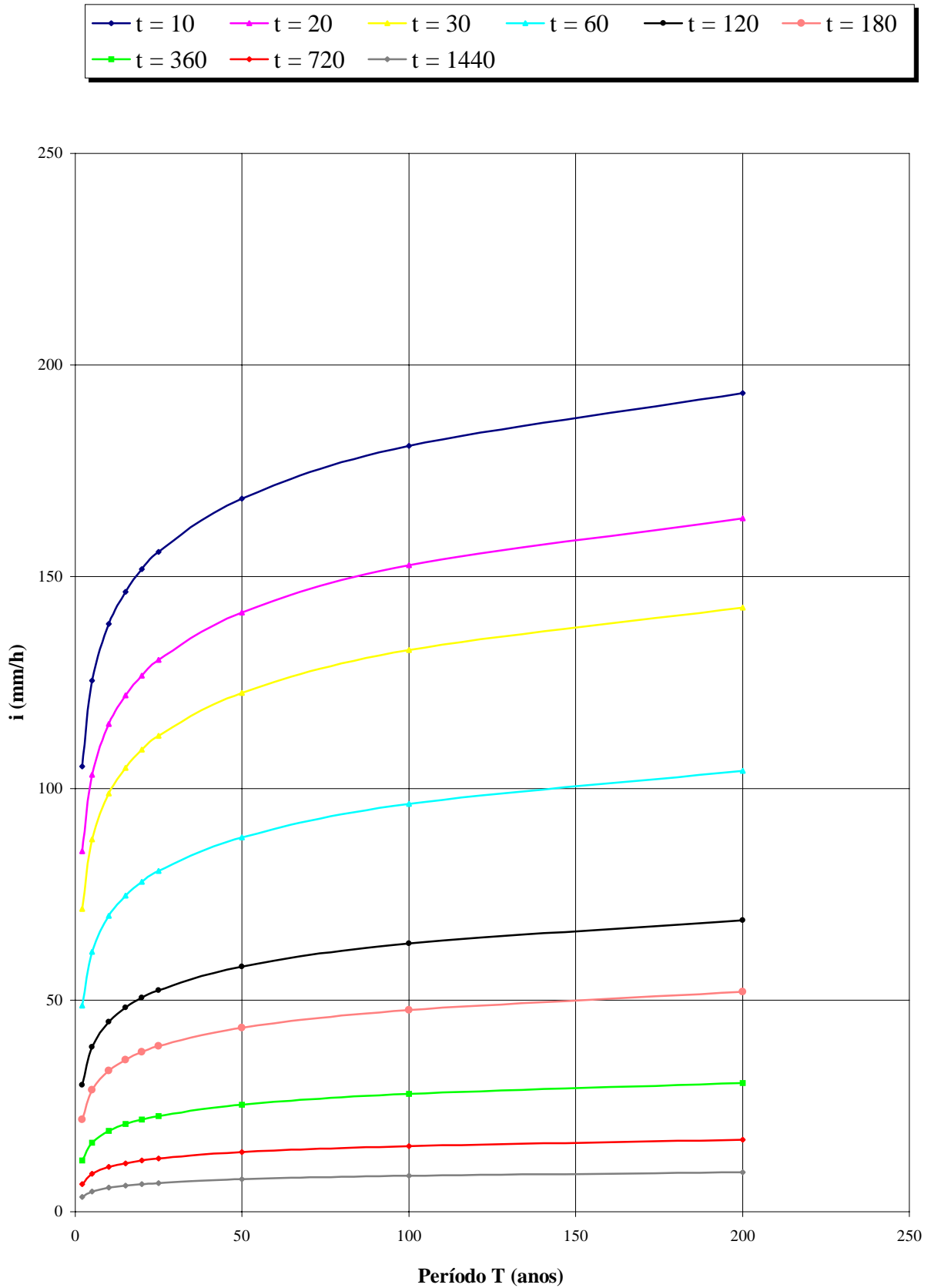


Figura 3.34 - LINS: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.17 Relação intensidade – duração – período de retorno para Martinópolis

Nome da estação: Laranja Doce – D8-041R

Coordenadas geográficas: Lat. 22° 15' S; Long. 51° 10' W

Altitude: 430 m

Período de dados utilizados: 1970-72; 1974-97 (27 anos)

$$\text{Equação: } i_{t,T} = 51,3805 (t+30)^{-0,9334} + 20,5323 (t+40)^{-0,9671} \cdot [-0,4754 - 0,8917 \ln \ln(T/T-1)] \quad (3.24)$$

para $10 \leq t \leq 1440$

com: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.35 – Martinópolis: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	94,4	122,7	141,4	152,0	159,4	165,1	182,7	200,2	217,5
20	76,5	100,3	116,0	124,9	131,1	135,8	150,6	165,2	179,8
30	64,5	84,9	98,5	106,1	111,5	115,6	128,3	140,9	153,4
60	44,1	58,6	68,2	73,6	77,4	80,3	89,3	98,2	107,1
120	27,3	36,5	42,6	46,1	48,5	50,3	56,0	61,7	67,3
180	20,0	26,7	31,2	33,7	35,5	36,9	41,0	45,2	49,4
360	11,2	15,0	17,5	18,9	19,9	20,7	23,0	25,4	27,7
720	6,1	8,1	9,5	10,2	10,8	11,2	12,4	13,7	14,9
1080	4,2	5,6	6,6	7,1	7,4	7,7	8,6	9,5	10,3
1440	3,3	4,3	5,0	5,4	5,7	5,9	6,6	7,2	7,9

Tabela 3.36 – Martinópolis: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	15,7	20,5	23,6	25,3	26,6	27,5	30,5	33,4	36,3
20	25,5	33,4	38,7	41,6	43,7	45,3	50,2	55,1	59,9
30	32,2	42,5	49,2	53,1	55,7	57,8	64,1	70,4	76,7
60	44,1	58,6	68,2	73,6	77,4	80,3	89,3	98,2	107,1
120	54,7	73,1	85,3	92,1	96,9	100,6	112,0	123,4	134,7
180	59,9	80,2	93,6	101,2	106,5	110,6	123,1	135,6	148,1
360	67,2	90,0	105,0	113,5	119,5	124,1	138,2	152,2	166,1
720	73,1	97,5	113,7	122,8	129,2	134,2	149,3	164,4	179,4
1080	76,1	101,3	117,9	127,4	134,0	139,0	154,7	170,2	185,7
1440	78,1	103,7	120,7	130,3	137,0	142,2	158,1	173,9	189,7

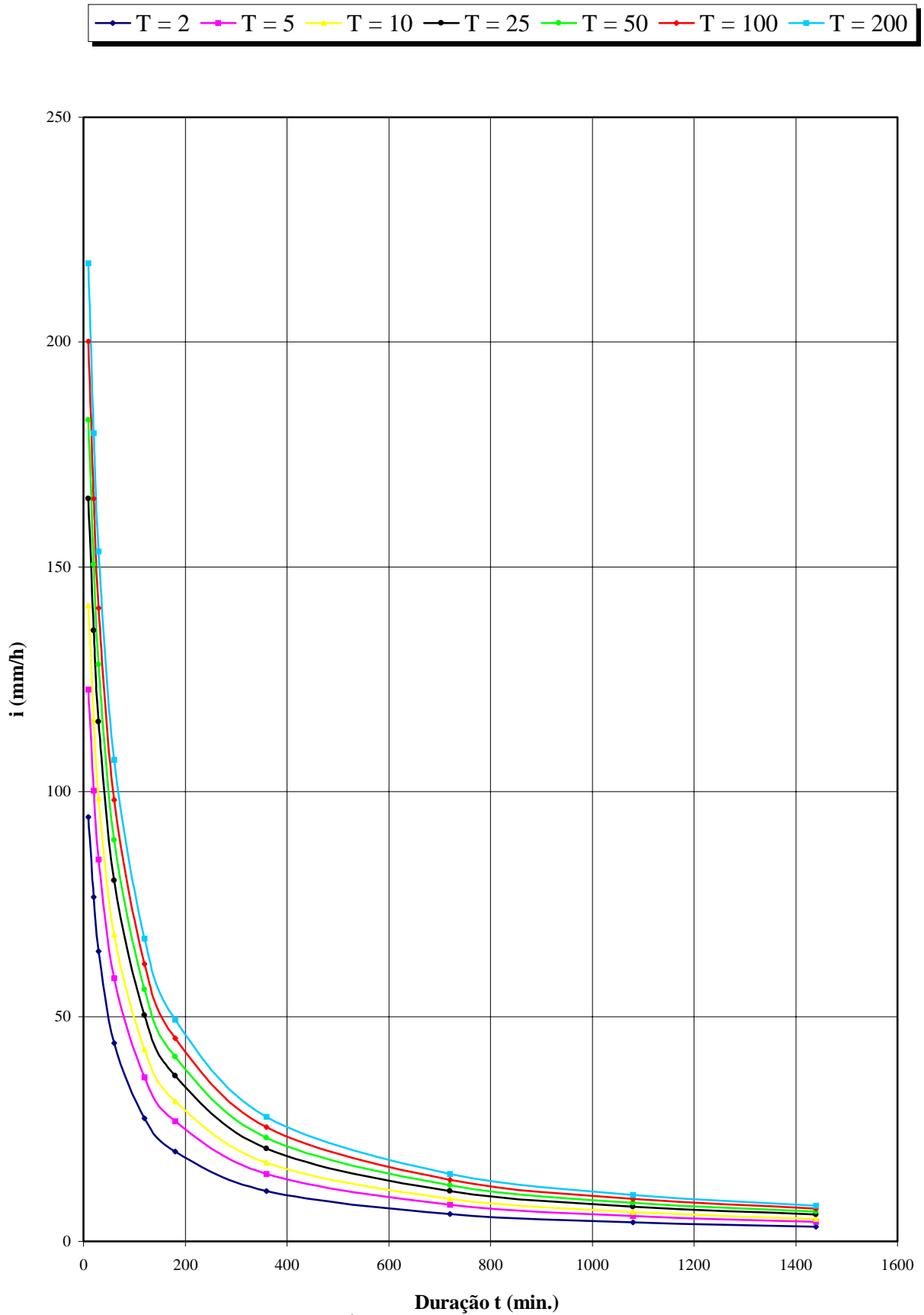


Figura 3.35 - MARTINÓPOLIS: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

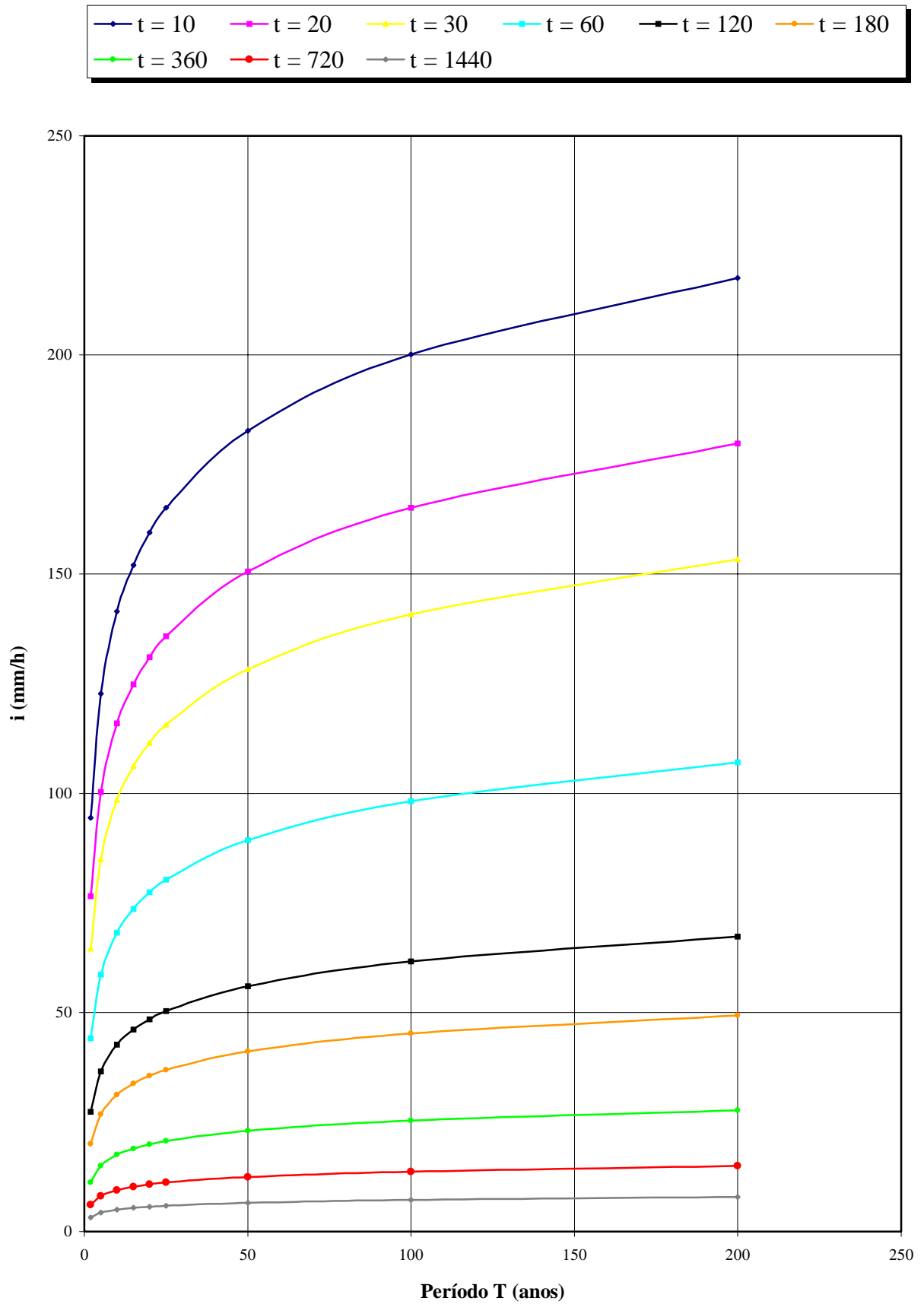


Figura 3.36 - MARTINÓPOLIS: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.18 Relação intensidade – duração – período de retorno para Piracicaba

Nome da estação: Piracicaba – D4-104R

Coordenadas geográficas: Lat. 22°43'S; Long. 47°39'W

Altitude: 500 m

Período de dados utilizados: 1980-97 (18 anos)

$$\text{Equação: } i_{t,T} = 47,8273 (t+30)^{-0,9110} + 19,2043 (t+30)^{-0,9256} \cdot [-0,4820 - 0,9273 \ln \ln(T/T-1)] \quad (3.25)$$

para $10 \leq t \leq 1440$

com: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.37 – Piracicaba: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	94,3	134,2	160,6	175,4	185,9	193,9	218,6	243,2	267,6
20	77,0	109,4	130,9	143,0	151,5	158,0	178,1	198,1	218,0
30	65,2	92,6	110,7	121,0	128,1	133,6	150,6	167,5	184,3
60	45,1	63,9	76,4	83,4	88,3	92,1	103,8	115,4	126,9
120	28,3	40,1	47,8	52,2	55,3	57,6	64,9	72,1	79,3
180	20,9	29,5	35,1	38,3	40,6	42,3	47,6	52,9	58,2
360	11,9	16,7	19,9	21,7	23,0	24,0	27,0	30,0	32,9
720	6,6	9,2	10,9	11,9	12,6	13,2	14,8	16,4	18,0
1080	4,6	6,4	7,6	8,3	8,8	9,2	10,3	11,5	12,6
1440	3,6	5,0	5,9	6,4	6,8	7,1	8,0	8,8	9,7

Tabela 3.38 – Piracicaba: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	15,7	22,4	26,8	29,2	31,0	32,3	36,4	40,5	44,6
20	25,7	36,5	43,6	47,7	50,5	52,7	59,4	66,0	72,7
30	32,6	46,3	55,4	60,5	64,1	66,8	75,3	83,7	92,1
60	45,1	63,9	76,4	83,4	88,3	92,1	103,8	115,4	126,9
120	56,7	80,1	95,7	104,4	110,5	115,3	129,8	144,3	158,7
180	62,6	88,4	105,4	115,0	121,8	127,0	142,9	158,8	174,6
360	71,3	100,3	119,6	130,4	138,0	143,9	161,9	179,8	197,6
720	78,6	110,4	131,4	143,2	151,5	157,9	177,6	197,1	216,6
1080	82,6	115,7	137,6	149,9	158,6	165,3	185,8	206,2	226,5
1440	85,3	119,3	141,8	154,5	163,4	170,3	191,4	212,4	233,2

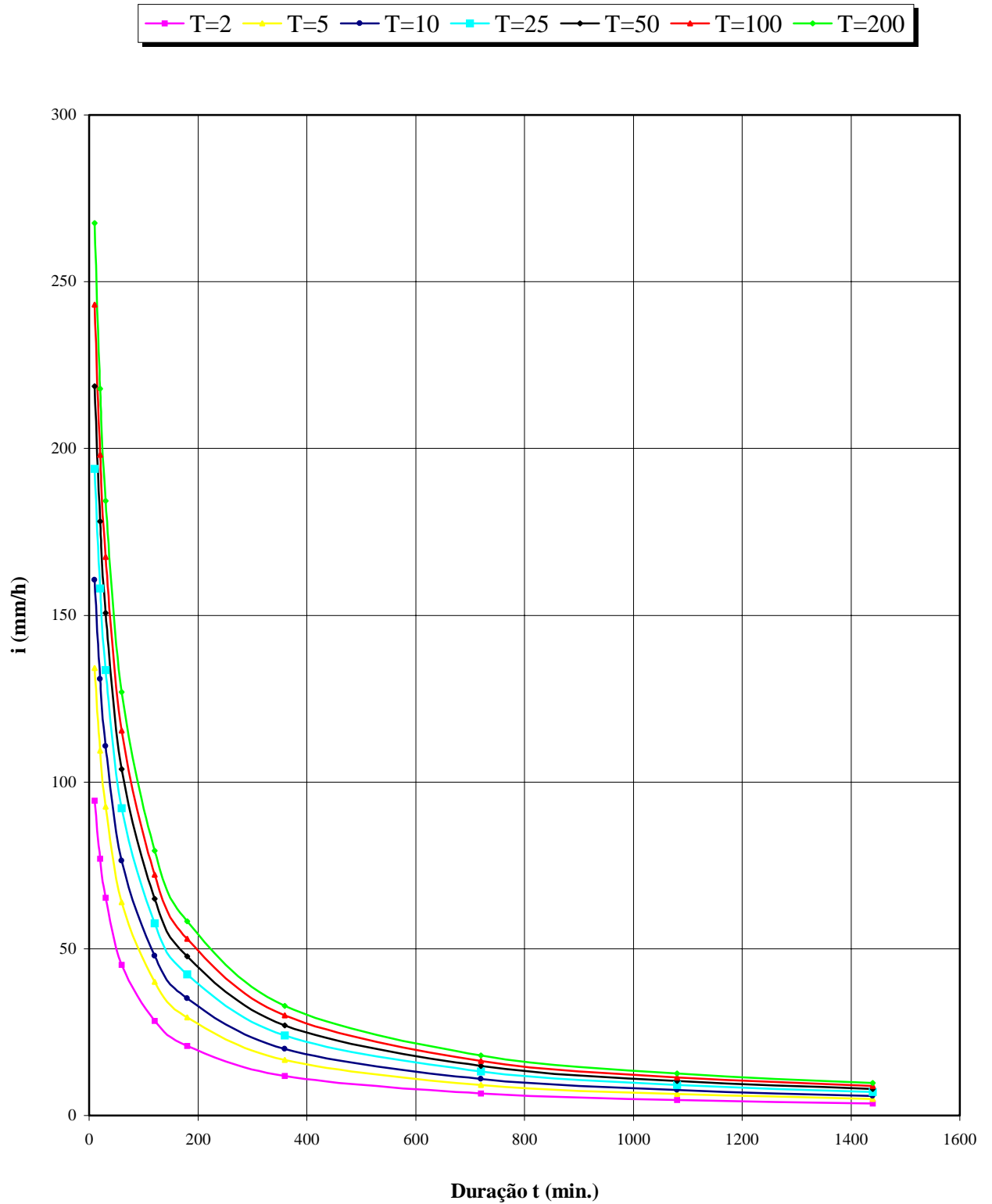


Figura 3.37 - PIRACICABA: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

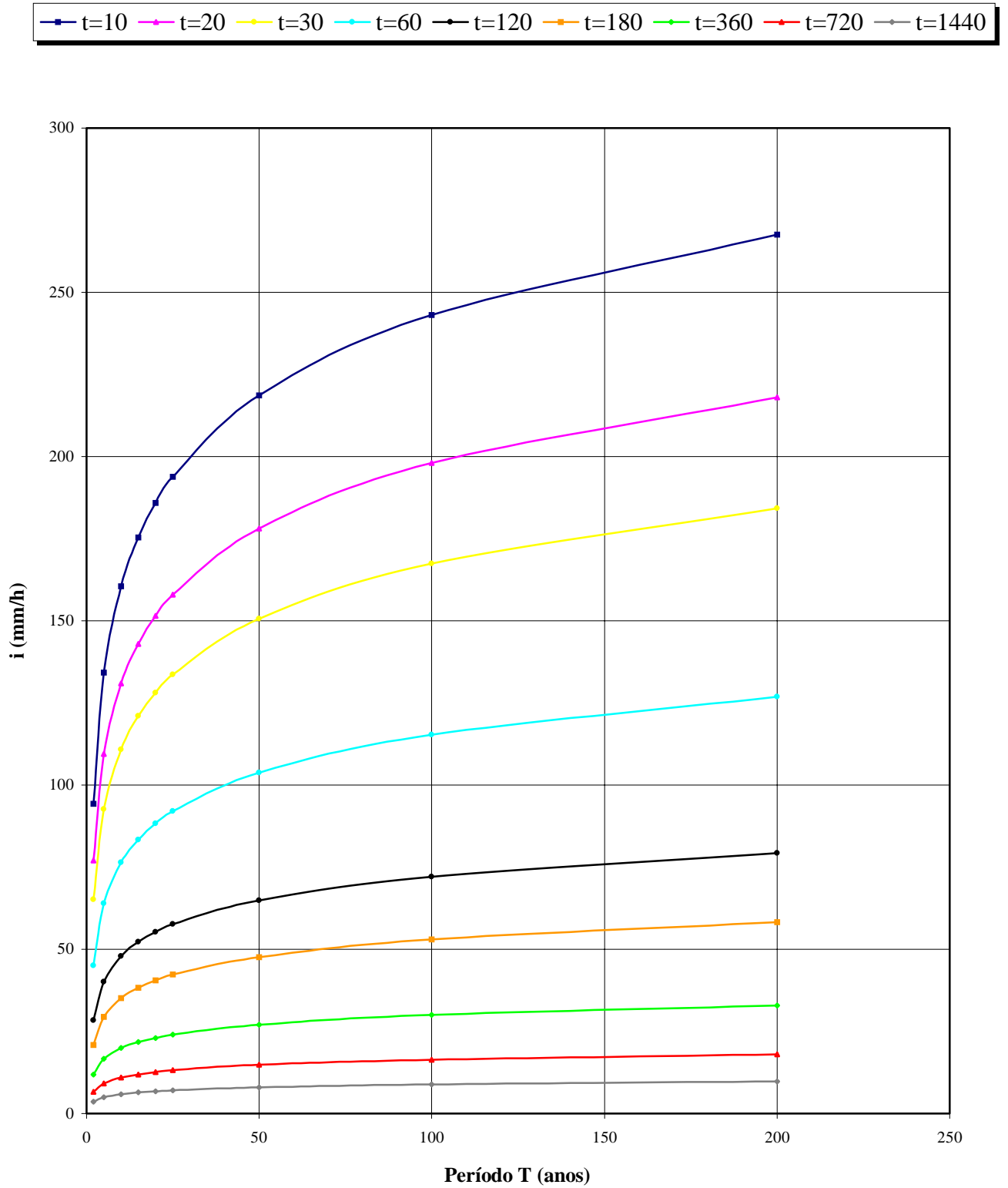


Figura 3.38 - PIRACICABA: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.19 Relação intensidade – duração – período de retorno para Piraju

Nome da estação: Jurumirim – E6-006M

Coordenadas geográficas: Lat. 23° 13' S; Long. 49° 14' W

Altitude: 571 m

Período de dados utilizados: 1972-82; 1984-97 (25 anos)

$$\text{Equação: } i_{t,T} = 37,3614 (t+30)^{-0,8660} + 10,0167 (t+60)^{-0,8427} \cdot [-0,4766 - 0,8977 \ln \ln(T/T-1)] \quad (3.26)$$

para $10 \leq t \leq 1440$

com: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.39 – Piraju: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	89,4	106,4	117,7	124,1	128,6	132,0	142,6	153,1	163,5
20	73,5	88,7	98,8	104,5	108,5	111,6	121,0	130,4	139,8
30	62,7	76,5	85,6	90,7	94,3	97,1	105,7	114,2	122,6
60	43,9	54,8	61,9	66,0	68,8	71,0	77,7	84,4	91,0
120	28,1	35,8	40,9	43,8	45,8	47,3	52,1	56,9	61,6
180	21,0	27,0	31,0	33,3	34,8	36,1	39,8	43,5	47,2
360	12,2	16,0	18,5	19,9	20,9	21,6	24,0	26,3	28,6
720	6,9	9,2	10,6	11,5	12,1	12,5	13,9	15,3	16,7
1080	4,9	6,6	7,6	8,2	8,7	9,0	10,0	11,0	12,0
1440	3,9	5,2	6,0	6,5	6,8	7,1	7,9	8,7	9,5

Tabela 3.40 – Piraju: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	14,9	17,7	19,6	20,7	21,4	22,0	23,8	25,5	27,3
20	24,5	29,6	32,9	34,8	36,2	37,2	40,3	43,5	46,6
30	31,3	38,2	42,8	45,4	47,2	48,6	52,8	57,1	61,3
60	43,9	54,8	61,9	66,0	68,8	71,0	77,7	84,4	91,0
120	56,3	71,6	81,8	87,6	91,6	94,7	104,2	113,7	123,1
180	62,9	81,0	93,0	99,8	104,5	108,2	119,4	130,6	141,7
360	73,4	96,0	111,0	119,4	125,3	129,9	143,9	157,8	171,7
720	83,2	110,0	127,8	137,8	144,8	150,2	166,9	183,4	199,8
1080	88,8	118,0	137,3	148,3	155,9	161,8	179,9	197,9	215,9
1440	92,8	123,7	144,1	155,7	163,8	170,0	189,2	208,2	227,2

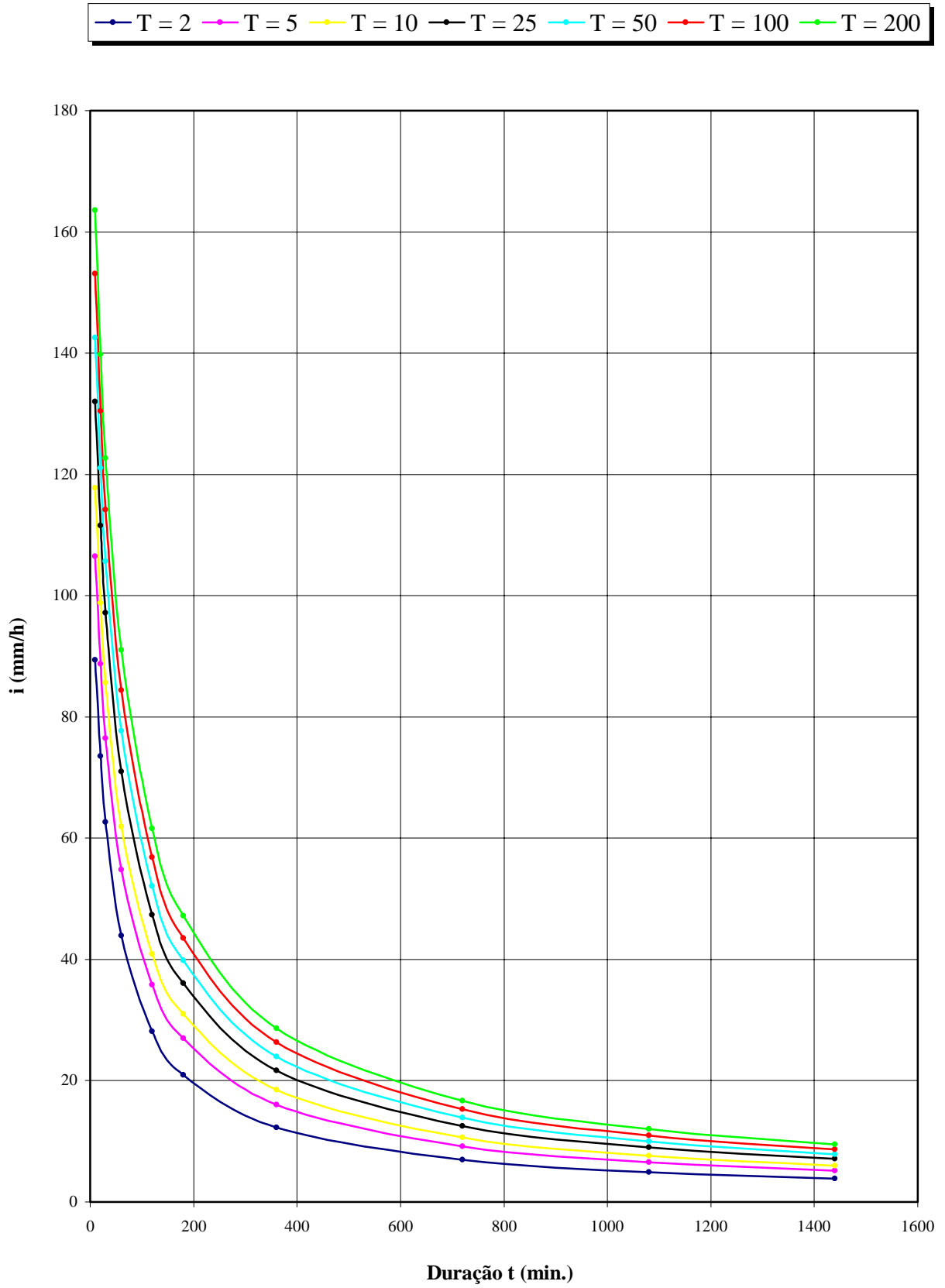


Figura 3.39 - PIRAJU: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

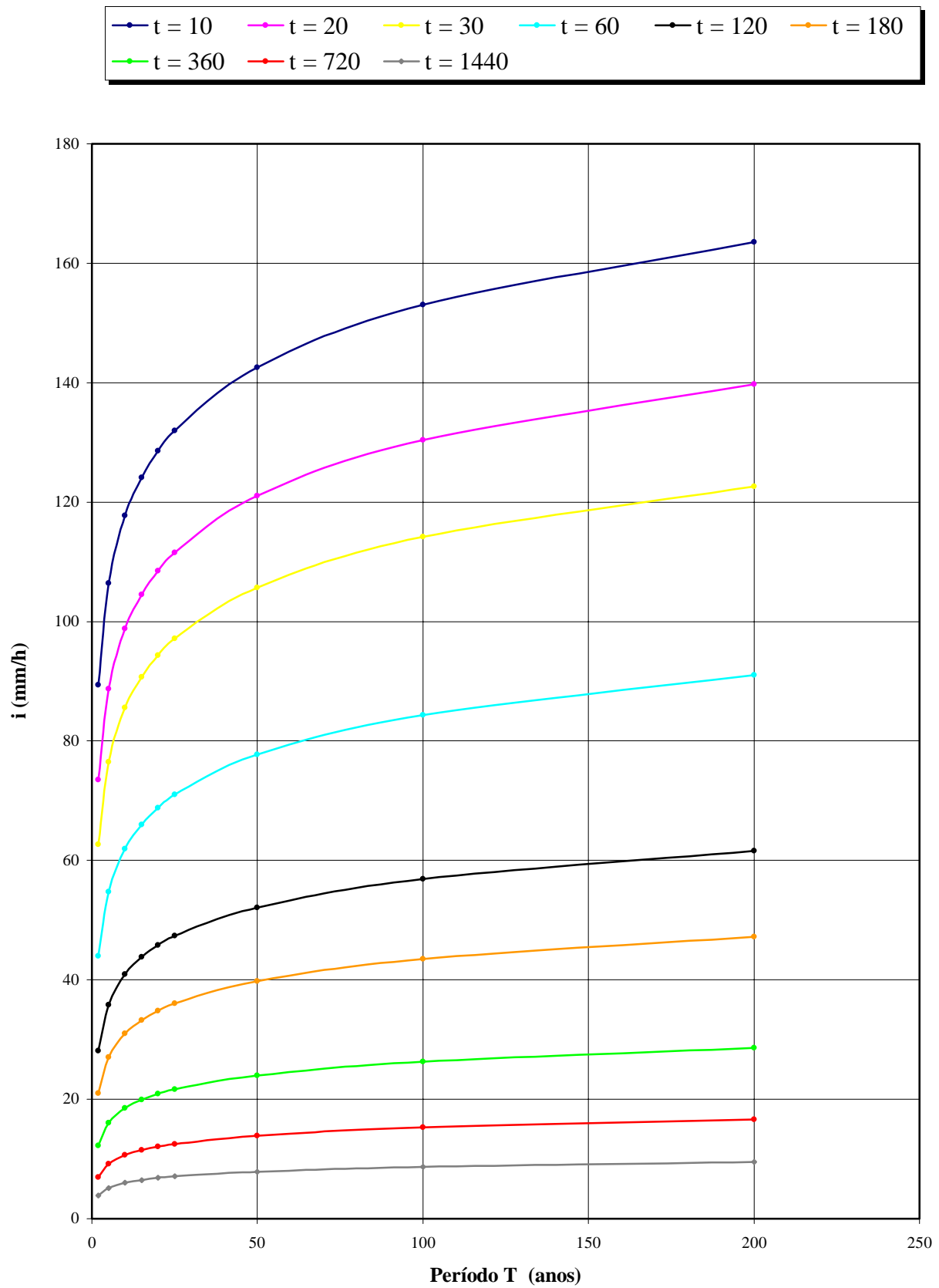


Figura 3.40 - PIRAJU: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.20 Relação intensidade – duração – período de retorno para Salto Grande

Nome da estação: Salto Grande – D6-089M

Coordenadas geográficas: Lat. 22°54'S; Long. 50°00'W

Altitude: 571 m

Período de dados utilizados: 1959-64; 1966-67; 1969-97 (37 anos)

Equação: $i_{t,T} = 26,4615 (t+20)^{-0,8479} + 5,1394 (t+10)^{-0,8016} \cdot [-0,4713 - 0,8699 \ln \ln (T/T-1)]$ (3.27)

para $10 \leq t \leq 1440$

com: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.41 – Salto Grande: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	84,5	112,1	130,3	140,6	147,8	153,3	170,4	187,4	204,3
20	66,5	86,4	99,6	107,0	112,2	116,2	128,6	140,8	153,0
30	55,1	70,9	81,4	87,3	91,4	94,6	104,4	114,2	123,9
60	37,1	47,2	53,9	57,6	60,3	62,3	68,6	74,8	81,0
120	23,1	29,2	33,3	35,6	37,2	38,4	42,3	46,0	49,8
180	17,1	21,6	24,6	26,3	27,5	28,4	31,2	34,0	36,8
360	9,9	12,6	14,3	15,3	16,0	16,5	18,2	19,8	21,5
720	5,6	7,2	8,2	8,8	9,2	9,5	10,4	11,4	12,3
1080	4,0	5,1	5,9	6,3	6,6	6,8	7,5	8,2	8,9
1440	3,2	4,0	4,6	5,0	5,2	5,4	5,9	6,5	7,0

Tabela 3.42 – Salto Grande: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	14,1	18,7	21,7	23,4	24,6	25,6	28,4	31,2	34,1
20	22,2	28,8	33,2	35,7	37,4	38,7	42,9	46,9	51,0
30	27,6	35,5	40,7	43,7	45,7	47,3	52,2	57,1	61,9
60	37,1	47,2	53,9	57,6	60,3	62,3	68,6	74,8	81,0
120	46,2	58,5	66,6	71,2	74,4	76,9	84,5	92,1	99,6
180	51,2	64,8	73,8	78,9	82,5	85,2	93,6	102,0	110,3
360	59,4	75,4	85,9	91,9	96,0	99,2	109,1	118,9	128,7
720	67,5	86,0	98,2	105,1	109,9	113,7	125,1	136,5	147,9
1080	72,3	92,4	105,7	113,2	118,5	122,5	135,0	147,4	159,7
1440	75,8	97,1	111,2	119,2	124,8	129,1	142,3	155,4	168,5

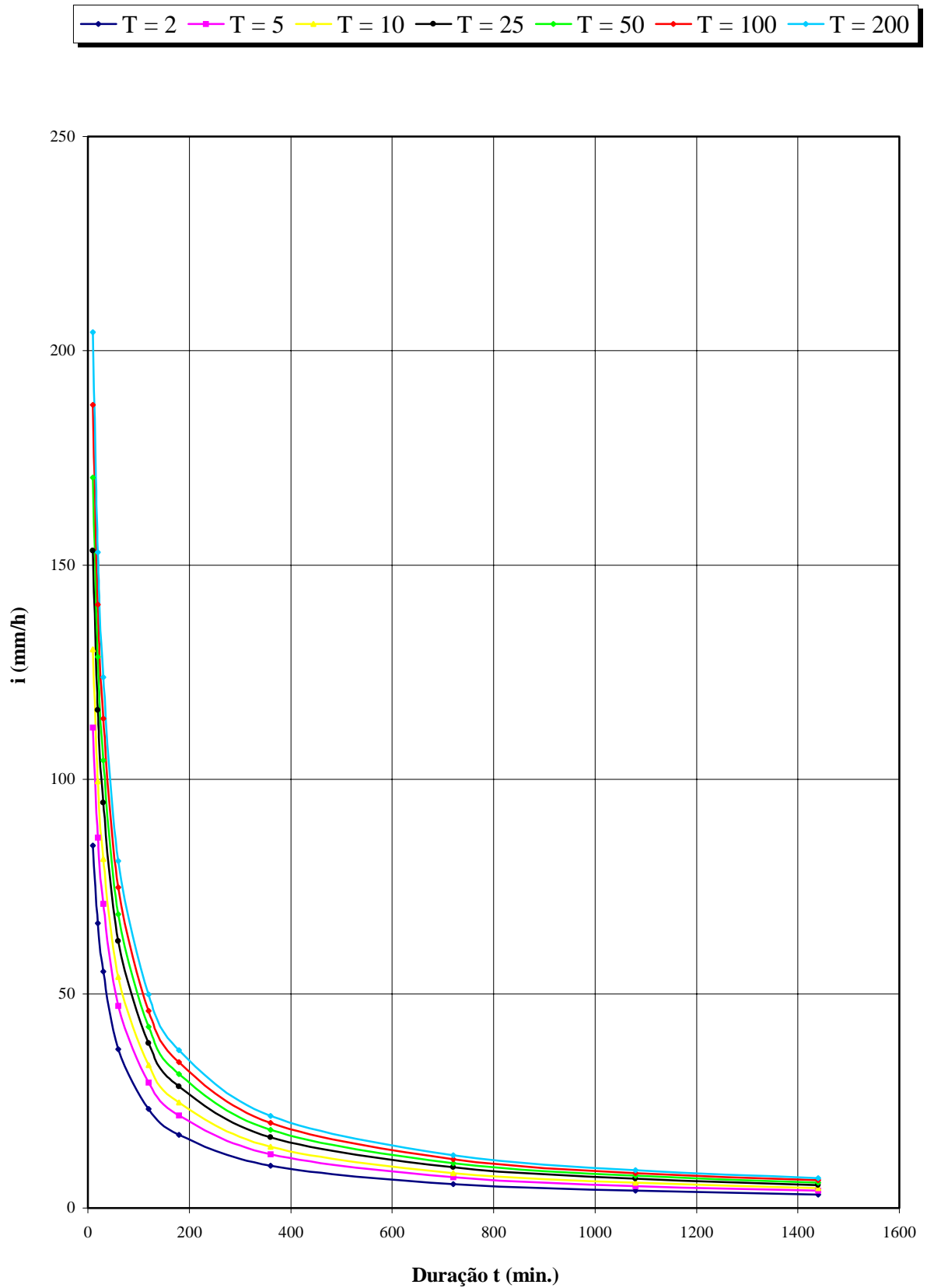


Figura 3.41 - SALTO GRANDE: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

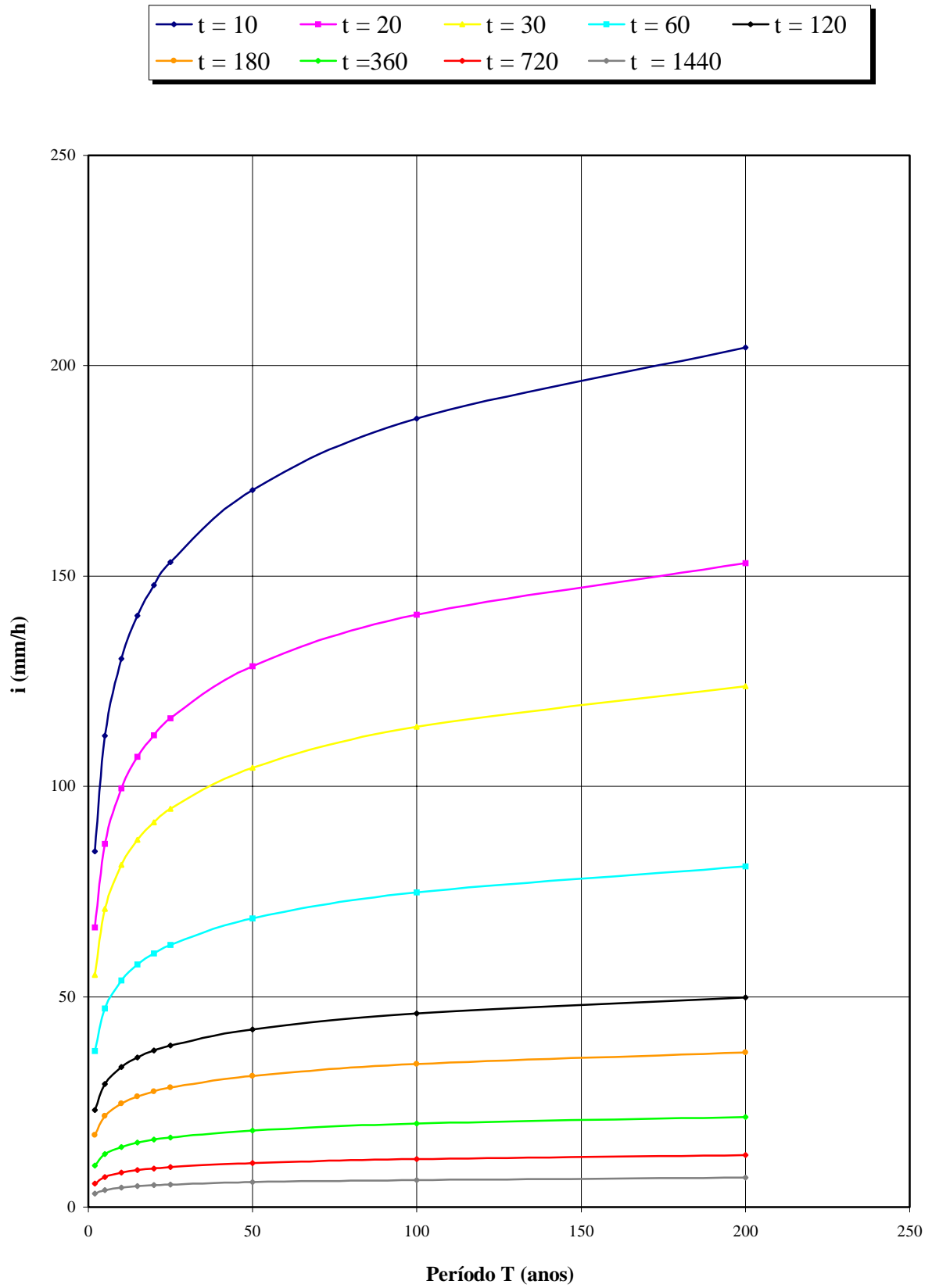


Figura 3.42 - SALTO GRANDE: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.21 Relação intensidade – duração – período de retorno para São José do Rio Pardo

Nome da estação: São José do Rio Pardo – C3-035R

Coordenadas geográficas: Lat. 21°36'S; Long. 46°54'W

Altitude: 660 m

Período de dados utilizados: 1945-46; 1948-69; 1971-76; 1978-96 (49 anos)

$$\text{Equação: } i_{t,T} = 24,1997 (t+20)^{-0,8367} + 3,9564 (t+10)^{-0,7504} \cdot [-0,4681 - 0,8540 \ln \ln(T/T-1)] \quad (3.28)$$

para $10 \leq t \leq 1440$

com: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.43 – São J. Rio Pardo: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	80,4	104,7	120,8	129,8	136,2	141,1	156,1	171,1	186,0
20	63,4	81,3	93,2	99,9	104,5	108,2	119,3	130,3	141,3
30	52,7	67,1	76,7	82,1	85,8	88,7	97,7	106,6	115,4
60	35,6	45,1	51,4	54,9	57,4	59,3	65,2	71,0	76,8
120	22,3	28,2	32,2	34,4	36,0	37,2	40,9	44,5	48,2
180	16,5	21,0	24,0	25,6	26,8	27,7	30,5	33,3	36,0
360	9,6	12,4	14,2	15,2	15,9	16,4	18,1	19,8	21,5
720	5,5	7,1	8,2	8,8	9,3	9,6	10,6	11,6	12,6
1080	3,9	5,2	6,0	6,4	6,7	7,0	7,7	8,5	9,2
1440	3,1	4,1	4,7	5,1	5,4	5,5	6,2	6,8	7,4

Tabela 3.44 – São J. Rio Pardo: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	13,4	17,5	20,1	21,6	22,7	23,5	26,0	28,5	31,0
20	21,1	27,1	31,1	33,3	34,8	36,1	39,8	43,4	47,1
30	26,3	33,6	38,3	41,0	42,9	44,4	48,8	53,3	57,7
60	35,6	45,1	51,4	54,9	57,4	59,3	65,2	71,0	76,8
120	44,6	56,5	64,4	68,8	71,9	74,3	81,7	89,1	96,4
180	49,6	63,0	71,9	76,9	80,5	83,2	91,5	99,8	108,0
360	57,9	74,2	85,0	91,0	95,3	98,6	108,7	118,8	128,8
720	66,1	85,7	98,7	106,0	111,1	115,0	127,2	139,3	151,3
1080	71,1	92,8	107,2	115,3	121,0	125,4	138,9	152,3	165,6
1440	74,7	98,1	113,6	122,3	128,4	133,1	147,7	162,1	176,5

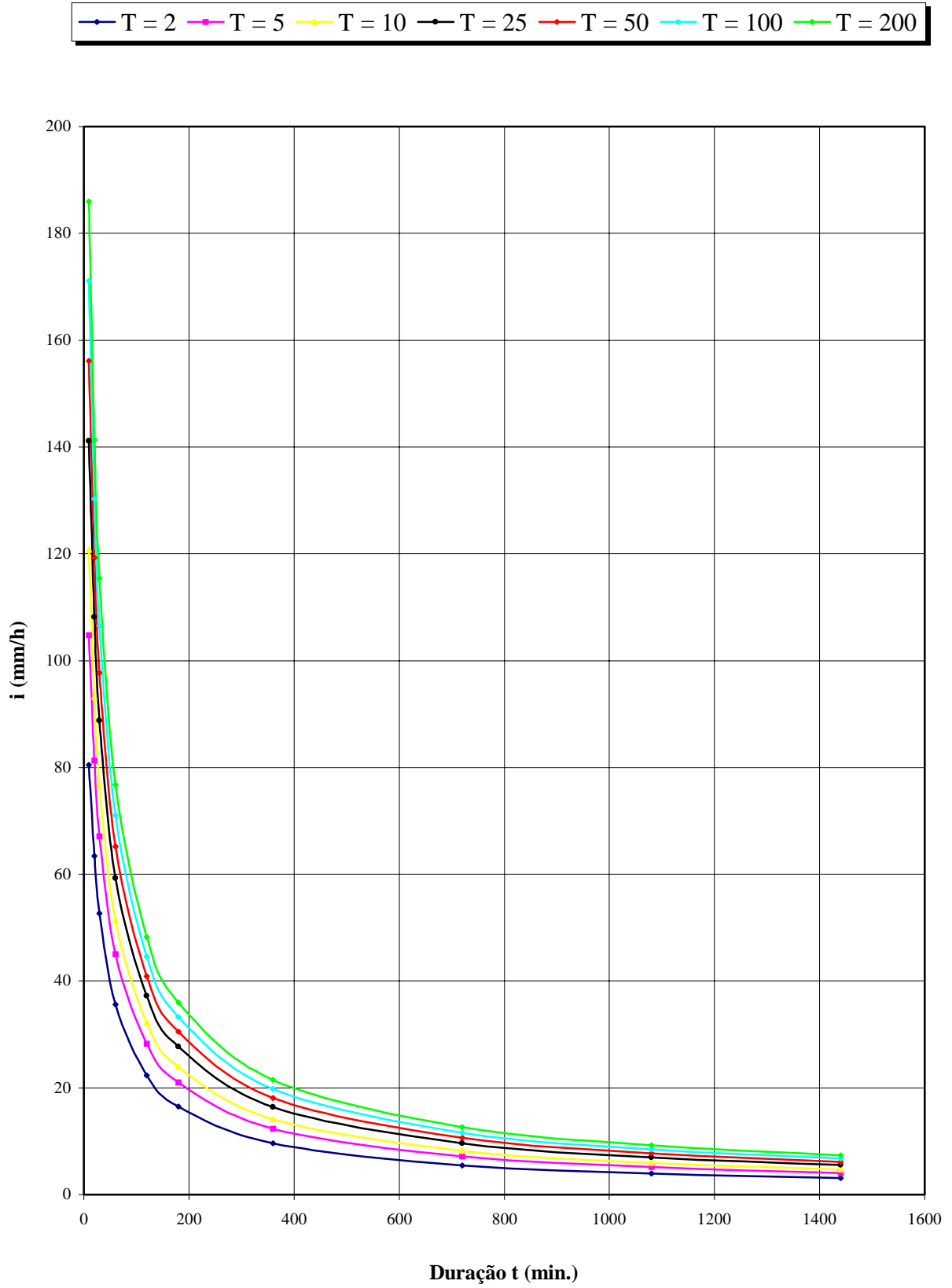


Figura 3.43 - S. J. do Rio Pardo: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

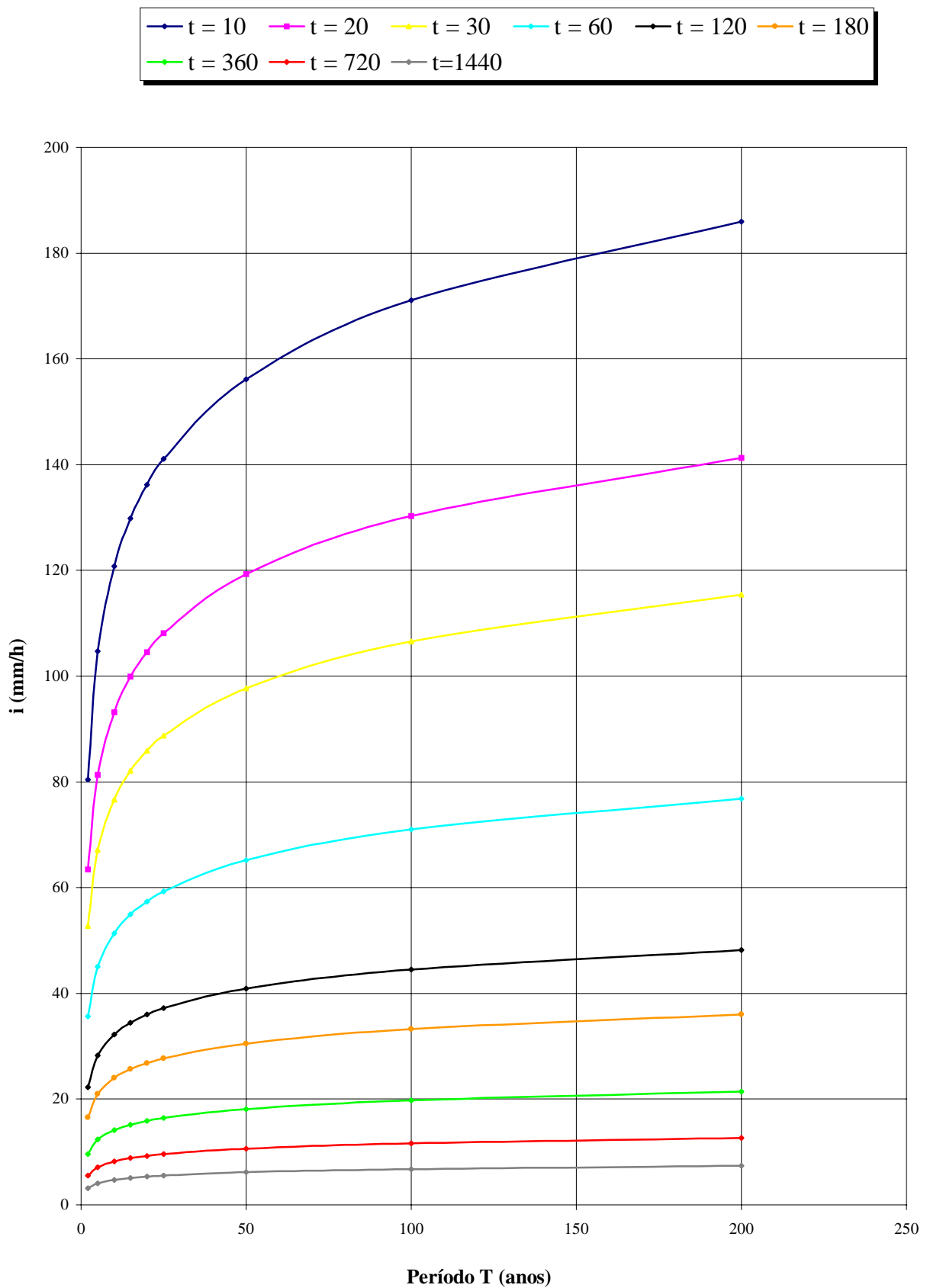


Figura 3.44 - S. J. RIO PARDO: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO DA CHUVA t (MINUTOS)

3.4.22 Relação intensidade – duração – período de retorno para São José do Rio Preto

Nome da estação: São José do Rio Preto – B6-020R

Coordenadas geográficas: Lat. 20°48'S; Long. 49°23'W

Altitude: 470 m

Período de dados utilizados: 1971-97 (27 anos)

$$\text{Equação: } i_{t,T} = 57,6545 (t+30)^{-0,9480} + 13,1313 (t+30)^{-0,9485} \cdot [-0,4754 - 0,8917 \ln \ln(T/T-1)] \quad (3.29)$$

para $10 \leq t \leq 1440$

com: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.45 – São J. Rio Preto: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	101,2	125,3	141,2	150,2	156,5	161,4	176,3	191,1	205,9
20	81,9	101,4	114,3	121,6	126,7	130,6	142,7	154,7	166,6
30	68,9	85,3	96,1	102,3	106,6	109,9	120,0	130,1	140,2
60	46,9	58,1	65,5	69,6	72,5	74,8	81,7	88,6	95,4
120	28,9	35,8	40,3	42,9	44,7	46,1	50,3	54,6	58,8
180	21,0	26,0	29,3	31,2	32,5	33,5	36,6	39,7	42,7
360	11,7	14,5	16,3	17,3	18,1	18,6	20,3	22,1	23,8
720	6,3	7,8	8,8	9,3	9,7	10,0	10,9	11,9	12,8
1080	4,3	5,4	6,0	6,4	6,7	6,9	7,5	8,2	8,8
1440	3,3	4,1	4,6	4,9	5,1	5,3	5,8	6,3	6,8

Tabela 3.46 – São J. Rio Preto: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	16,9	20,9	23,5	25,0	26,1	26,9	29,4	31,9	34,3
20	27,3	33,8	38,1	40,5	42,2	43,5	47,6	51,6	55,5
30	34,5	42,7	48,1	51,1	53,3	54,9	60,0	65,1	70,1
60	46,9	58,1	65,5	69,6	72,5	74,8	81,7	88,6	95,4
120	57,8	71,6	80,7	85,8	89,4	92,2	100,7	109,2	117,6
180	63,0	78,0	87,9	93,5	97,5	100,5	109,8	119,0	128,2
360	70,1	86,8	97,8	104,0	108,4	111,7	122,1	132,3	142,6
720	75,4	93,4	105,2	111,9	116,6	120,2	131,3	142,4	153,4
1080	78,0	96,6	108,8	115,8	120,6	124,3	135,8	147,2	158,6
1440	79,7	98,6	111,2	118,2	123,2	127,0	138,8	150,4	162,0

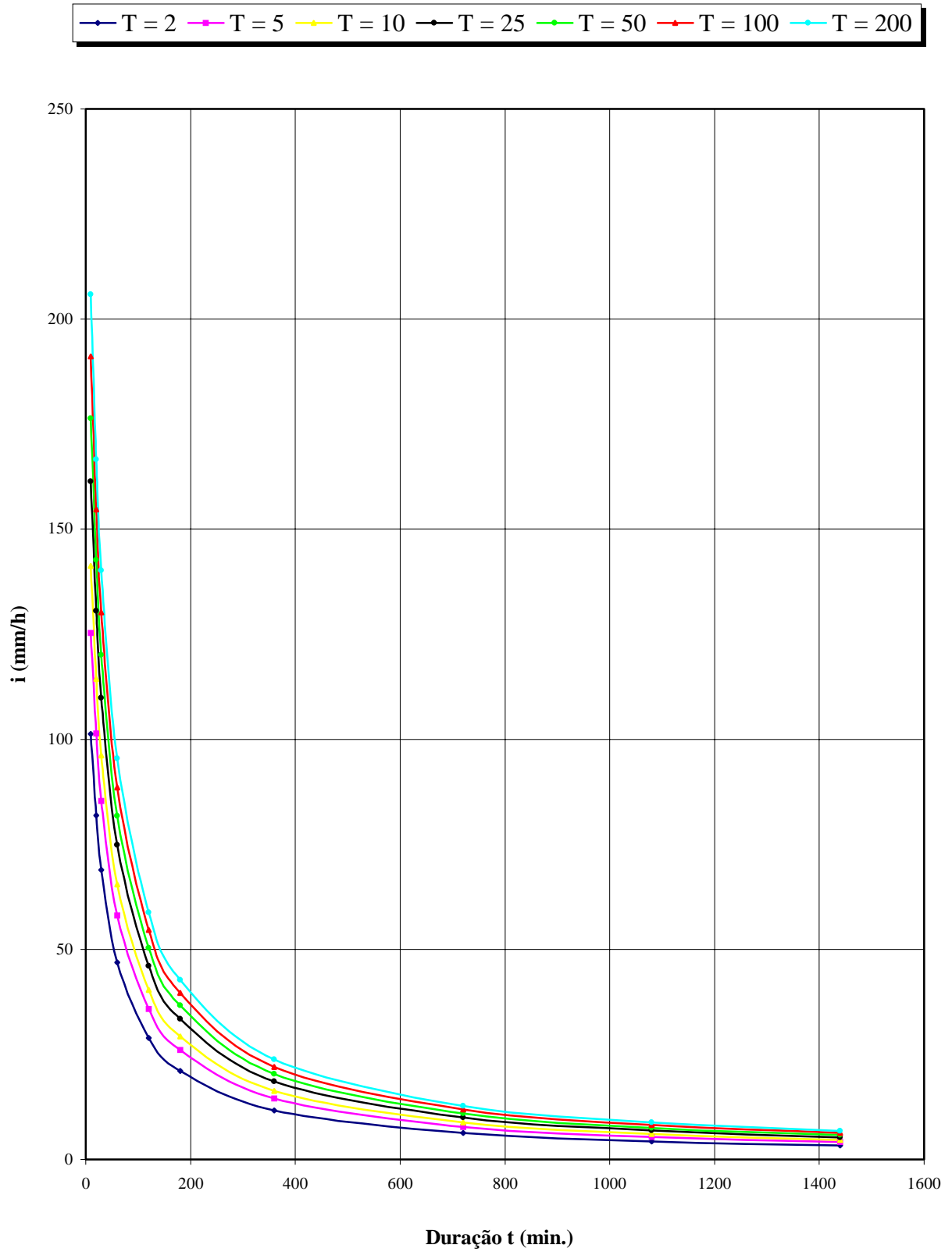


Figura 3.45 - SÃO JOSÉ DO RIO PRETO: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

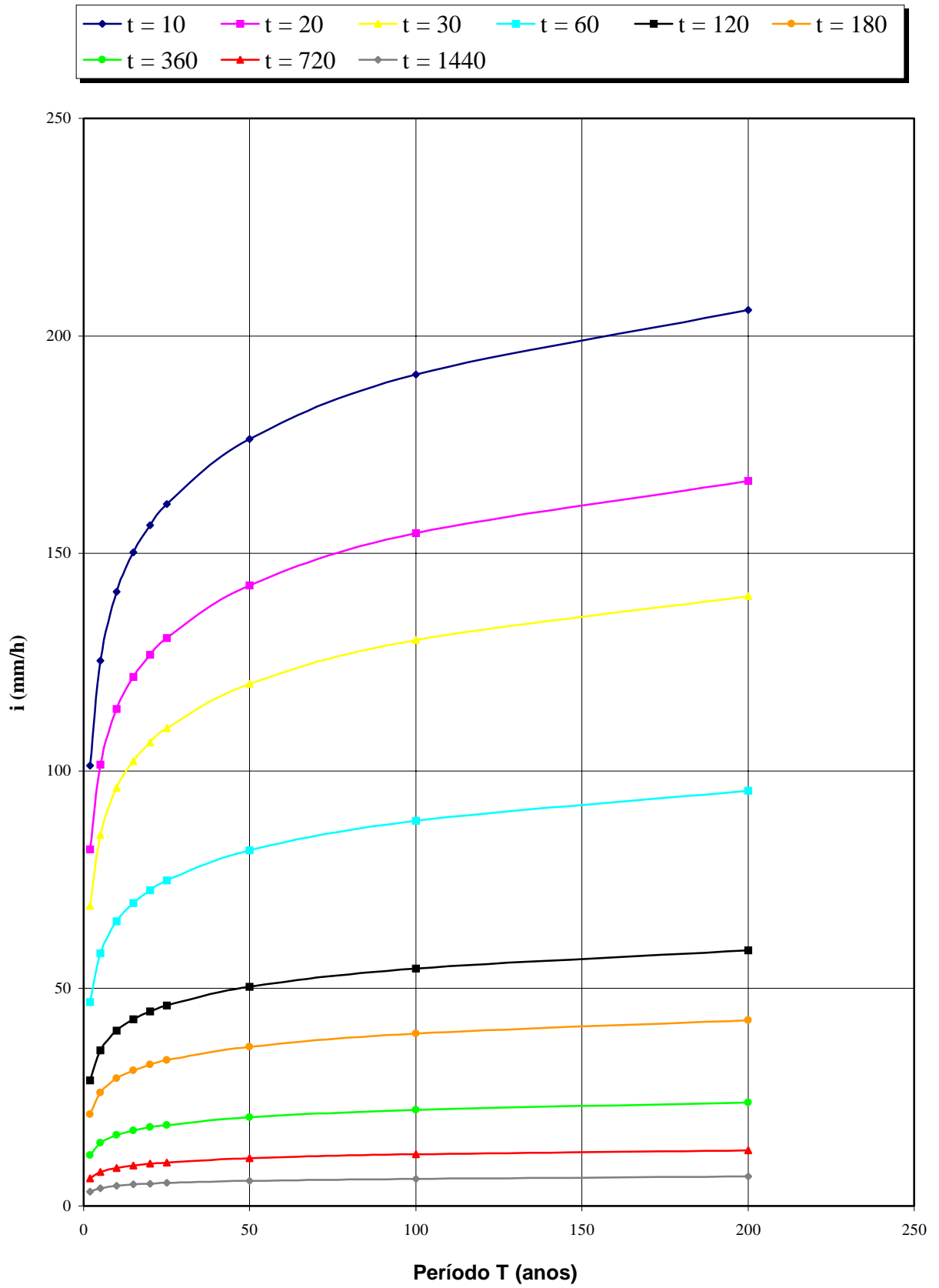


Figura 3.46 - SÃO JOSÉ DO RIO PRETO: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.23 Relação intensidade – duração – período de retorno para São Paulo

Nome da estação: IAG/USP – E3-035

Coordenadas geográficas: Lat. 23°39'S; Long. 46°38'W

Altitude: 780 m

Período de dados utilizados: 1933-97 (65 anos)

$$\text{Equação: } i_{t,T} = 39,3015 (t+20)^{-0,9228} + 10,1767 (t+20)^{-0,8764} \cdot [-0,4653 - 0,8407 \ln \ln(T/T-1)] \quad (3.30)$$

para $10 \leq t \leq 1440$

com: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.47 – São Paulo: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	97,3	126,9	146,4	157,4	165,2	171,1	189,4	207,6	225,7
20	74,6	97,5	112,7	121,3	127,3	131,9	146,2	160,3	174,4
30	60,7	79,5	92,0	99,1	104,0	107,8	119,5	131,2	142,7
60	39,3	51,8	60,1	64,7	68,0	70,5	78,3	86,0	93,6
120	23,4	31,1	36,1	39,0	41,0	42,5	47,3	52,0	56,7
180	16,8	22,4	26,1	28,2	29,7	30,8	34,3	37,7	41,2
360	9,3	12,5	14,6	15,8	16,6	17,3	19,2	21,2	23,2
720	5,0	6,8	8,0	8,6	9,1	9,5	10,6	11,7	12,7
1080	3,5	4,7	5,6	6,0	6,4	6,6	7,4	8,2	8,9
1440	2,7	3,7	4,3	4,7	4,9	5,1	5,7	6,3	6,9

Tabela 3.48 – São Paulo: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	16,2	21,1	24,4	26,2	27,5	28,5	31,6	34,6	37,6
20	24,9	32,5	37,6	40,4	42,4	44,0	48,7	53,4	58,1
30	30,3	39,8	46,0	49,5	52,0	53,9	59,8	65,6	71,4
60	39,3	51,8	60,1	64,7	68,0	70,5	78,3	86,0	93,6
120	46,8	62,1	72,2	78,0	82,0	85,1	94,6	104,0	113,4
180	50,5	67,3	78,4	84,7	89,1	92,4	102,9	113,2	123,5
360	55,7	74,9	87,5	94,7	99,7	103,6	115,4	127,2	139,0
720	60,2	81,5	95,6	103,6	109,2	113,5	126,7	139,9	153,0
1080	62,5	85,1	100,1	108,6	114,5	119,0	133,1	147,0	160,9
1440	64,1	87,7	103,3	112,1	118,2	122,9	137,6	152,1	166,5

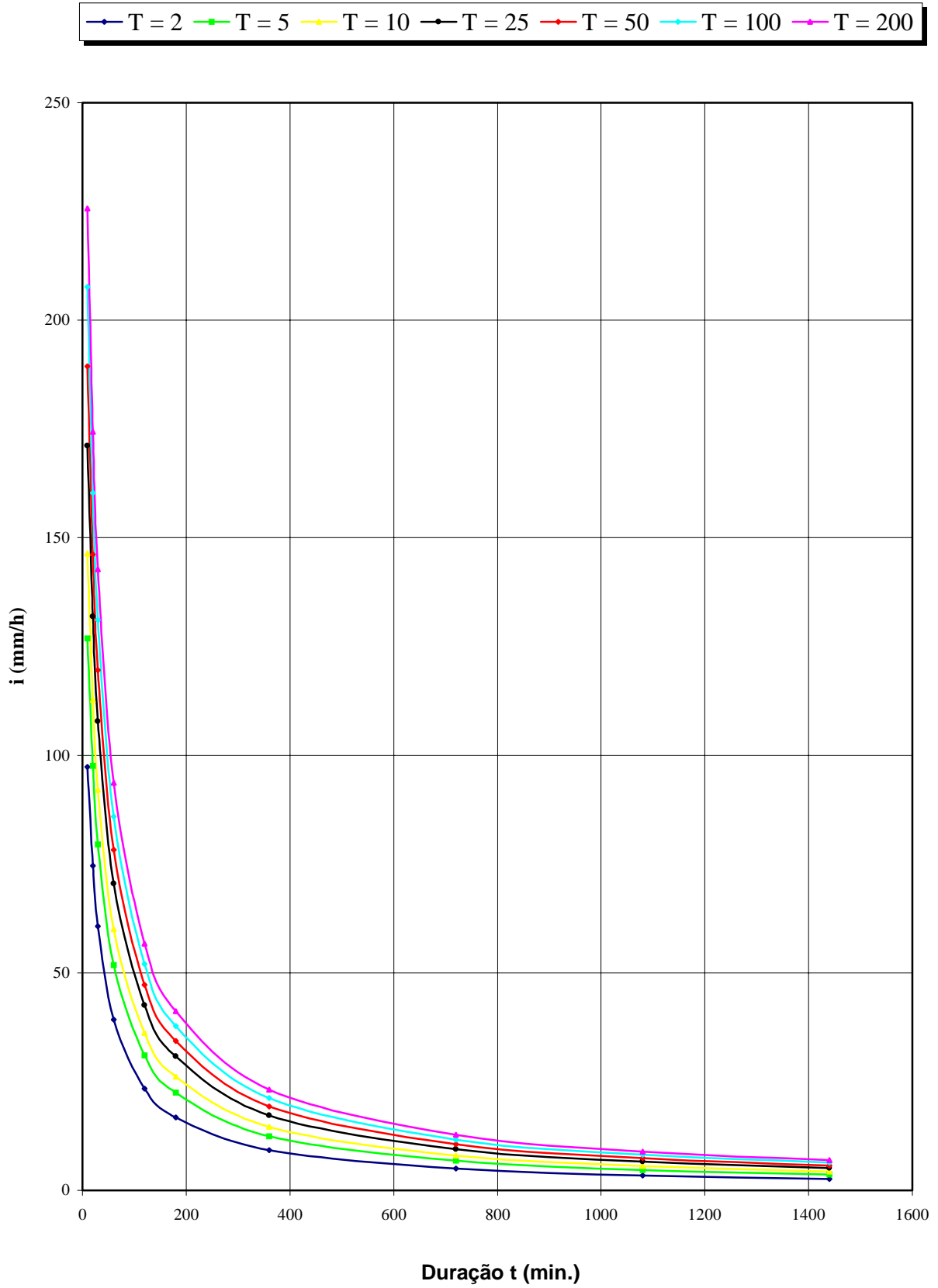


Figura 3.47 - SÃO PAULO: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (anos)

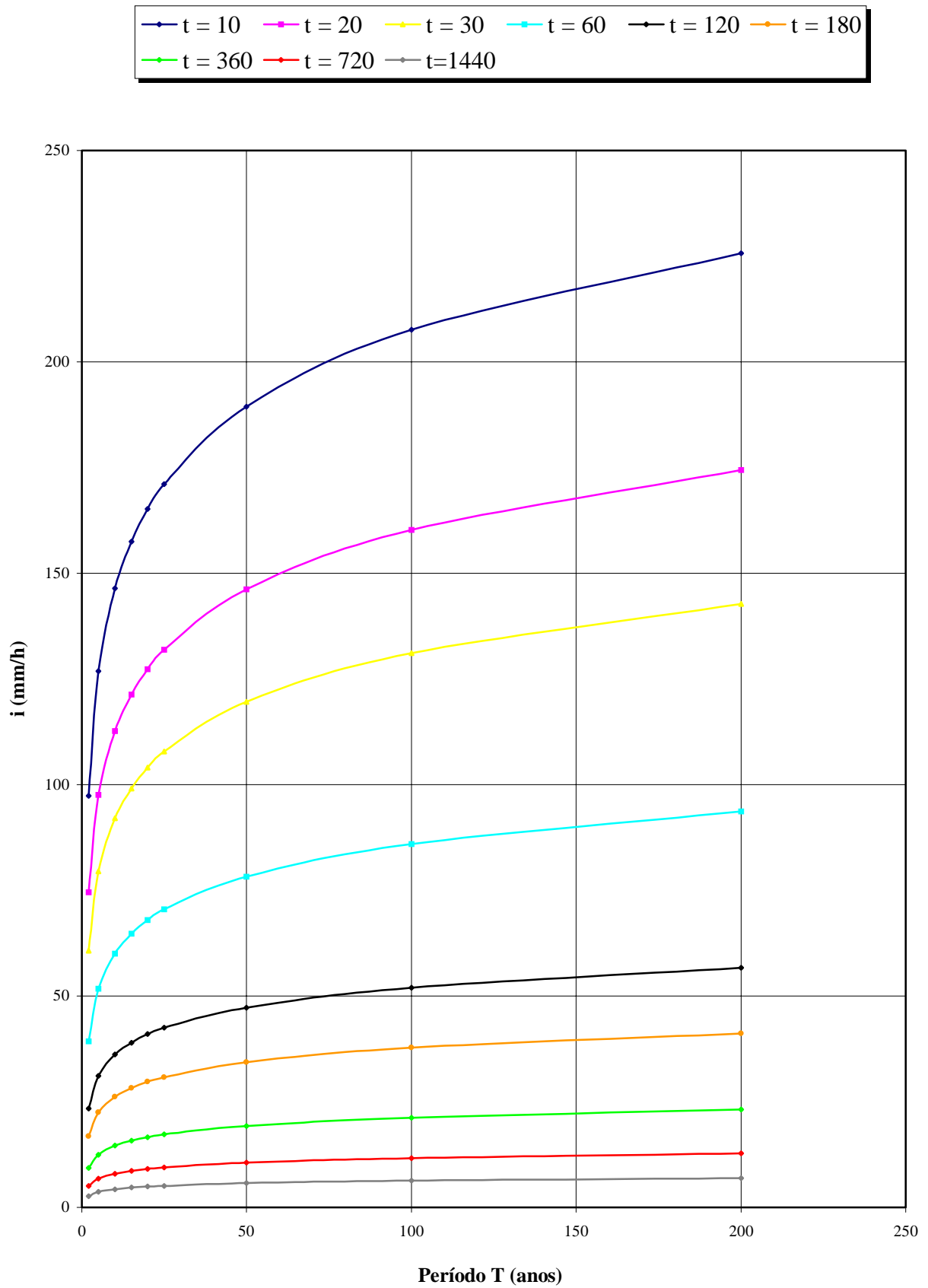


Figura 3.48 - SÃO PAULO: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO DA CHUVA t (MINUTOS)

3.4.24 Relação intensidade – duração – período de retorno para Serrana

Nome da estação: Serrana – C4-083R

Coordenadas geográficas: Lat. 21°13'S; Long. 47°36'W

Altitude: 540 m

Período de dados utilizados: 1972-85; 1988-94; 1996 (22 anos)

$$\text{Equação: } i_{t,T} = 39,8213 (t+25)^{-0,8987} + 9,1245 (t+15)^{-0,8658} \cdot [-0,4786 - 0,9085 \ln \ln(T/T-1)] \quad (3.31)$$

para $10 \leq t \leq 1440$

com: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.49 – Serrana: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	93,0	127,7	150,7	163,7	172,7	179,7	201,3	222,7	244,0
20	74,4	100,4	117,6	127,2	134,0	139,3	155,4	171,4	187,3
30	62,2	83,1	96,9	104,7	110,2	114,4	127,4	140,2	153,1
60	42,2	55,6	64,5	69,5	73,0	75,7	84,0	92,3	100,5
120	26,1	34,2	39,5	42,6	44,7	46,3	51,3	56,3	61,2
180	19,2	25,0	28,9	31,1	32,6	33,8	37,5	41,1	44,7
360	10,9	14,2	16,4	17,7	18,5	19,2	21,3	23,3	25,4
720	6,0	7,9	9,1	9,8	10,3	10,7	11,8	13,0	14,1
1080	4,2	5,5	6,4	6,9	7,2	7,5	8,3	9,1	9,9
1440	3,3	4,3	5,0	5,4	5,6	5,8	6,5	7,1	7,7

Tabela 3.50 – Serrana: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	15,5	21,3	25,1	27,3	28,8	30,0	33,5	37,1	40,7
20	24,8	33,5	39,2	42,4	44,7	46,4	51,8	57,1	62,4
30	31,1	41,6	48,5	52,4	55,1	57,2	63,7	70,1	76,5
60	42,2	55,6	64,5	69,5	73,0	75,7	84,0	92,3	100,5
120	52,3	68,4	79,1	85,1	89,3	92,6	102,6	112,5	122,4
180	57,5	75,1	86,7	93,3	97,9	101,4	112,4	123,2	134,0
360	65,2	85,2	98,4	105,9	111,1	115,2	127,6	139,9	152,1
720	72,0	94,4	109,1	117,5	123,3	127,8	141,7	155,4	169,1
1080	75,8	99,5	115,2	124,1	130,3	135,0	149,8	164,4	178,9
1440	78,4	103,1	119,5	128,7	135,2	140,2	155,5	170,7	185,9

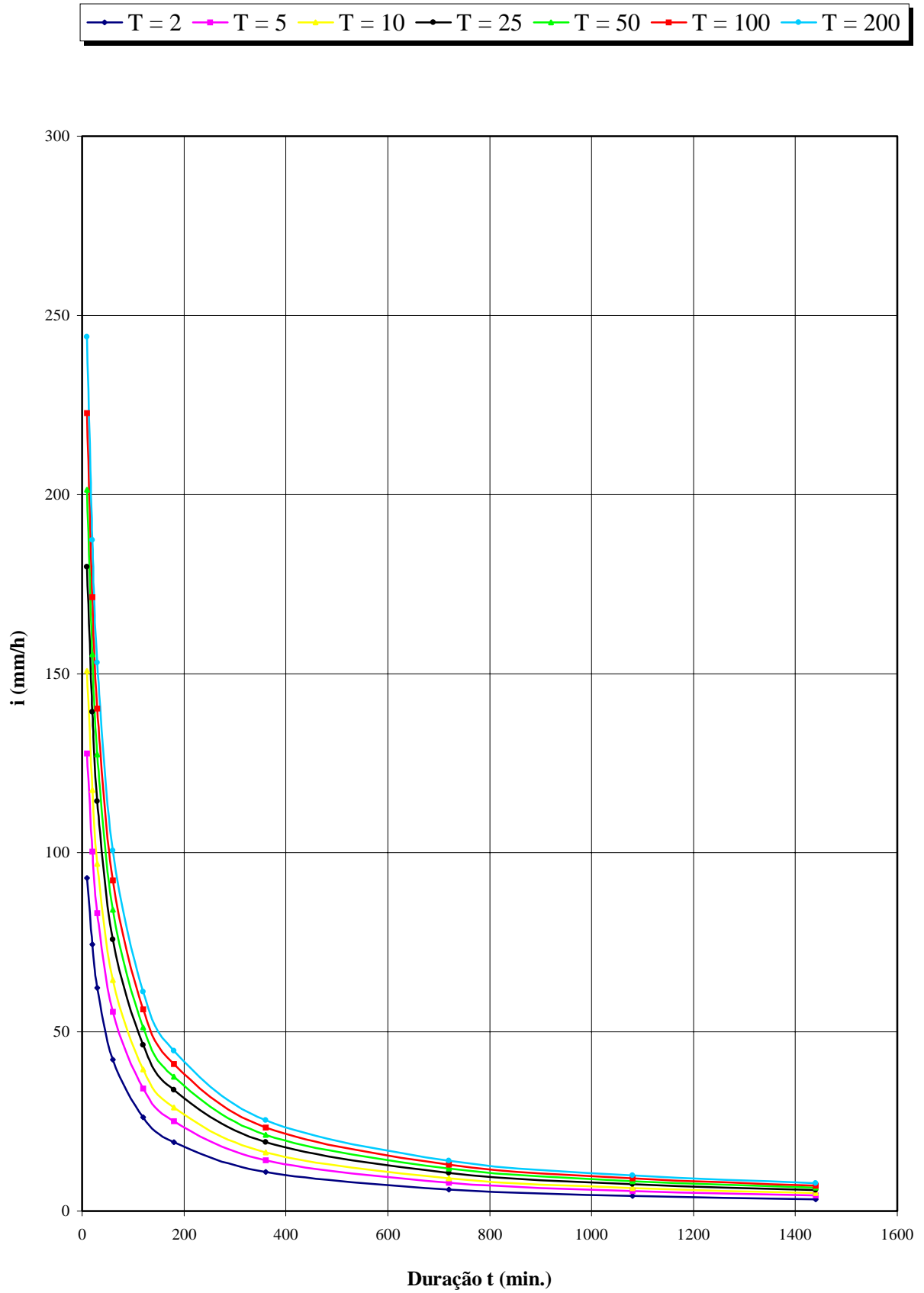


Figura 3.49 - SERRANA: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

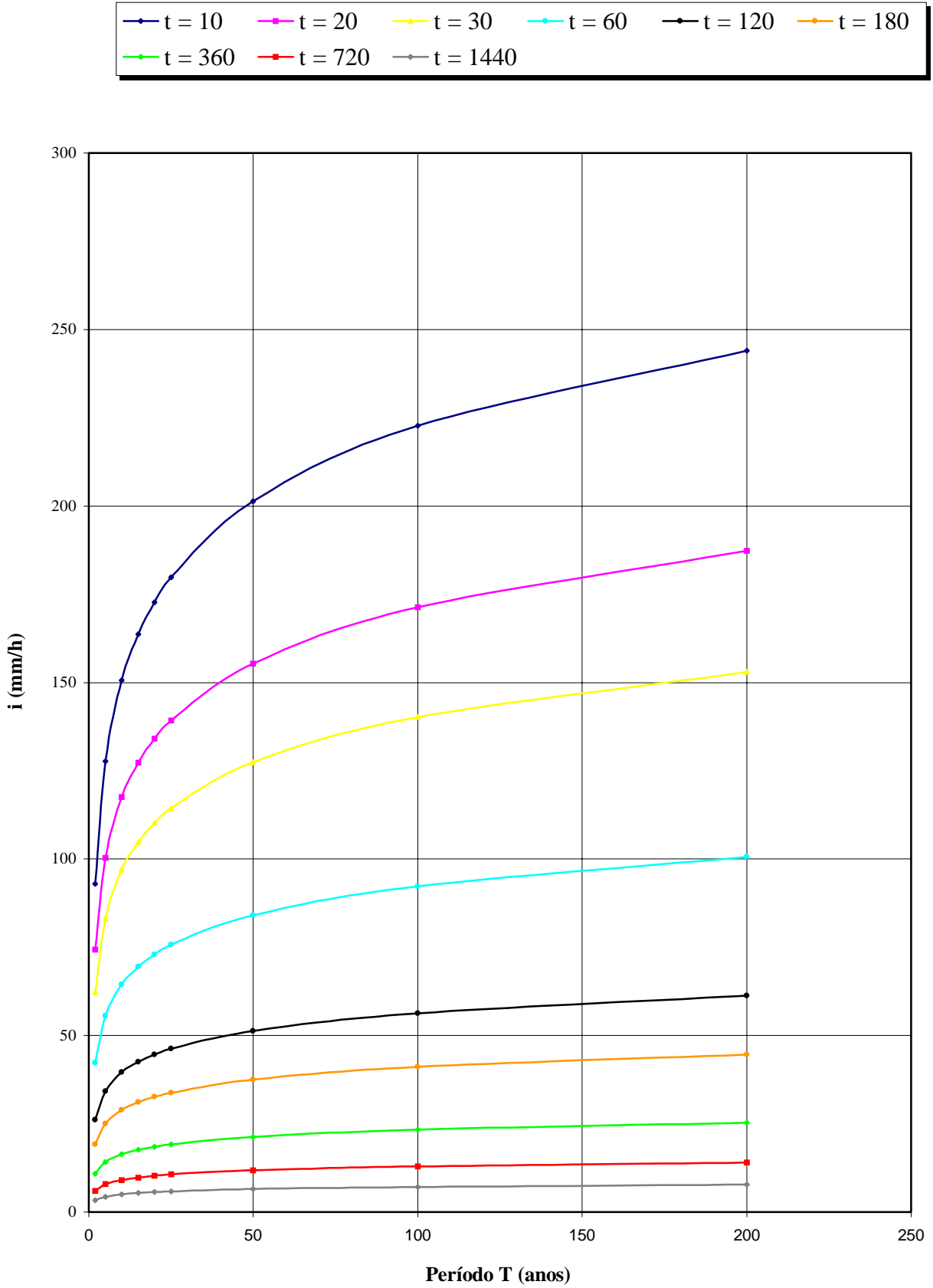


Figura 3.50 - SERRANA: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.25 Relação intensidade – duração – período de retorno para Tapiraí

Nome da estação: Tapiraí – E4-055R

Coordenadas geográficas: Lat. 23°58'S; Long. 47°30'W

Altitude: 870 m

Período de dados utilizados: 1969-97 (28 anos)

$$\text{Equação: } i_{t,T} = 27,4379 (t+20)^{-0,8447} + 4,3767 (t+15)^{-0,7369} \cdot [-0,4744 - 0,8863 \ln \ln(T/T-1)] \quad (3.32)$$

para $10 \leq t \leq 1440$

com: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.51 – Tapiraí: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	89,4	114,0	130,3	139,5	145,9	150,9	166,2	181,3	196,4
20	70,1	89,3	102,0	109,2	114,2	118,1	130,0	141,9	153,7
30	58,1	74,0	84,6	90,6	94,7	97,9	107,9	117,7	127,5
60	39,0	50,0	57,2	61,3	64,2	66,4	73,2	79,9	86,6
120	24,3	31,4	36,1	38,7	40,6	42,0	46,4	50,8	55,2
180	17,9	23,3	26,9	29,0	30,4	31,5	34,8	38,2	41,5
360	10,4	13,7	16,0	17,2	18,1	18,8	20,8	22,9	25,0
720	5,9	7,9	9,3	10,1	10,6	11,0	12,3	13,5	14,8
1080	4,2	5,7	6,7	7,3	7,7	8,0	9,0	9,9	10,8
1440	3,3	4,5	5,4	5,8	6,1	6,4	7,2	7,9	8,7

Tabela 3.52 – Tapiraí: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	14,9	19,0	21,7	23,2	24,3	25,1	27,7	30,2	32,7
20	23,4	29,8	34,0	36,4	38,1	39,4	43,3	47,3	51,2
30	29,0	37,0	42,3	45,3	47,4	49,0	53,9	58,8	63,7
60	39,0	50,0	57,2	61,3	64,2	66,4	73,2	79,9	86,6
120	48,5	62,7	72,2	77,5	81,2	84,0	92,9	101,6	110,3
180	53,8	70,0	80,8	86,9	91,1	94,4	104,5	114,5	124,5
360	62,4	82,5	95,8	103,3	108,5	112,6	125,0	137,4	149,7
720	70,8	95,3	111,5	120,6	127,0	131,9	147,1	162,2	177,2
1080	75,8	103,2	121,3	131,5	138,7	144,2	161,1	178,0	194,8
1440	79,5	109,1	128,6	139,7	147,4	153,4	171,7	189,9	208,1

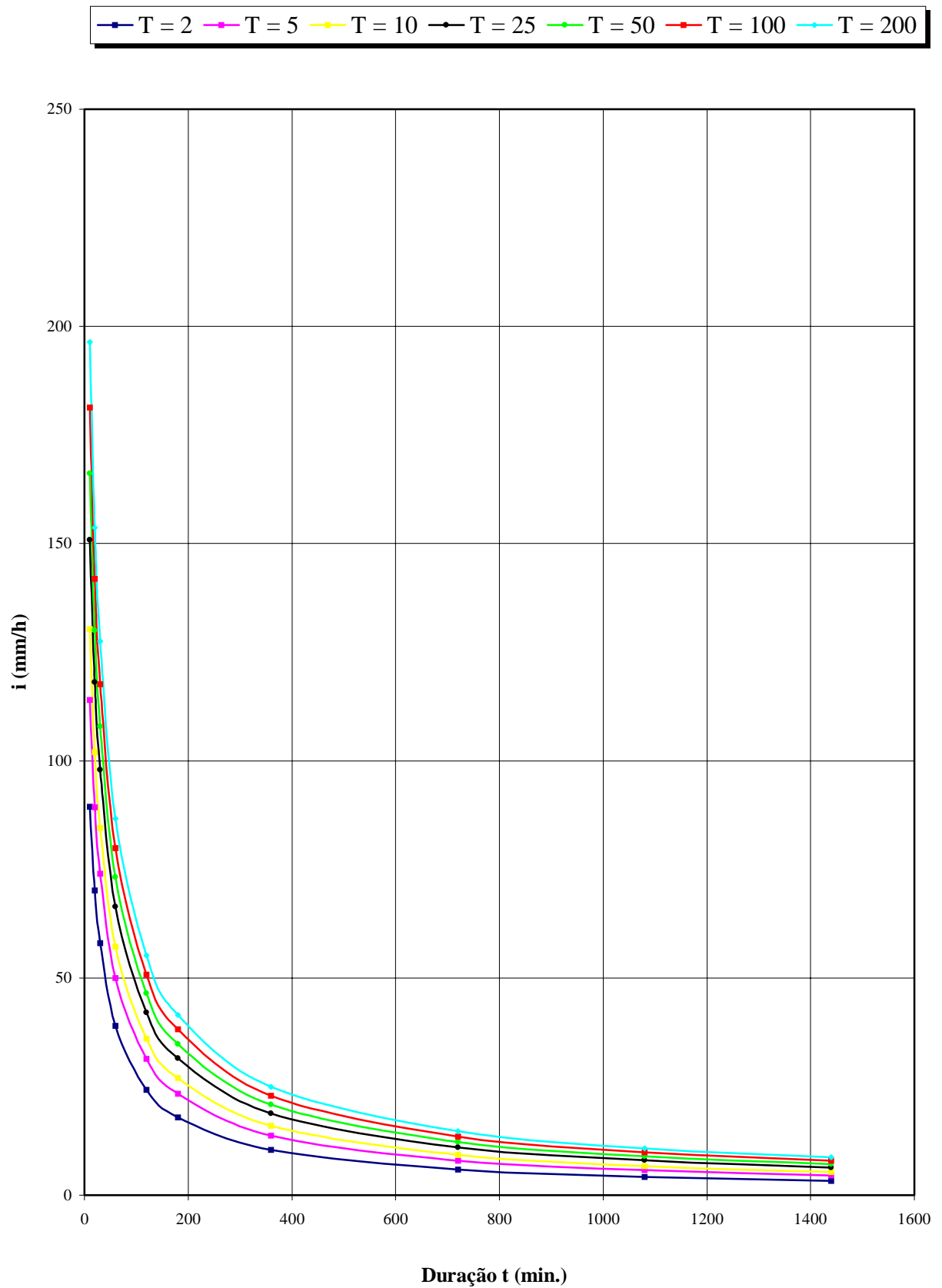


Figura 3.51 - TAPIRAÍ: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

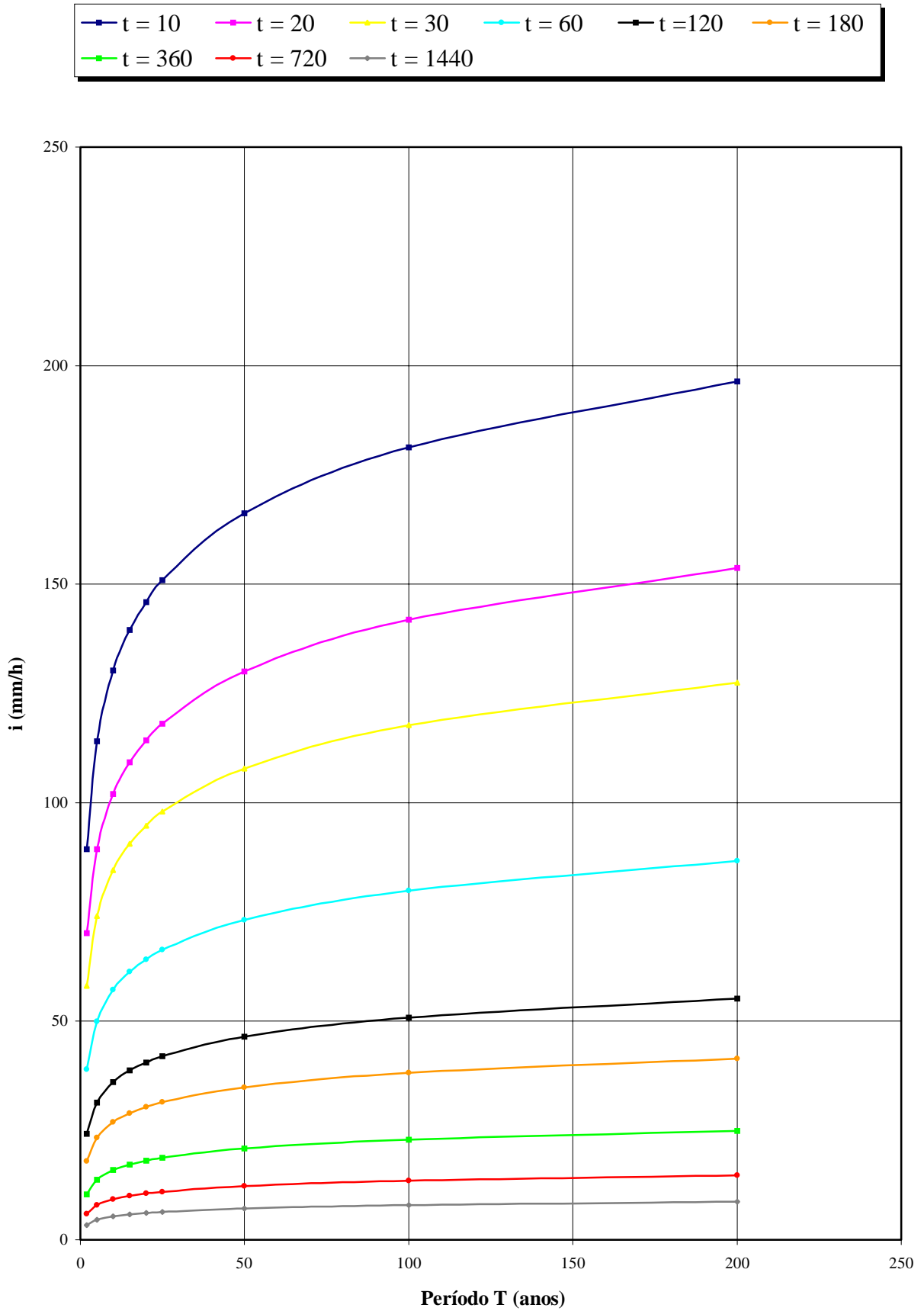


Figura 3.52 - TAPIRAÍ: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.26 Relação intensidade – duração – período de retorno para Tatuí

Nome da estação: Campo do Paiol – E5-062R

Coordenadas geográficas: Lat. 23°23'S; Long. 48°02'W

Altitude: 640 m

Período de dados utilizados: 1971; 1973-91; 1993-97 (25 anos)

$$\text{Equação: } i_{t,T} = 19,7523 (t+20)^{-0,7872} + 5,5111(t+20)^{-0,7609} \cdot [-0,4766 - 0,8977 \ln \ln(T/T-1)] \quad (3.33)$$

para $10 \leq t \leq 1440$

com: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.53 – Tatuí: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	77,8	103,1	119,8	129,3	135,9	141,0	156,7	172,3	187,8
20	62,0	82,3	95,8	103,4	108,7	112,8	125,4	137,9	150,4
30	52,0	69,2	80,5	86,9	91,4	94,9	105,5	116,1	126,6
60	35,9	47,9	55,8	60,3	63,4	65,9	73,3	80,7	88,1
120	23,1	30,9	36,1	39,0	41,1	42,7	47,5	52,4	57,2
180	17,4	23,4	27,4	29,6	31,2	32,4	36,1	39,7	43,4
360	10,5	14,2	16,6	18,0	18,9	19,7	21,9	24,2	26,4
720	6,2	8,4	9,9	10,7	11,3	11,7	13,1	14,5	15,8
1080	4,5	6,2	7,3	7,9	8,3	8,6	9,6	10,6	11,6
1440	3,6	5,0	5,8	6,3	6,7	6,9	7,7	8,6	9,4

Tabela 3.54 – Tatuí: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	13,0	17,2	20,0	21,5	22,7	23,5	26,1	28,7	31,3
20	20,7	27,4	31,9	34,5	36,2	37,6	41,8	46,0	50,1
30	26,0	34,6	40,3	43,5	45,7	47,4	52,7	58,0	63,3
60	35,9	47,9	55,8	60,3	63,4	65,9	73,3	80,7	88,1
120	46,2	61,9	72,2	78,1	82,2	85,3	95,1	104,7	114,3
180	52,3	70,2	82,1	88,8	93,5	97,1	108,2	119,2	130,2
360	63,0	85,0	99,6	107,8	113,6	118,0	131,6	145,2	158,7
720	74,5	101,0	118,6	128,5	135,4	140,7	157,2	173,5	189,7
1080	81,8	111,2	130,6	141,6	149,3	155,2	173,5	191,6	209,6
1440	87,2	118,8	139,7	151,5	159,8	166,2	185,8	205,2	224,6

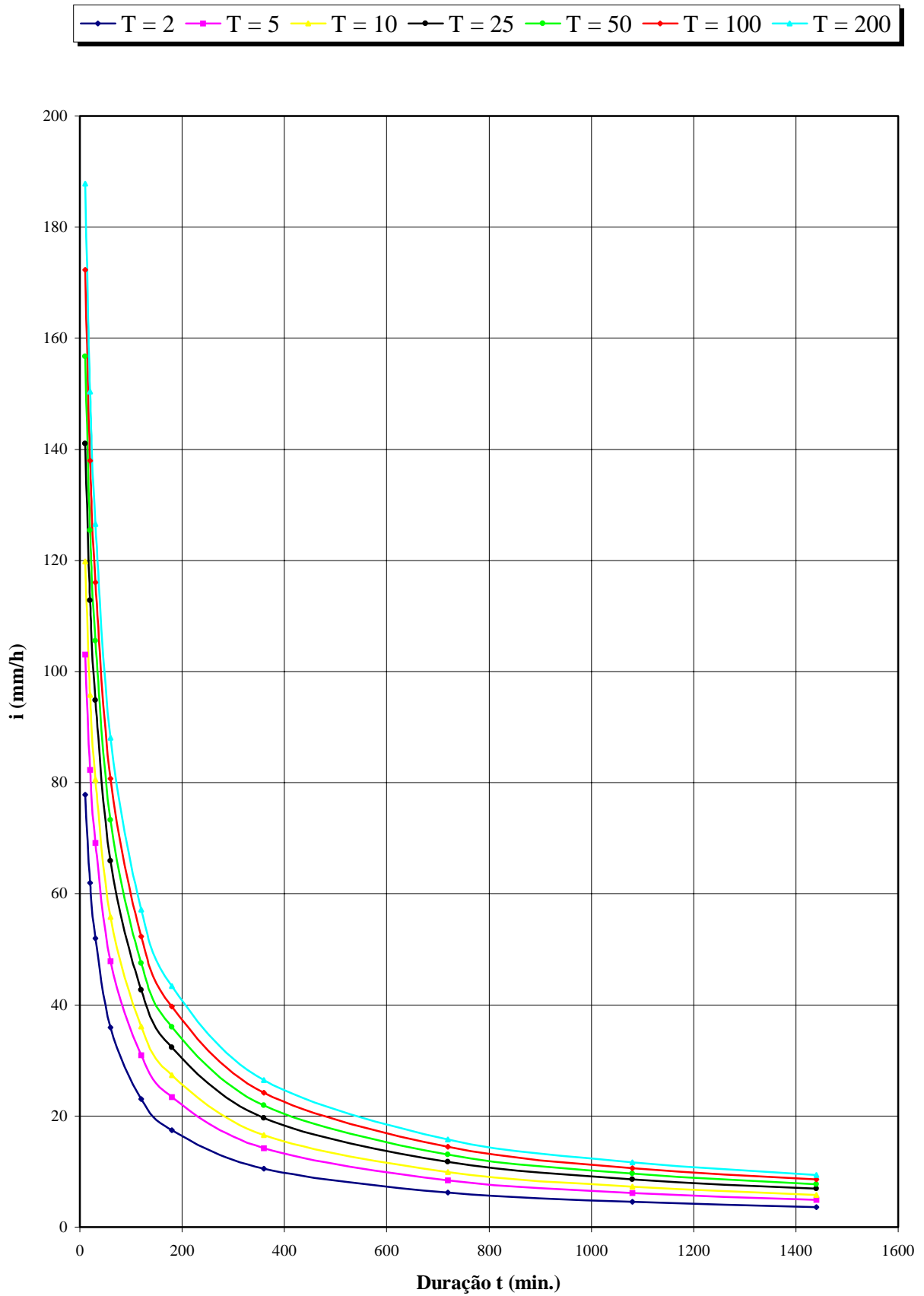
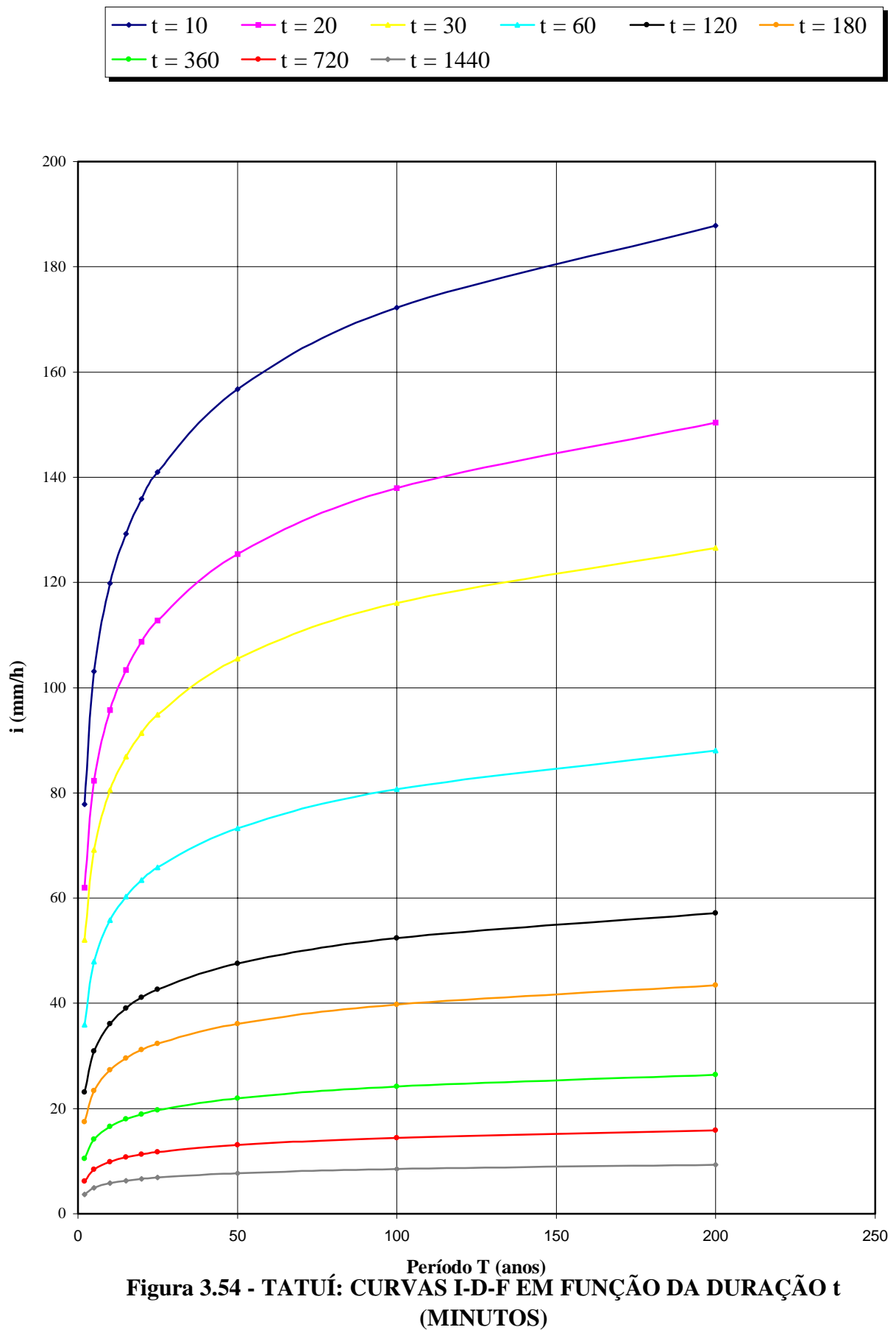


Figura 3.53 - TATUÍ: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)



3.4.27 Relação intensidade – duração – período de retorno para Taubaté

Nome da estação: Taubaté – E2-022R

Coordenadas geográficas: Lat. 23°02'S; Long. 45°34'W

Altitude: 610 m

Período de dados utilizados: 1964-65; 1969-88; 1990-97 (30 anos)

$$\text{Equação: } i_{t,T} = 54,5294 (t+30)^{-0,9637} + 11,0319 (t+20)^{-0,9116} \cdot [-0,4740 - 0,8839 \ln \ln(T/T-1)] \quad (3.34)$$

para $10 \leq t \leq 1440$

com: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.55 – Taubaté: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	89,0	118,9	138,7	149,8	157,6	163,6	182,2	200,6	218,9
20	72,0	95,0	110,2	118,7	124,7	129,4	143,6	157,8	171,9
30	60,5	79,2	91,6	98,6	103,5	107,3	118,9	130,5	142,0
60	41,0	53,2	61,3	65,8	69,0	71,5	79,1	86,6	94,1
120	25,1	32,4	37,3	40,0	41,9	43,4	47,9	52,4	56,9
180	18,1	23,4	26,9	28,9	30,3	31,4	34,6	37,9	41,2
360	10,0	12,9	14,9	16,0	16,8	17,3	19,2	21,0	22,8
720	5,3	6,9	8,0	8,6	9,0	9,3	10,3	11,3	12,3
1080	3,6	4,8	5,5	5,9	6,2	6,4	7,1	7,8	8,5
1440	2,8	3,6	4,2	4,5	4,8	4,9	5,5	6,0	6,5

Tabela 3.56 – Taubaté: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	14,8	19,8	23,1	25,0	26,3	27,3	30,4	33,4	36,5
20	24,0	31,7	36,7	39,6	41,6	43,1	47,9	52,6	57,3
30	30,2	39,6	45,8	49,3	51,8	53,6	59,5	65,2	71,0
60	41,0	53,2	61,3	65,8	69,0	71,5	79,1	86,6	94,1
120	50,1	64,8	74,5	80,0	83,8	86,8	95,9	104,9	113,9
180	54,4	70,3	80,8	86,7	90,9	94,1	103,9	113,7	123,5
360	59,9	77,6	89,3	95,9	100,5	104,1	115,1	126,0	136,8
720	63,7	83,0	95,7	102,9	108,0	111,9	123,8	135,7	147,5
1080	65,4	85,6	98,9	106,4	111,7	115,8	128,3	140,7	153,1
1440	66,5	87,3	101,0	108,8	114,2	118,4	131,2	144,0	156,8

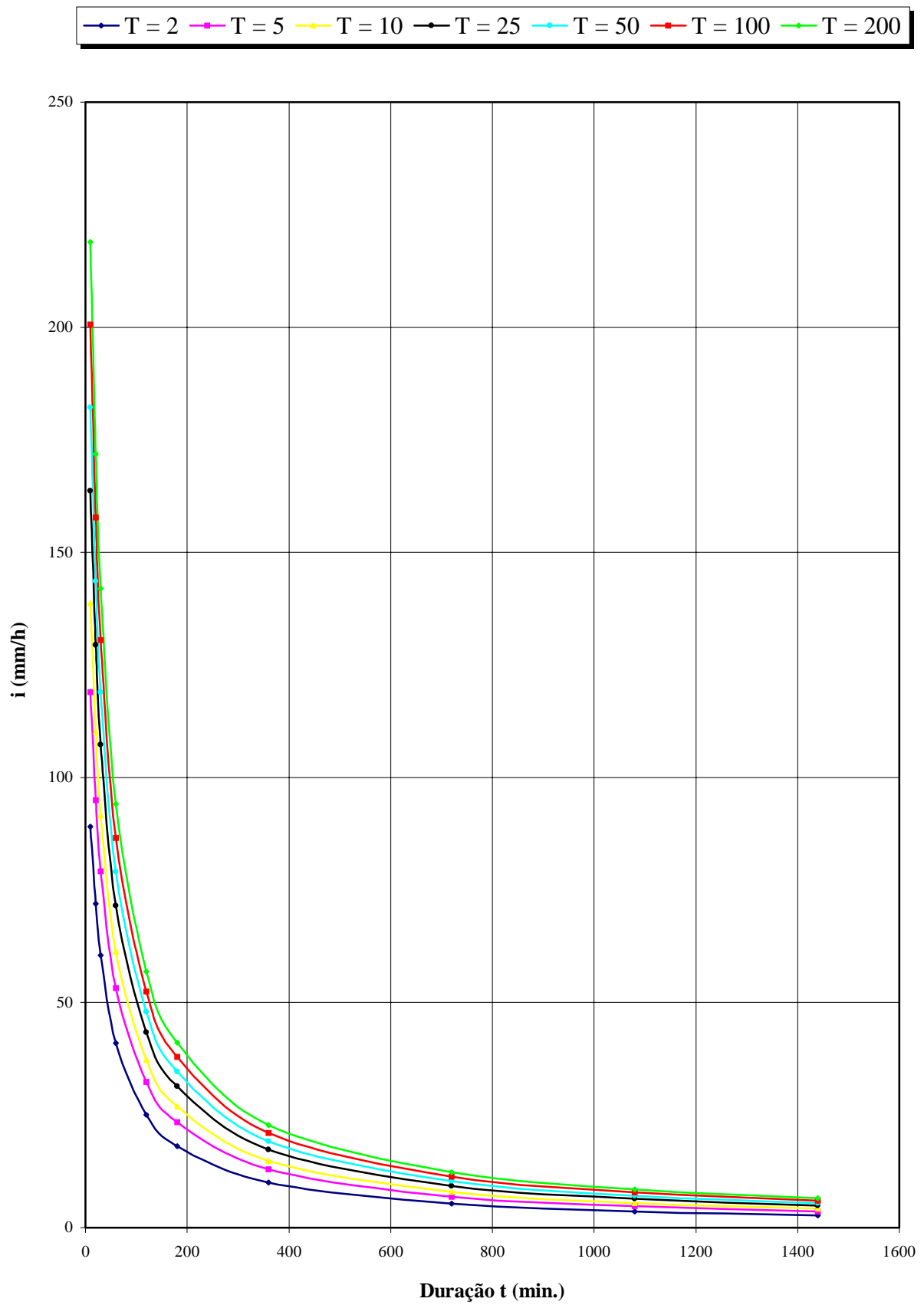


Figura 3.55 - TAUBATÉ: EQUAÇÕES I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

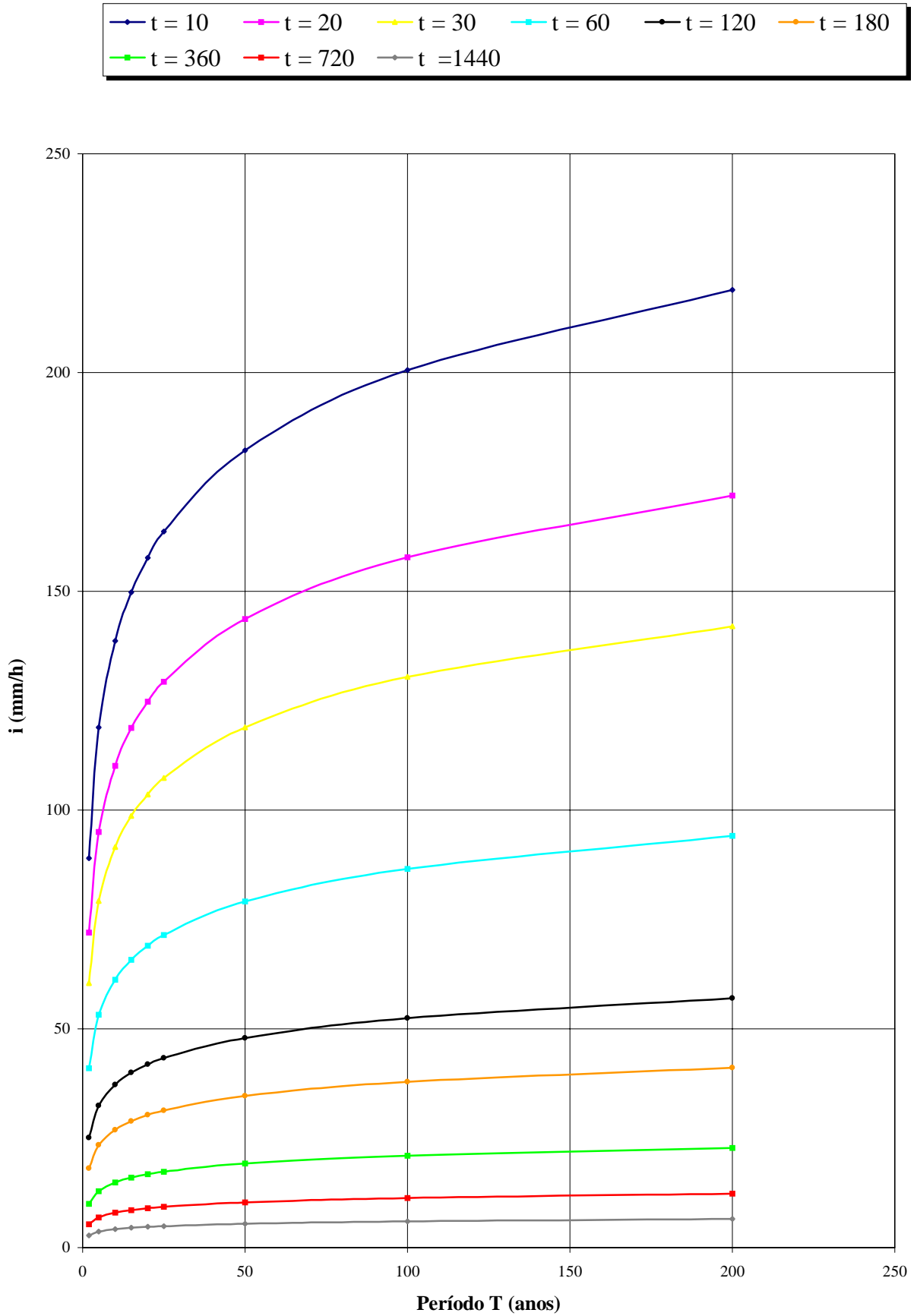


Figura 3.56 - TAUBATÉ: EQUAÇÕES I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.28 Relação intensidade – duração – período de retorno para Teodoro Sampaio

Nome da estação: Pontal – D9-020R

Coordenadas geográficas: Lat. 22°37'S; Long. 52°10'W

Altitude: 255 m

Período de dados utilizados: 1976-97 (22 anos)

$$\text{Equação: } i_{t,T} = 47,2091 (t+30)^{-0,9150} + 7,0141 (t+20)^{-0,8321} \cdot [-0,4786 - 0,9085 \ln \ln(T/T-1)] \quad (3.35)$$

para $10 \leq t \leq 1440$

com: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.57 – Teodoro Sampaio: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	93,3	118,8	135,8	145,3	152,0	157,1	173,0	188,8	204,5
20	76,1	96,3	109,6	117,1	122,4	126,4	138,9	151,3	163,7
30	64,5	81,2	92,3	98,5	102,9	106,2	116,6	126,9	137,2
60	44,5	55,8	63,3	67,5	70,5	72,8	79,8	86,8	93,7
120	27,9	35,0	39,7	42,3	44,2	45,6	50,0	54,4	58,8
180	20,5	25,8	29,3	31,2	32,6	33,7	36,9	40,2	43,4
360	11,6	14,7	16,8	17,9	18,7	19,3	21,3	23,2	25,1
720	6,4	8,2	9,3	10,0	10,5	10,8	11,9	13,0	14,1
1080	4,4	5,7	6,6	7,0	7,4	7,6	8,4	9,2	10,0
1440	3,4	4,4	5,1	5,5	5,8	6,0	6,6	7,2	7,8

Tabela 3.58 – Teodoro Sampaio: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	15,5	19,8	22,6	24,2	25,3	26,2	28,8	31,5	34,1
20	25,4	32,1	36,5	39,0	40,8	42,1	46,3	50,4	54,6
30	32,2	40,6	46,1	49,3	51,4	53,1	58,3	63,5	68,6
60	44,5	55,8	63,3	67,5	70,5	72,8	79,8	86,8	93,7
120	55,8	70,0	79,4	84,7	88,4	91,3	100,1	108,8	117,5
180	61,5	77,3	87,8	93,7	97,8	101,0	110,8	120,6	130,3
360	69,7	88,3	100,6	107,5	112,3	116,1	127,6	139,0	150,4
720	76,5	97,8	111,9	119,9	125,5	129,8	143,0	156,1	169,2
1080	80,1	103,1	118,3	126,9	132,9	137,5	151,8	165,9	180,0
1440	82,5	106,7	122,7	131,8	138,1	143,0	158,0	172,9	187,8

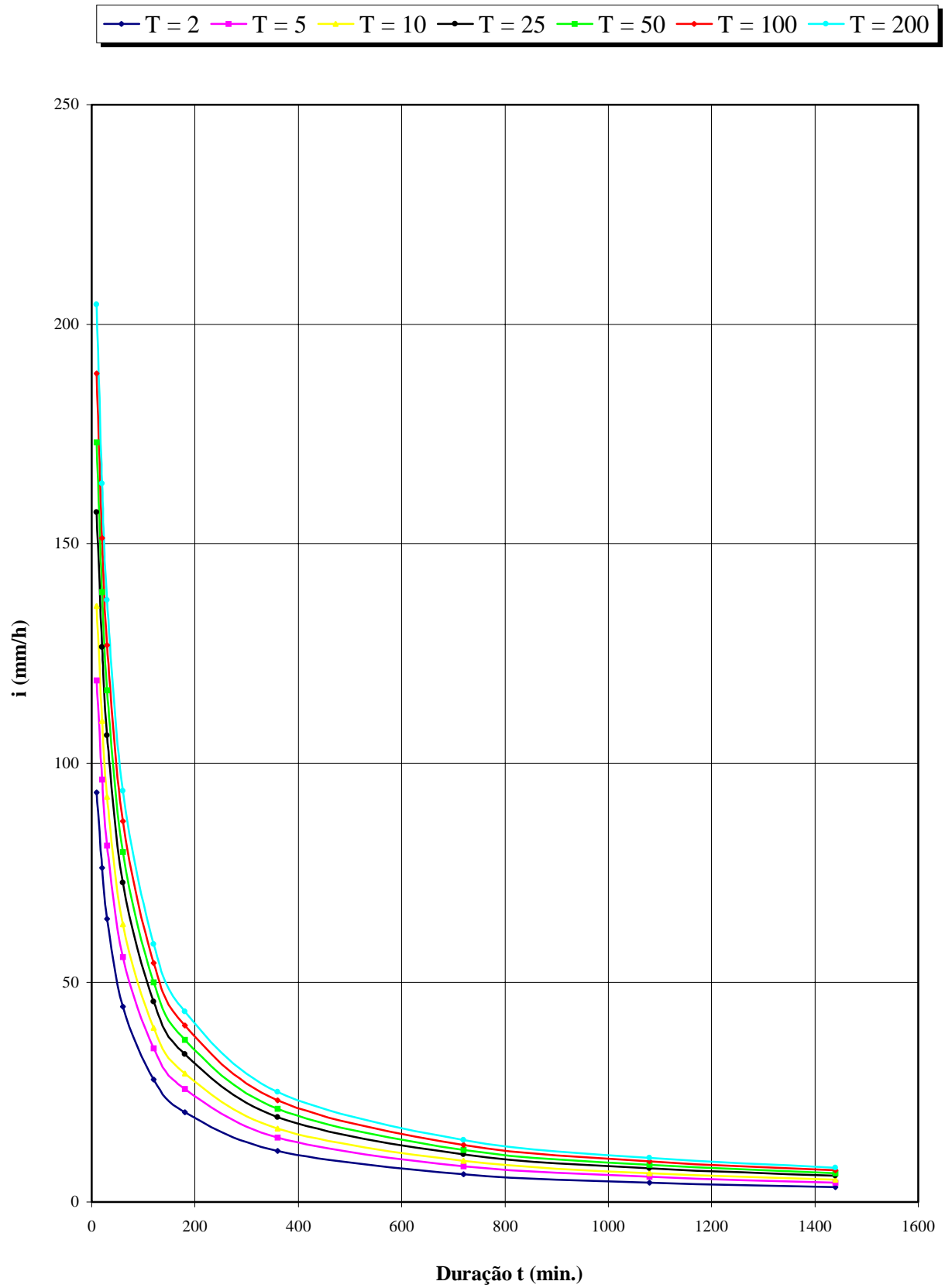


Figura 3.57 - TEODORO SAMPAIO: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

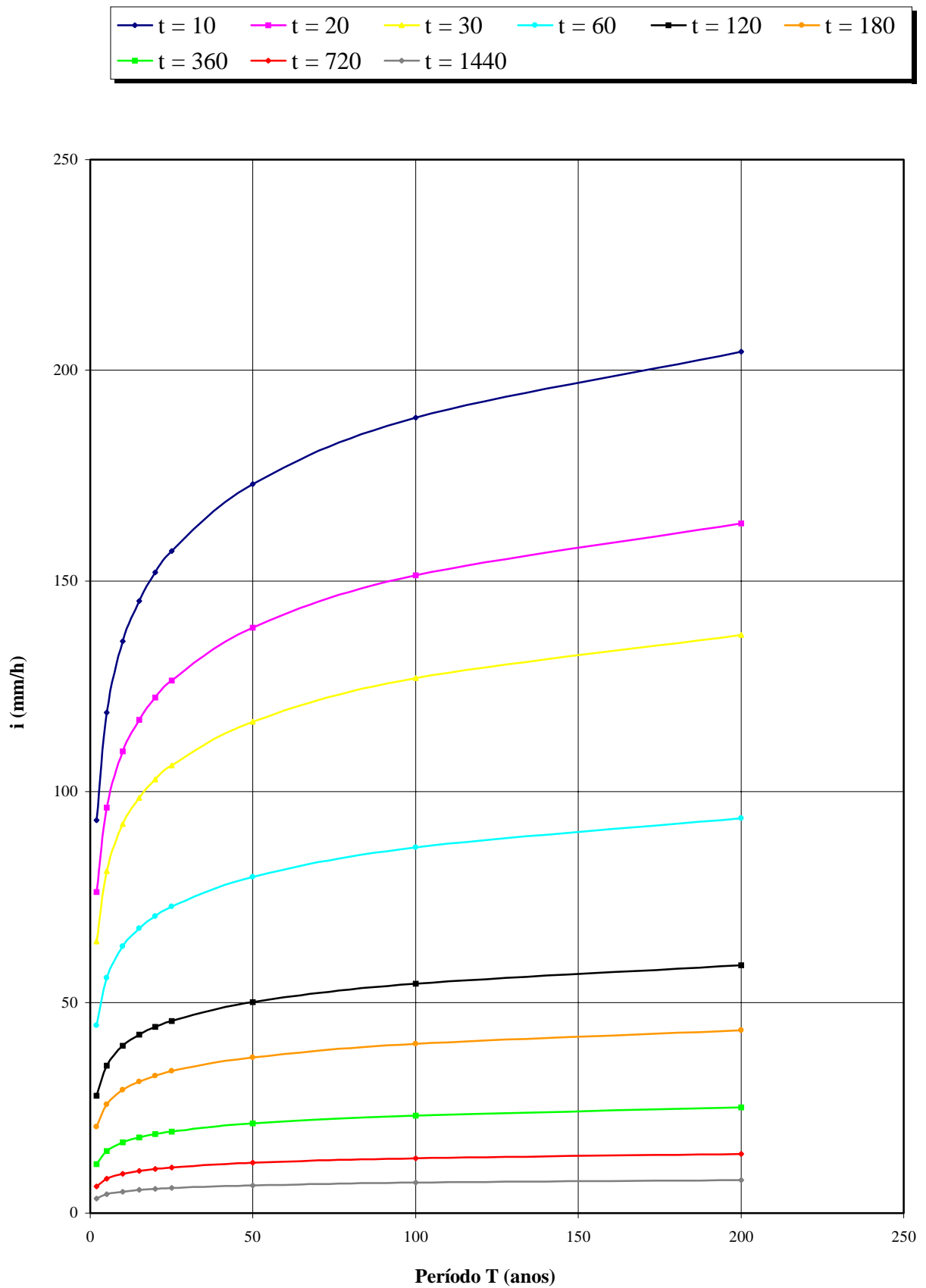


Figura 3.58 - TEODORO SAMPAIO: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.29 Relação intensidade – duração – período de retorno para Ubatuba

Nome da estação: Ubatuba – E2-052R

Coordenadas geográficas: Lat. 23°26'S; Long. 45°04'W

Altitude: 1 m

Período de dados utilizados: 1948; 1950; 1953-59; 1963-94 (41 anos)

$$\text{Equação: } i_{t,T} = 28,4495 (t+40)^{-0,7564} + 17,2878 (t+70)^{-0,8236} \cdot [-0,4700 - 0,8637 \ln \ln(T/T-1)] \quad (3.37)$$

para $10 \leq t \leq 1440$

com: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.59 – Ubatuba: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	84,2	111,7	129,9	140,2	147,4	152,9	170,0	187,0	203,8
20	73,2	98,2	114,7	124,0	130,6	135,6	151,1	166,4	181,8
30	65,1	87,9	103,1	111,6	117,6	122,2	136,4	150,5	164,6
60	49,5	68,0	80,2	87,1	91,9	95,6	107,0	118,4	129,7
120	34,6	48,1	57,0	62,1	65,6	68,3	76,7	85,0	93,3
180	27,2	37,9	45,1	49,1	51,9	54,1	60,7	67,4	74,0
360	17,3	24,2	28,7	31,3	33,1	34,5	38,8	43,0	47,2
720	10,6	14,8	17,6	19,1	20,2	21,1	23,7	26,2	28,8
1080	8,0	11,0	13,0	14,2	15,0	15,6	17,5	19,4	21,3
1440	6,4	8,9	10,5	11,4	12,1	12,6	14,1	15,6	17,1

Tabela 3.60 – Ubatuba: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	14,0	18,6	21,7	23,4	24,6	25,5	28,3	31,2	34,0
20	24,4	32,7	38,2	41,3	43,5	45,2	50,4	55,5	60,6
30	32,5	44,0	51,5	55,8	58,8	61,1	68,2	75,3	82,3
60	49,5	68,0	80,2	87,1	91,9	95,6	107,0	118,4	129,7
120	69,2	96,2	114,1	124,2	131,2	136,6	153,4	170,0	186,6
180	81,5	113,8	135,2	147,3	155,7	162,2	182,2	202,1	221,9
360	103,7	145,0	172,4	187,8	198,6	206,9	232,6	258,0	283,4
720	127,8	177,9	211,0	229,7	242,8	252,9	283,9	314,8	345,5
1080	143,1	198,2	234,7	255,3	269,7	280,8	315,0	349,0	382,8
1440	154,7	213,4	252,3	274,2	289,6	301,4	337,8	374,0	410,0

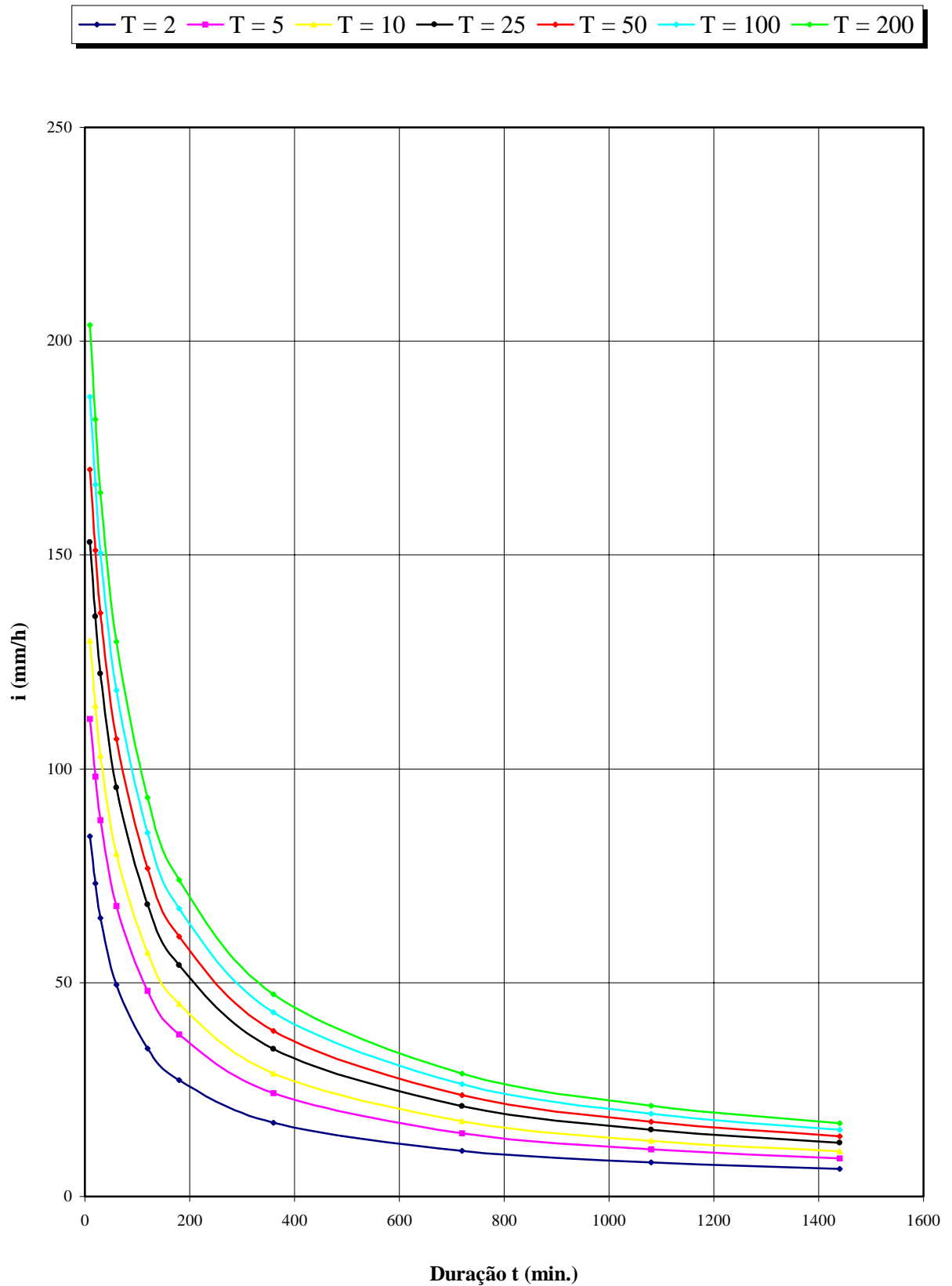


Figura 3.59 - UBATUBA: CURVAS I-D-FEM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

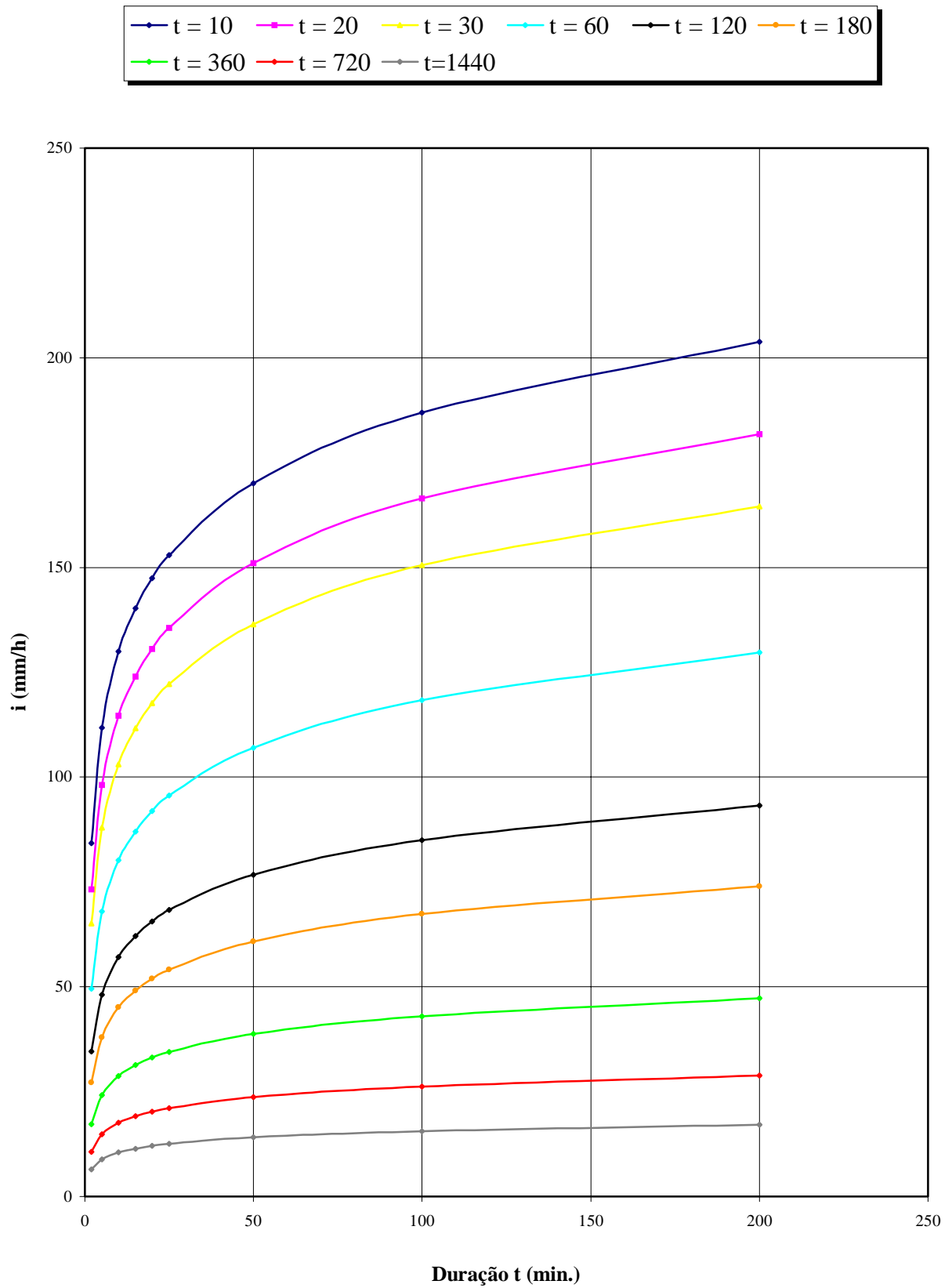


Figura 3.60 - UBATUBA: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

3.4.30 Relação intensidade – duração – período de retorno para Votuporanga

Nome da estação: Votuporanga – B6-036R

Coordenadas geográficas: Lat. 20°26'S; Long. 49°59'W

Altitude: 510 m

Período de dados utilizados: 1966-68; 1970-75; 1977-86; 1988-97 (29 anos)

$$\text{Equação: } i_{t,T} = 59,1192 (t+30)^{-0,9566} + 7,5593 (t+30)^{-0,8250} \cdot [-0,4744 - 0,8863 \ln \ln(T/T-1)] \quad (3.37)$$

para $10 \leq t \leq 1440$

com: i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/min;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

Tabela 3.61 – Votuporanga: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	100,9	122,6	137,0	145,1	150,8	155,1	168,6	182,0	195,3
20	81,4	99,5	111,4	118,2	122,9	126,6	137,8	148,9	160,0
30	68,3	83,9	94,2	100,0	104,0	107,2	116,8	126,4	135,9
60	46,3	57,4	64,8	68,9	71,8	74,1	81,0	87,8	94,7
120	28,3	35,6	40,4	43,2	45,1	46,6	51,1	55,6	60,1
180	20,5	26,0	29,7	31,7	33,2	34,3	37,7	41,1	44,5
360	11,3	14,6	16,8	18,0	18,9	19,6	21,6	23,7	25,7
720	6,0	8,0	9,2	10,0	10,5	10,9	12,1	13,2	14,4
1080	4,1	5,5	6,5	7,0	7,3	7,6	8,5	9,4	10,2
1440	3,1	4,3	5,0	5,4	5,7	5,9	6,6	7,3	8,0

Tabela 3.62 – Votuporanga: Previsão de máximas alturas de chuvas, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	16,8	20,4	22,8	24,2	25,1	25,9	28,1	30,3	32,6
20	27,1	33,2	37,1	39,4	41,0	42,2	45,9	49,6	53,3
30	34,2	41,9	47,1	50,0	52,0	53,6	58,4	63,2	68,0
60	46,3	57,4	64,8	68,9	71,8	74,1	81,0	87,8	94,7
120	56,6	71,2	80,9	86,3	90,2	93,1	102,2	111,2	120,1
180	61,5	78,1	89,0	95,2	99,6	102,9	113,2	123,4	133,6
360	67,8	87,7	100,9	108,3	113,5	117,5	129,9	142,1	154,4
720	72,2	95,4	110,8	119,5	125,6	130,2	144,7	159,0	173,2
1080	74,3	99,5	116,2	125,6	132,2	137,2	152,9	168,4	183,9
1440	75,5	102,2	119,8	129,8	136,8	142,1	158,7	175,1	191,5

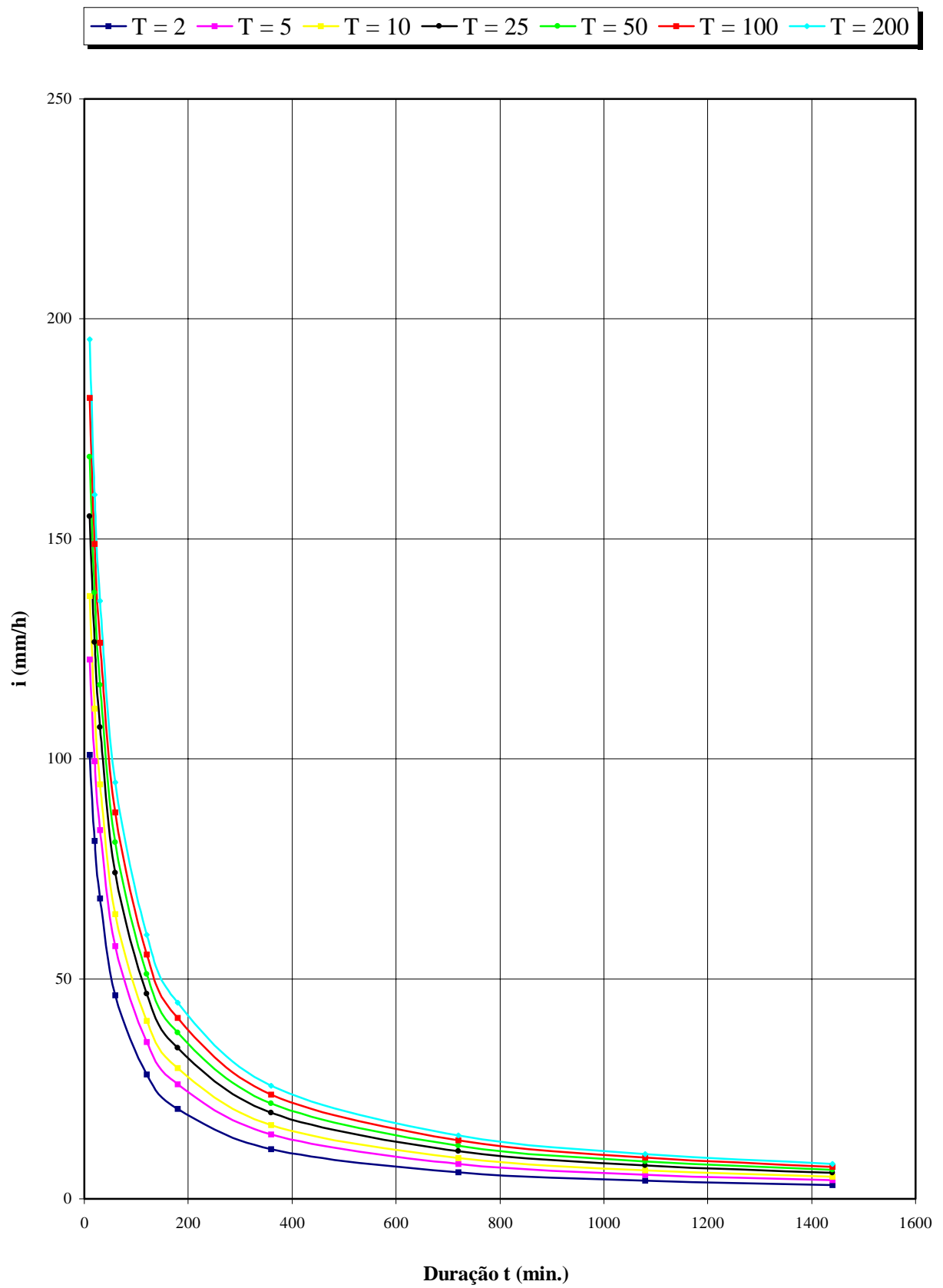


Figura 3.61 - VOTUPORANGA: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

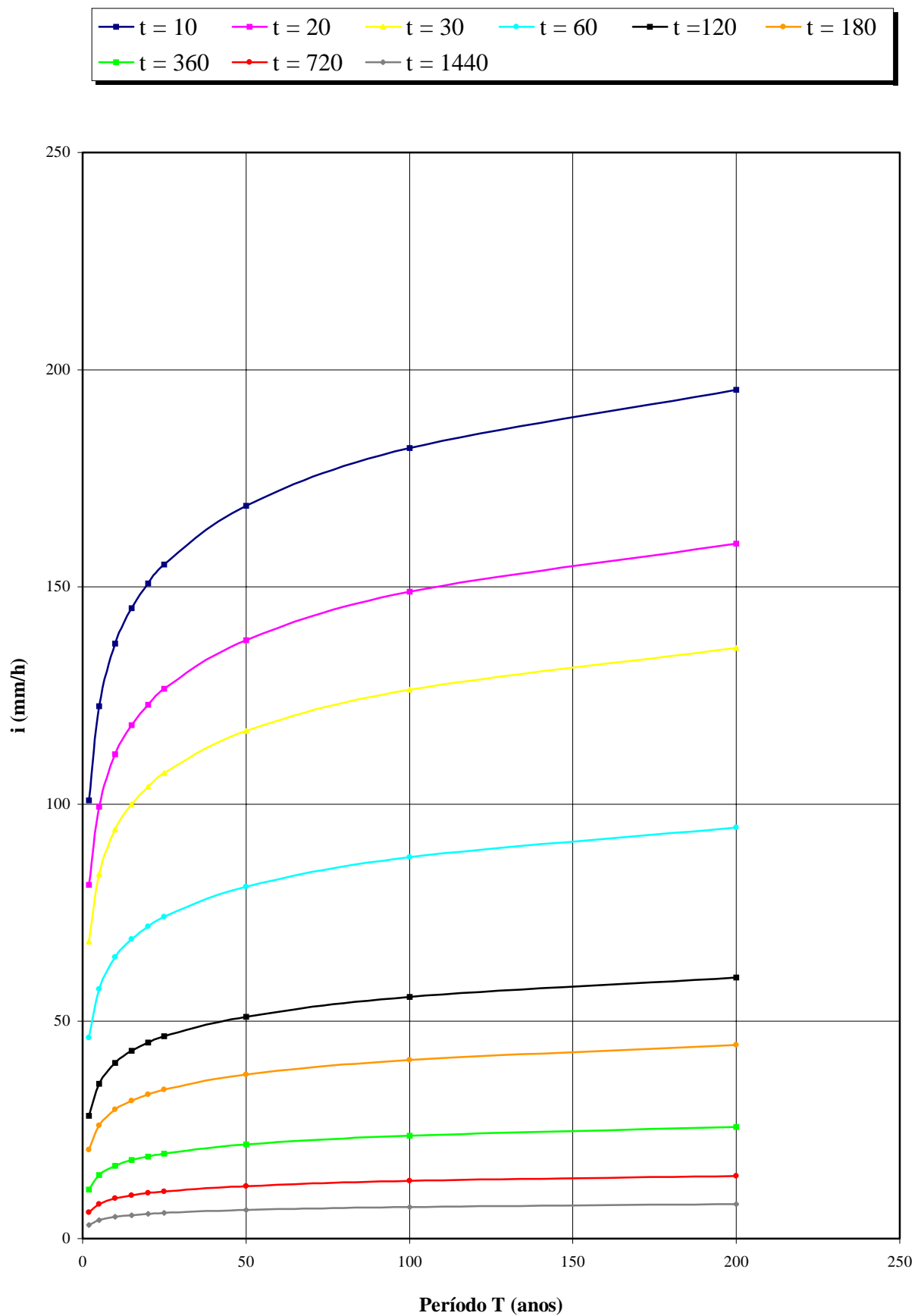


Figura 3.62 - VOTUPORANGA: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO t (MINUTOS)

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS PARA A CIDADE DE SÃO PAULO

Este capítulo tem por objetivo analisar os resultados obtidos para o posto do IAG (Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo), localizado no Parque do Estado, na cidade de São Paulo, incorporado à rede do DAEE/ CTH, com o prefixo E3-035.

A Tabela 4.1 mostra as informações pertinentes às equações de chuvas intensas elaboradas para o posto do IAG. Observa-se que, anteriormente à realização deste estudo, haviam sido determinadas três equações.

Tabela 4.1 - Equações de chuvas intensas para o posto do IAG, em São Paulo

Posto/ Entidades	Coordenadas	Altitude (m)	Autor/ Ano do Estudo	Dados Utilizados	
				Período	Nº anos
IAG - Parque do Estado (E3-035) IAG / DAEE	23° 39' S 46° 38' W	780	Occhipinti e Santos - 1965	1928-64	37
			Wilken - 1972	1934-59	26
			Mero e Magni - 1979	1931-79	49
			Martinez e Magni - 1999	1933-97	65

* OBS: O posto pluviográfico existe desde 1928, sendo que, de 1928 a 1932, funcionou na Avenida Paulista.

As equações elaboradas são abaixo transcritas, sendo que é empregada a simbologia:

i: intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T, em mm/min;

t: duração da chuva em minutos;

T: período de retorno em anos.

. Occhipinti e Santos - 1965

$$\text{Para } t \leq 60 \text{ minutos} \quad i_{t,T} = 27,96 T^{0,112} (t+15)^{-0,86T^{-0,0144}} \quad (4.1)$$

$$\text{Para } 60 < t \leq 1440 \text{ minutos :} \quad i_{t,T} = 20,21 T^{0,15} t^{-0,82} \quad (4.2)$$

. Wilken - 1972

$$i_{t,T} = 29,13 T^{0,181} (t+15)^{-0,89} \quad (4.3)$$

. Mero e Magni - 1979

Para 10 minutos $\leq t \leq$ 60 minutos:

$$i_{t,T} = 37,05 (t+20)^{-0,914} + (t+20)^{-0,914} \cdot [-5,966 - 10,88 \ln \ln (T / T-1)] \quad (4.4)$$

Para 60 minutos $< t \leq$ 1440 minutos:

$$i_{t,T} = 19,24 t^{-0,821} + t^{-0,821} \cdot [-3,098 - 5,65 \ln \ln (T / T-1)] \quad (4.5)$$

. Martinez e Magni - 1999

Para 10 minutos $\leq t \leq$ 1440 minutos:

$$i_{t,T} = 39,3015 (t+20)^{-0,9228} + 10,1767 (t+20)^{-0,8764} \cdot [-0,4653 - 0,8407 \ln \ln (T / T-1)] \quad (3.30)$$

Nas Figuras 4.1 a 4.10 são representadas graficamente as 4 equações que relacionam intensidade – duração e período de retorno das precipitações, para durações de chuvas variando entre 10 minutos a 1440 minutos (24 horas).

Na Tabela 4.2 são apresentadas as diferenças percentuais médias entre os valores calculados pela nova equação e os obtidos com as equações anteriores, considerando-se períodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 100 e 200 anos. Verifica-se que a equação formulada neste trabalho fornece valores de intensidades de chuvas próximos dos obtidos com as equações anteriormente elaboradas, particularmente em relação à equação determinada por Mero e Magni, em 1979.

Tabela 4.2 - Diferenças percentuais médias com relação às equações anteriores

Duração t (minutos)	Diferenças percentuais médias		
	Mero e Magni 1979	Wilken 1972	Occhipinti e Santos 1965
10	-2,3	-7,5	-3,8
20	-2,1	-3,5	-2,1
30	-1,9	-1,3	-1,7
60	-1,6	1,6	-2,2
120	5,6	3,1	4,9
180	6,5	3,5	5,8
360	5,4	3,5	4,5
720	2,1	3,1	1,0
1080	-0,5	2,6	-1,7
1440	-2,6	2,3	-3,8

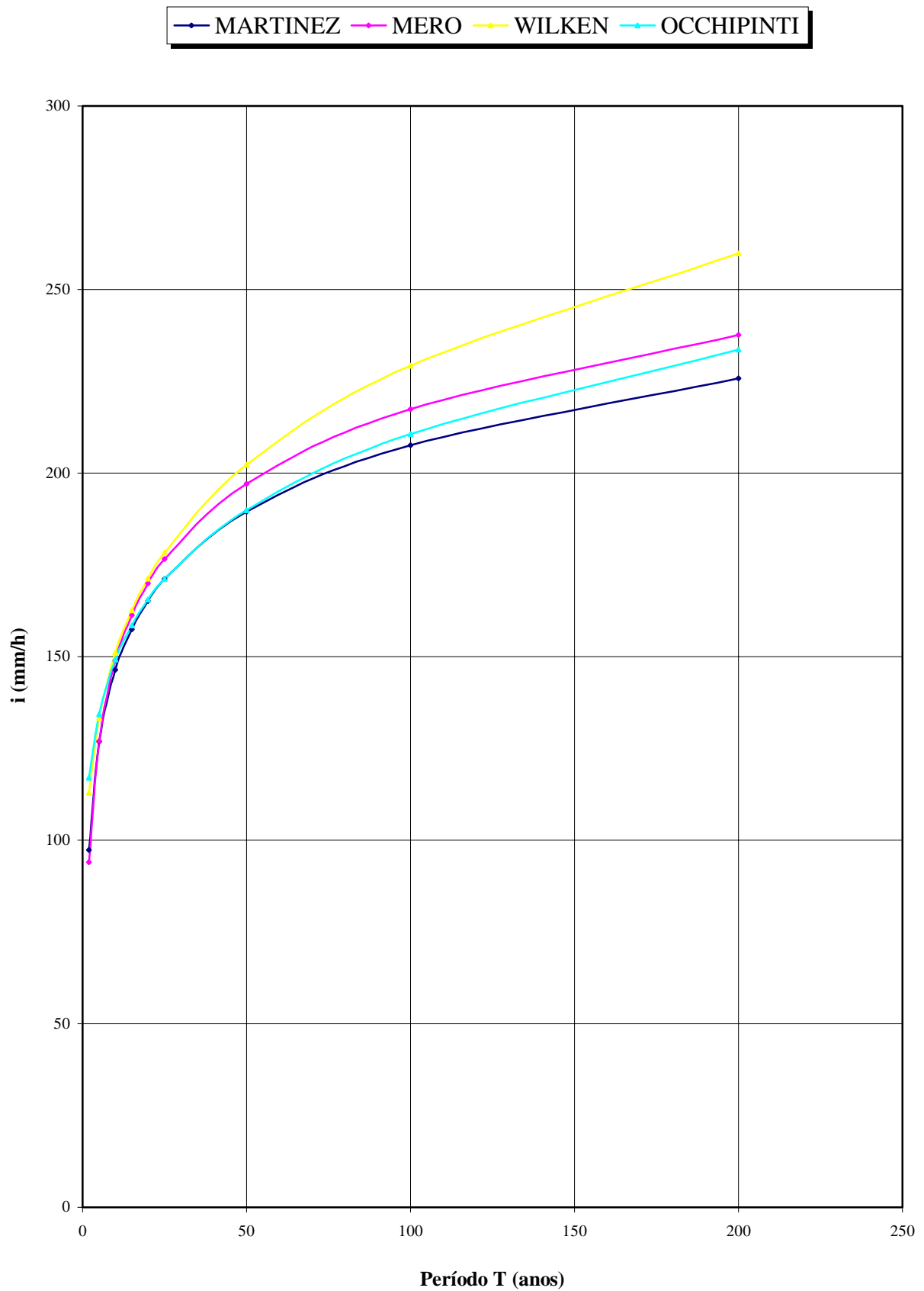


Figura 4.1 - SÃO PAULO: EQUAÇÕES PARA $t = 10$ MINUTOS

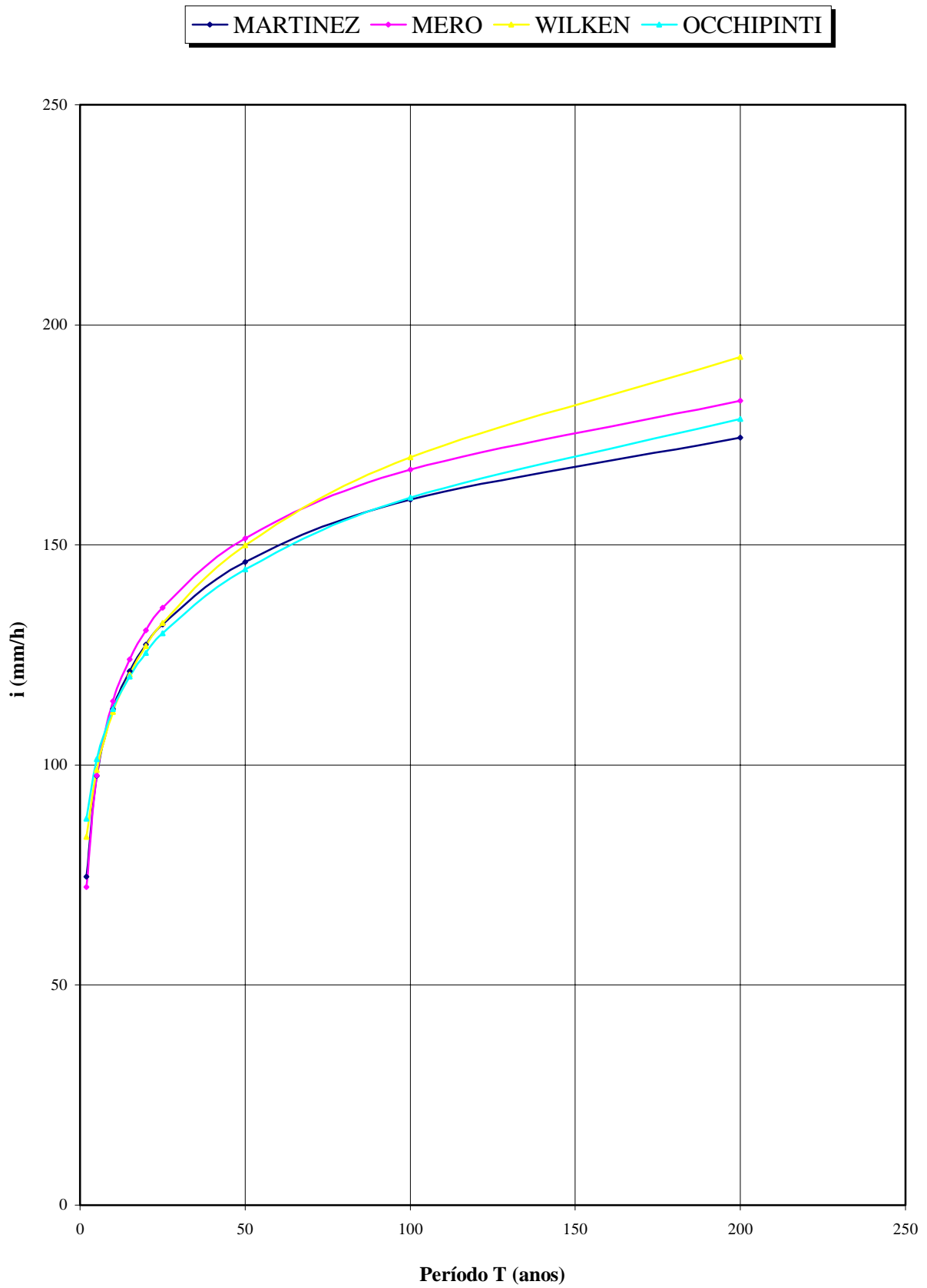


Figura 4.2 - SÃO PAULO: EQUAÇÕES PARA $t = 20$ MINUTOS

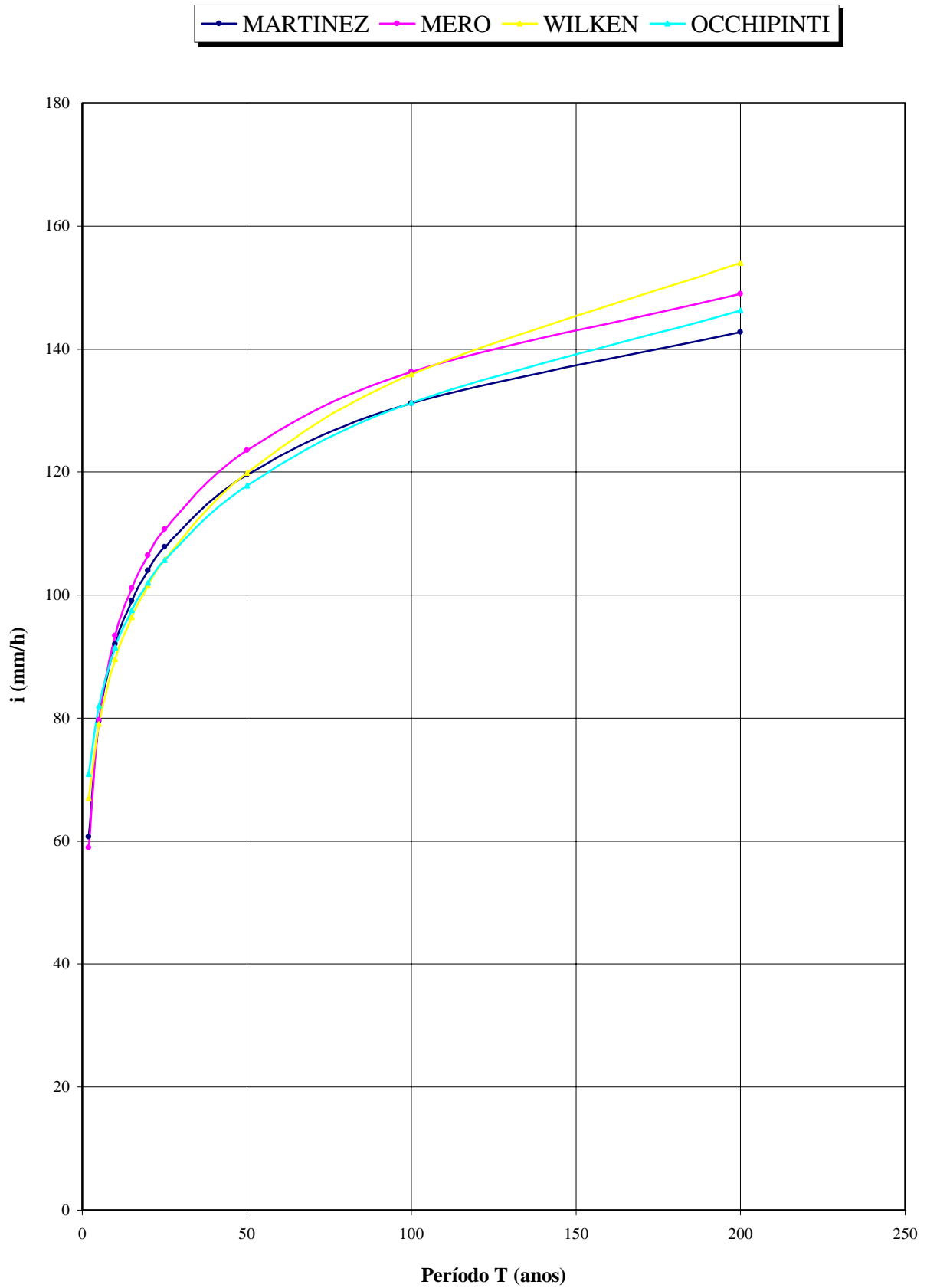


Figura 4.3 - SÃO PAULO: EQUAÇÕES PARA $t = 30$ MINUTOS

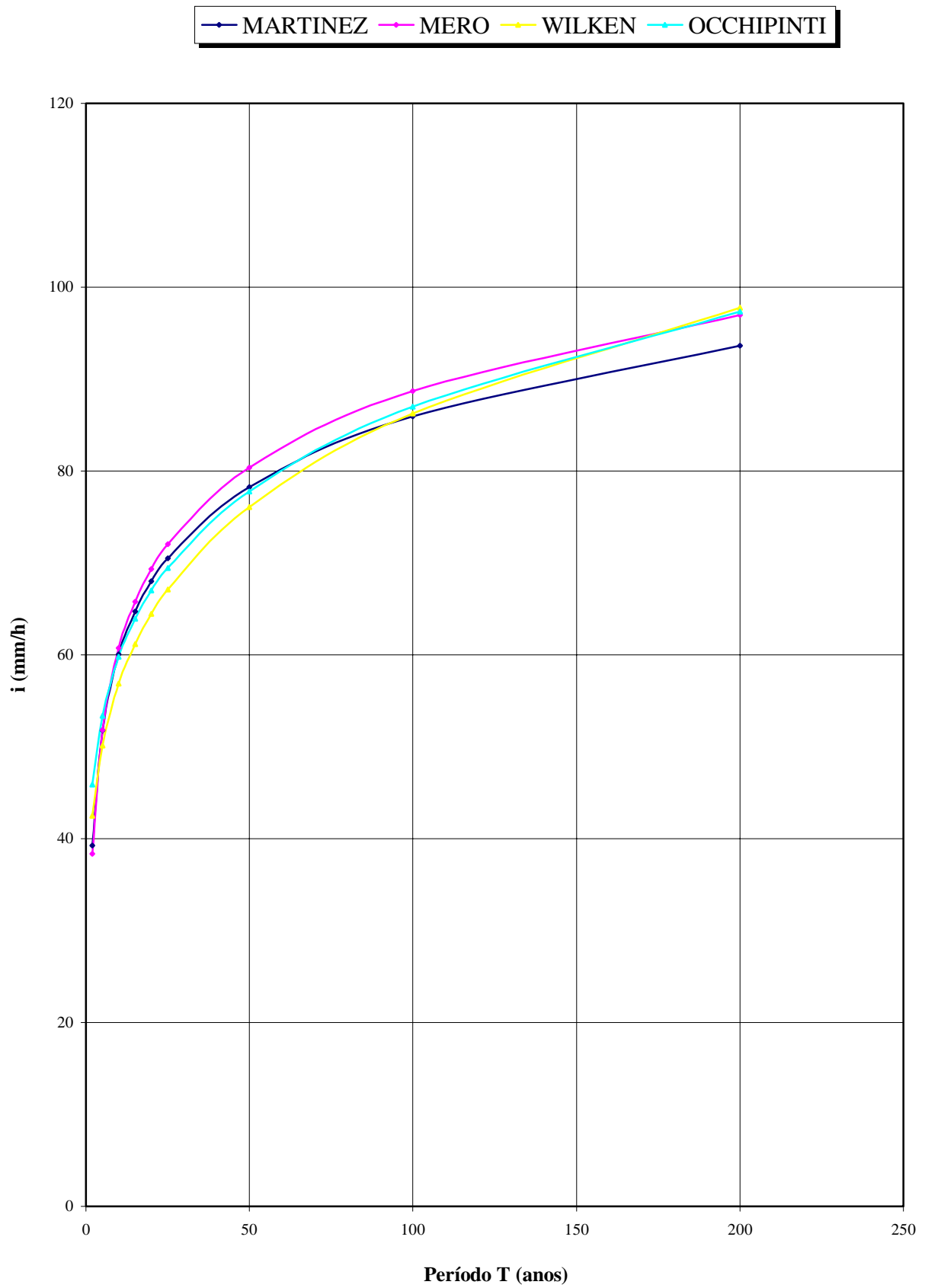


Figura 4.4 - SÃO PAULO: EQUAÇÕES PARA $t = 60$ MINUTOS

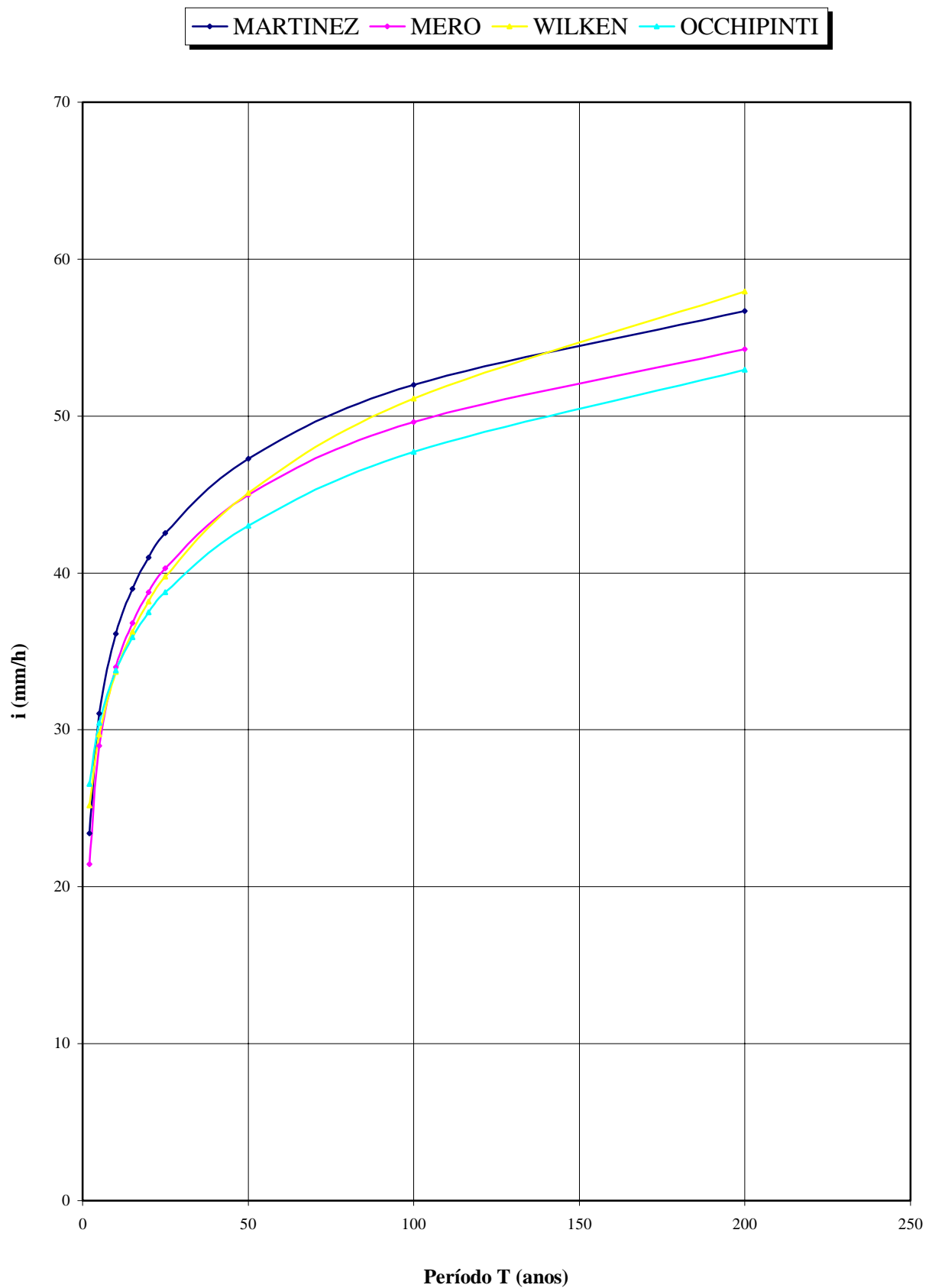


Figura 4.5 - SÃO PAULO: EQUAÇÕES PARA $t = 120$ MINUTOS

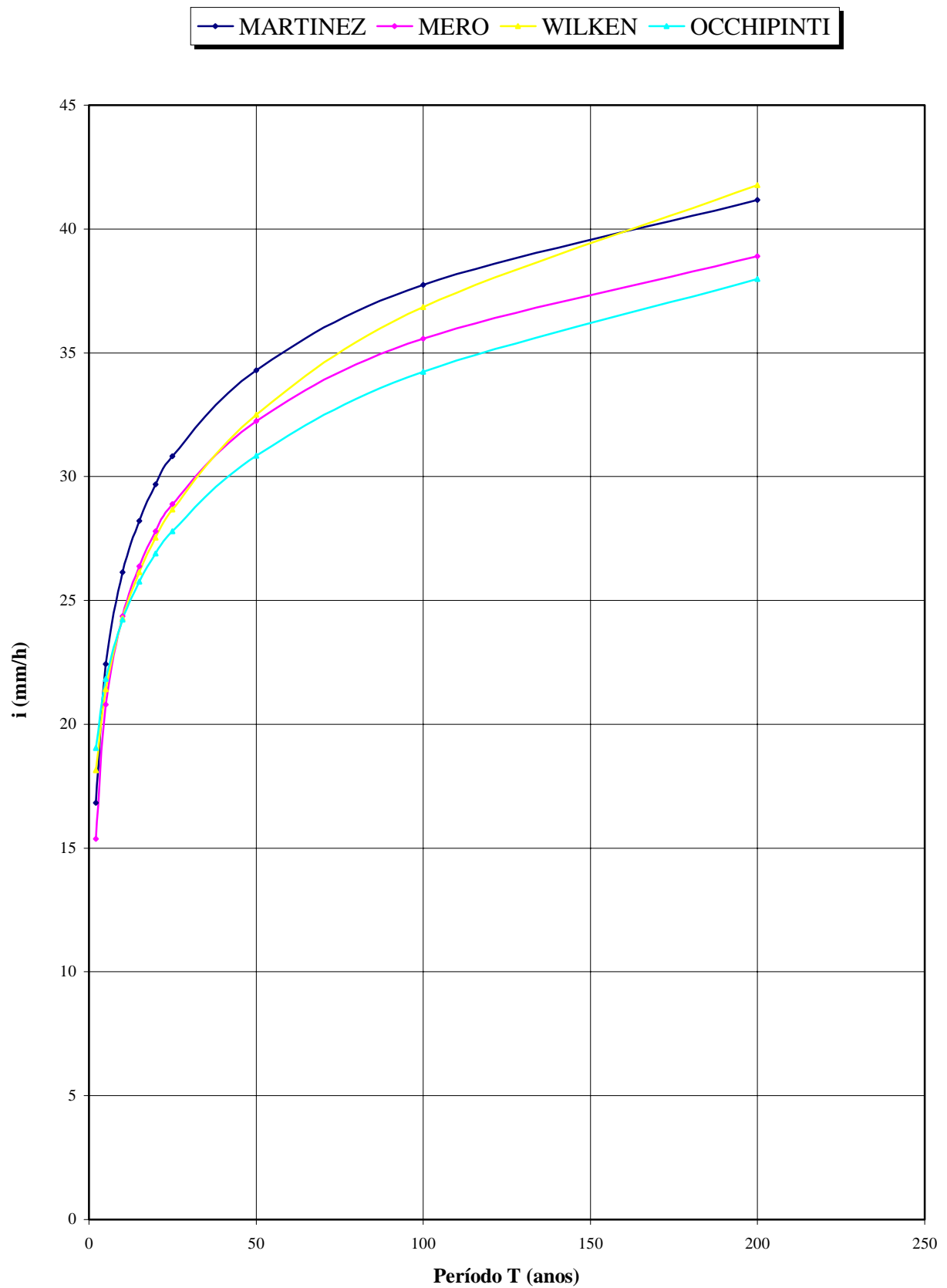


Figura 4.6 - SÃO PAULO: EQUAÇÕES PARA $t = 180$ MINUTOS

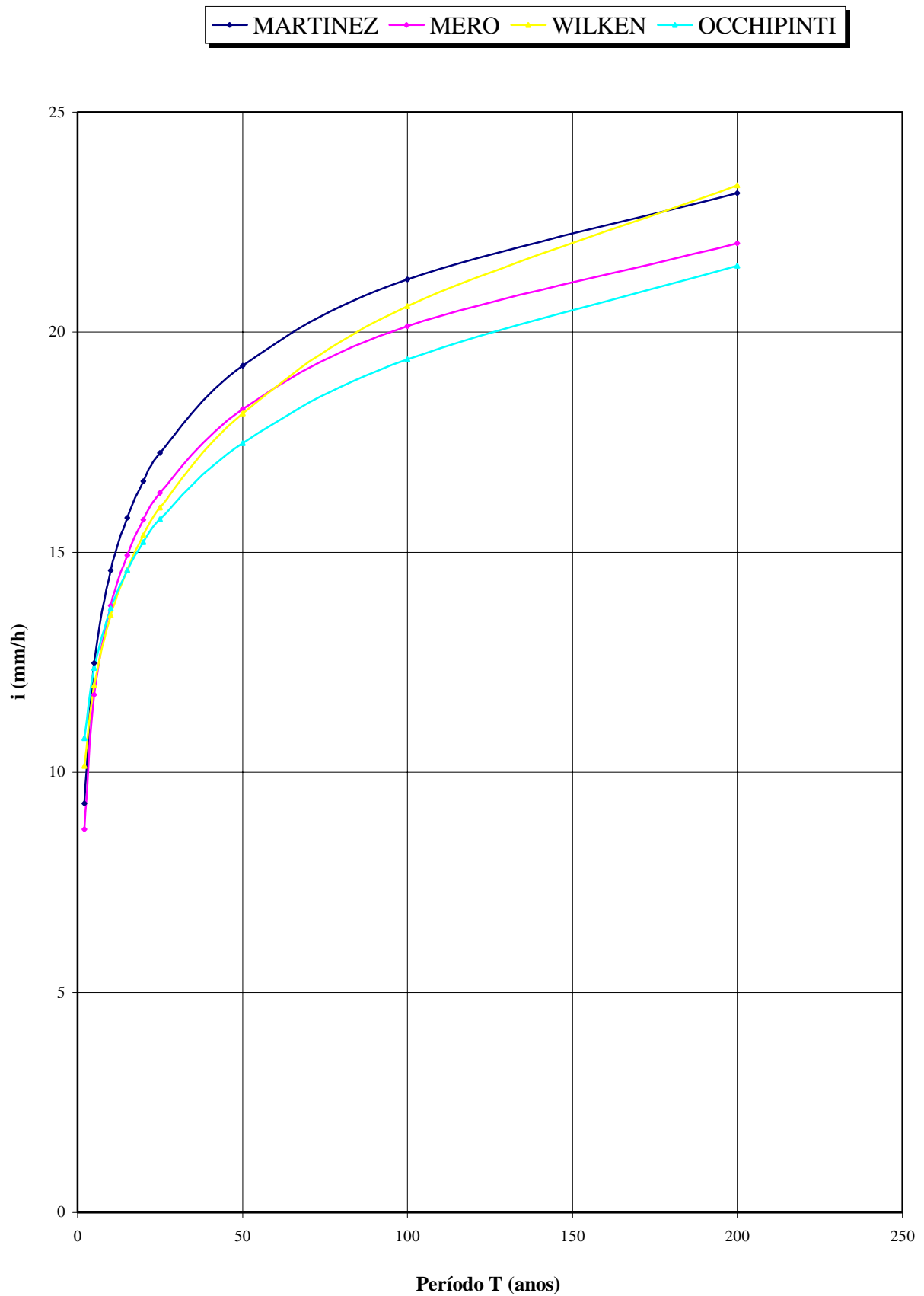


Figura 4.7 - SÃO PAULO: EQUAÇÕES PARA $t = 360$ MINUTOS

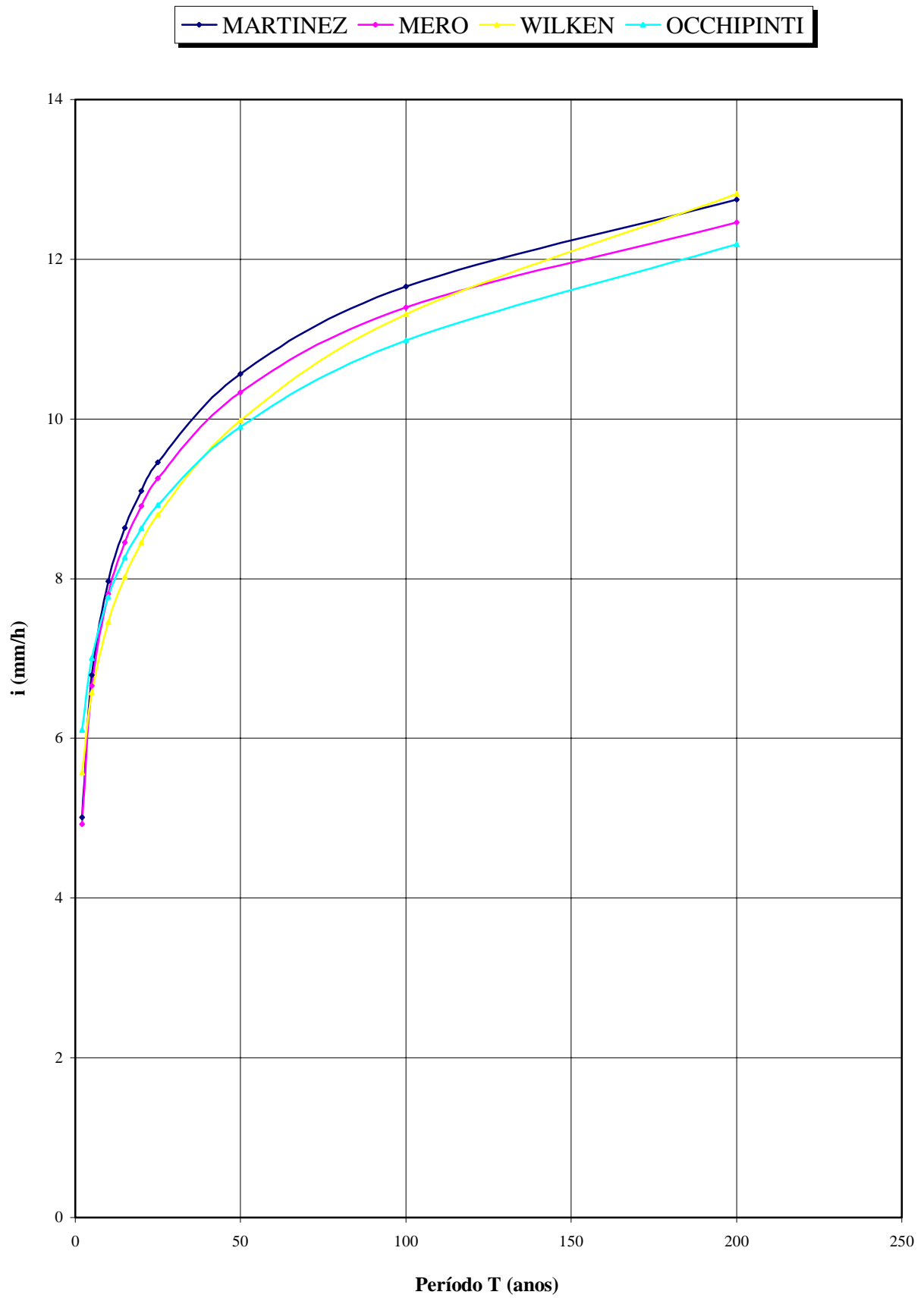


Figura 4.8 - SÃO PAULO: EQUAÇÕES PARA $t = 720$ MINUTOS

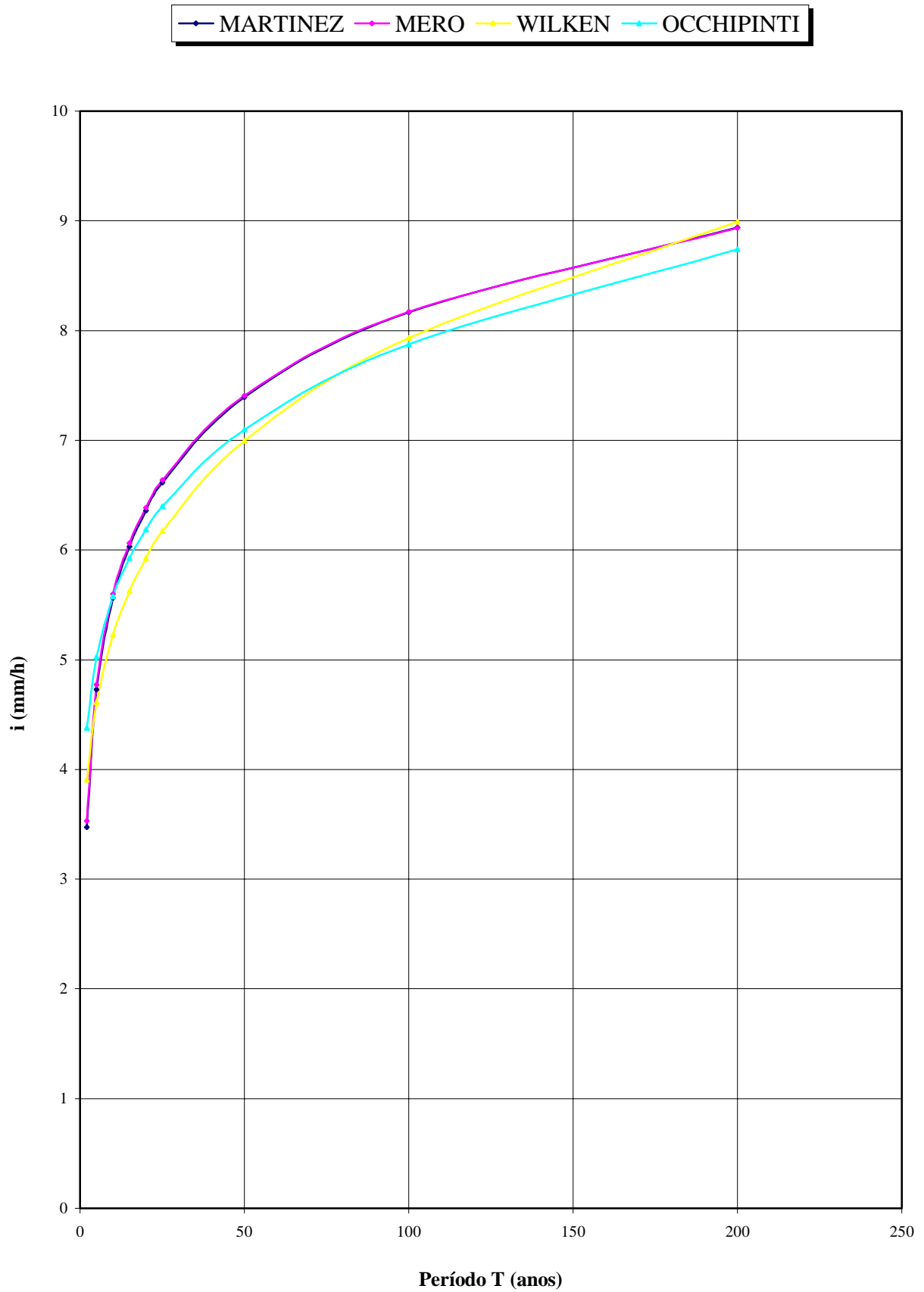


Figura 4.9 - SÃO PAULO: EQUAÇÕES PARA $t = 1080$ MINUTOS

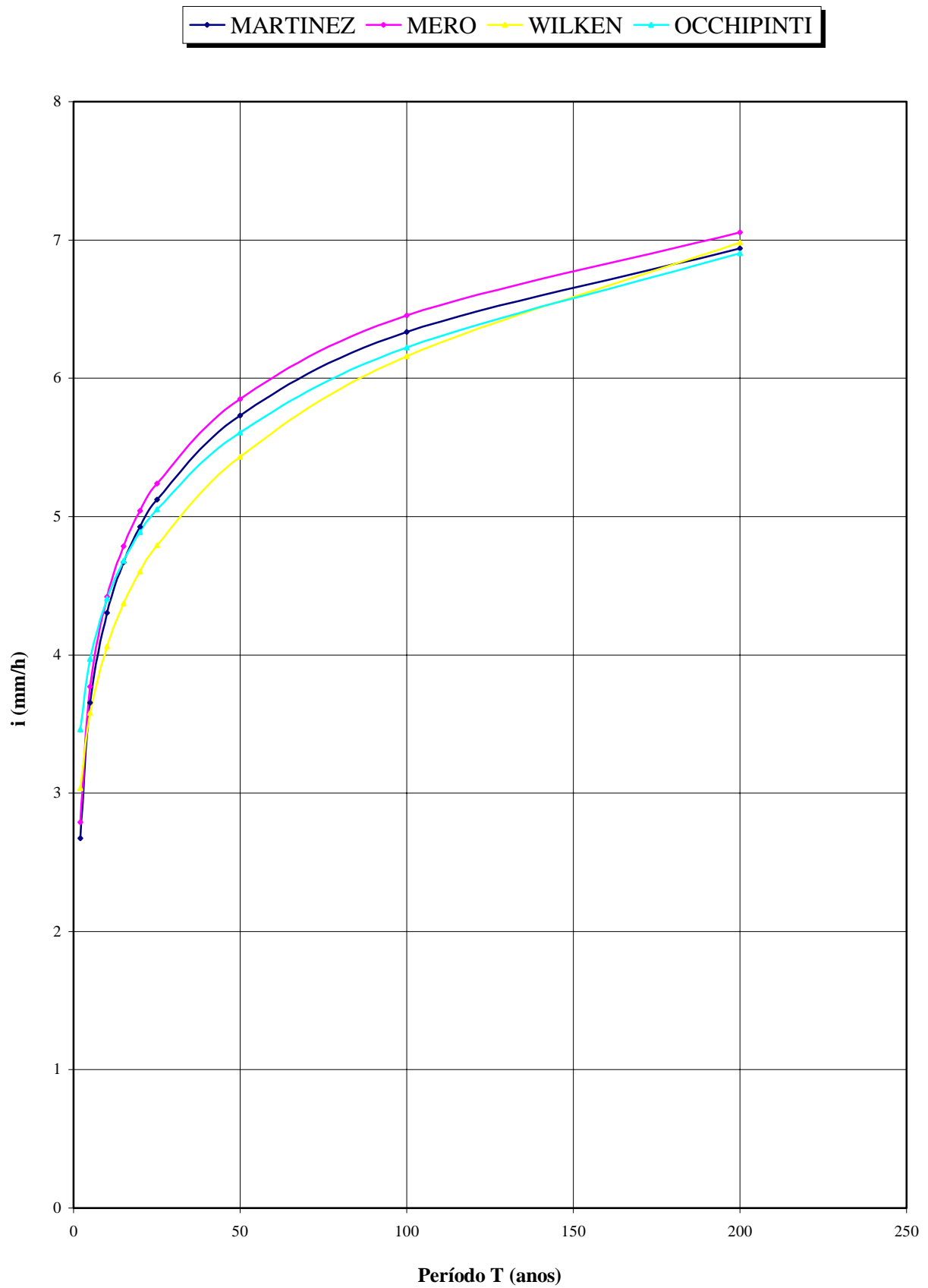


Figura 4.10 - SÃO PAULO: EQUAÇÕES PARA $t = 1440$ MINUTOS

5 CONCLUSÕES

Com as equações de chuvas intensas aqui elaboradas, que contemplaram postos pluviográficos localizados em 30 municípios, pode ser constatada a existência de equações para 53 postos pluviográficos, situados em 42 municípios do Estado de São Paulo (Figura 5.1), o que possibilita um bom conhecimento das relações intensidade – duração – frequência das precipitações intensas em território paulista.

De um modo geral, na efetivação do ajuste para a obtenção das expressões da média e do desvio-padrão, verificou-se que cada uma delas pode ser representada por uma única expressão matemática, o que justifica a adoção de uma única equação de chuvas intensas, válida para todas as durações de precipitações consideradas (entre 10 e 1440 minutos). Como exceções, foram constatados os postos pluviográficos localizados nos municípios de Araraquara e Iguape, nos quais foram nitidamente observados dois regimes distintos de chuvas, em função do seu tempo de duração; assim, nestes casos, foi necessário definir duas equações.

Para a maior parte dos postos pluviográficos estudados, considerando-se as extensas séries históricas de dados disponíveis, e, em função dos excelentes ajustes das intensidades das precipitações à distribuição de Gumbel, pode-se afirmar que não haverá a necessidade de elaborar novas equações, pois os valores previstos para as intensidades pluviométricas não deverão variar significativamente.

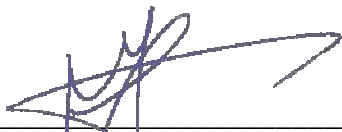
Para alguns poucos casos, em que a amostra considerada, ou seja a série histórica de dados é pouco extensa, recomenda-se, no futuro, a revisão das equações aqui formuladas. Pelo que foi observado neste estudo, pode-se definir uma amostra de 20 anos como suficiente para definir de forma consistente os valores da média e do desvio-padrão e, conseqüentemente, as equações de chuvas intensas. Assim, entre as equações que deverão ser futuramente revisadas, encontram-se as formuladas para as estações pluviográficas localizadas nos municípios de Iacri, Bragança Paulista e Piracicaba.

Com relação às localidades com postos pluviográficos aqui analisados e que já dispunham de equações anteriormente elaboradas, pode-se dizer que as equações apresentadas neste trabalho são mais adequadas para a previsão das intensidades de precipitações, visto que, além de

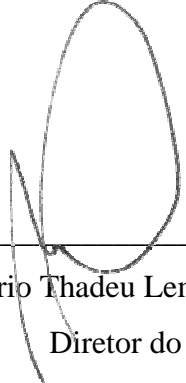
contemplarem uma série histórica significativamente mais longa, incorporam possíveis alterações havidas no regime de chuvas.

No caso do posto do IAG, localizado no Parque do Estado, na cidade de São Paulo, constatou-se que a equação de chuvas intensas formulada neste trabalho fornece valores de intensidades de precipitações próximos dos obtidos com as equações anteriormente elaboradas, particularmente em relação à equação determinada por Mero e Magni, em 1979, que utiliza a mesma formulação matemática. Este fato, corroborado pela extensão da série histórica de dados de chuvas disponíveis, com 65 anos, evidencia que, neste caso, não houve alteração no regime das precipitações intensas ao longo do período de observação.

São Paulo, 28 de Junho de 1999



Francisco Martinez Júnior
Coordenador do Estudo



Mario Thadeu Leme de Barros
Diretor do CTH



Figura 5.1 - Municípios com equações I-D-F no Estado de São Paulo

- 21 municípios com novas equações
- 9 municípios com equações atualizadas
- 12 municípios com equações anteriores

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBASSA, A.P. *Simulação do efeito da urbanização sobre a drenagem pluvial na cidade de São Carlos, SP.* Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento. São Carlos, 1991. 312p.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL de ÁGUAS e ENERGIA ELÉTRICA. COORDENAÇÃO GERAL de RECURSOS HÍDRICOS. *Inventário das estações pluviométricas.* Equipe técnica: Délio Fernandes; Dionísio Ferreira dos Santos; Marcos Vinícius Diniz Araújo /et al./ Brasília: DNAEE, 1996. 1v.

CHOW, Ven Te. A general formula for hydrologic frequency analysis. *TRANS. AMER. GEOPHYS. UNION*, v.32, 1951.

KITE, G.W. *Frequency and risk analysis in hydrology.* Fort Collins: Water Resources, 1977. 244p.

MERO, Félix; SALEMI FILHO, Alfredo; MAGNI, Nelson Luiz Goi & PAGNOCCHESCHI, Bruno. Análise das precipitações intensas na cidade de São Paulo. *COMUNICAÇÃO TÉCNICA. CENTRO TECNOLÓGICO de HIDRÁULICA*, São Paulo, n.7, 98p., 1979.

PORTO, Rubem La Laina; ZAHED FILHO, Kamel & ROBERTO, Alexandre Nunes. *Programa Computacional ABC5 WIN.* São Paulo: EPUSP, 1997.

PFAFSTETTER, Otto. *Chuvas intensas no Brasil: relação entre precipitação, duração e frequência de chuvas, registradas com pluviógrafos, em 98 postos meteorológicos.* 2^a. ed. Rio de Janeiro: DNOS, 1982. 426p.

SÃO PAULO (ESTADO). DEPARTAMENTO de ÁGUAS e ENERGIA ELÉTRICA. *Estudo de aproveitamento agrícola na planície aluvional do Rio Ribeira de Iguape.* São Paulo: DAEE/HIDROBRASILEIRA, 1975. v.2 (RP-2)

SÃO PAULO (ESTADO). DEPARTAMENTO de ÁGUAS e ENERGIA ELÉTRICA. CENTRO TECNOLÓGICO de HIDRÁULICA. *Precipitações intensas no Estado de São Paulo: apresentação prática das relações precipitação x duração x tempo de retorno obtidas para 11 cidades* /por/ Nelson Luiz Goi Magni /e/ Félix Mero. São Paulo: DAEE/CTH, 1982. 187p.

_____. _____. _____. *Precipitações intensas no Estado de São Paulo* /por/ Nelson Luiz Goi Magni /e/ Félix Mero. **BOL. CENTRO TECNOLÓGICO de HIDRÁULICA**, São Paulo, n.4, 95p., 1986.

SUDO, Hideo; RAO, Nandamudi Jagan Mohana; MARTINEZ JÚNIOR, Francisco et al. Análise intensidade-duração-frequência para Presidente Prudente, SP. **In: SIMPÓSIO BRASILEIRO de HIDROLOGIA e RECURSOS HÍDRICOS**, ABRH, 4º, Fortaleza, CE., 1981. **Anais.** Fortaleza, ABRH, 1981. v.1, p.387-402.

UNIVERSIDADE de SÃO PAULO. INSTITUTO ASTRONÔMICO e GEOFÍSICO. *Análise das máximas intensidades de chuvas na cidade de São Paulo* /por/ Antônio Garcia Occhipinti /e/ Paulo Marques dos Santos. São Paulo: IAG, 1965. 40p.

VIEIRA, D.B. Análise das máximas intensidades de chuvas na cidade de Campinas. **In: SIMPÓSIO BRASILEIRO de HIDROLOGIA e RECURSOS HÍDRICOS**, ABRH, 4º, Fortaleza, CE., 1981. **Anais.** Fortaleza: ABRH, 1981. v.1, p.375-386.

_____; **FERRÃO, A.M.A. & ZUFFO, A.C.** Estudo das máximas intensidades de chuva para a região de Piracicaba. **In: CONGRESSO NACIONAL de IRRIGAÇÃO e DRENAGEM**, 8º, ABID, Florianópolis, SC., 1988. **Anais.** Florianópolis, ABID, 1988. v.2, p.1085-1099.

WILKEN, Paulo Sampaio. *Engenharia de drenagem superficial.* São Paulo: CETESB, 1978. 478p.