

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

XII-005 – ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE EQUAÇÕES DE CHUVAS PARA A REGIÃO DE JOINVILLE - SC

Júlio César Xavier Simões⁽¹⁾

Acadêmico do Curso de Engenharia Civil, Bolsista PROBIC/UDESC

Centro de Ciências Tecnológicas – Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

Endereço⁽¹⁾: Rua Tenente Antonio João, 744 – Bom Retiro – Joinville – SC - CEP 89.222-400 (Residencial)**e-mail:** julio_simoed@bol.com.br**Doalcey Antunes Ramos⁽²⁾**

Professor, Engenheiro Civil (UFRJ), M.Sc. (COPPE), Ph.D. (Imperial College, Londres) Coordenador dos Laboratórios de Hidrologia e Hidráulica – Departamento de Eng. Civil – UDESC

Endereço⁽²⁾: Rua Sen. Felipe Schmidt, 362 Ap 204-B – Centro – Joinville – SC CEP 89.201-440 (Residencial)**e-mail:** dec2dar@joinville.udesc.br

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo a comparação entre equações de chuvas intensas para a região de Joinville, SC, obtidas a partir da análise de registros pluviográficos e dados pluviométricos verificados em uma estação automática e em um pluviômetro, ambos instalados junto à captação de águas do rio Cubatão. A estação automática vem registrando dados de chuvas desde 1997 e o pluviômetro possui registros desde 1987. Para efeito de comparação adicional as equações ajustadas são também comparadas com equações de chuvas existentes para Joinville, SC, deduzidas através do uso do coeficiente de desagregação de chuvas. Esta comparação tem como função verificar a validade de aplicação dos referidos coeficientes de desagregação para Joinville, mas, sobretudo para efeito de validação das equações desenvolvidas.

PALAVRAS-CHAVE: Equações de chuvas, Chuvas intensas.

INTRODUÇÃO

A necessidade de um estudo hidrológico pode ser estimulada por uma enorme gama de problemas de engenharia relacionados ao dimensionamento de obras hidráulicas, ao planejamento e aproveitamento dos recursos hídricos, e ao gerenciamento dos sistemas resultantes, seja nos aspectos quantitativos ou nos aspectos qualitativos. Em cada caso, a metodologia a ser utilizada é função das condições de contorno que se apresentam, e que são impostas pelo meio físico, pelos diversos tipos de recursos de que se dispõe, e pelos objetivos do estudo.

Em Joinville, SC, os projetos de micro-drenagem vêm sendo dimensionados utilizando-se equações de chuvas das cidades de São Francisco do Sul, SC, e de Paranaguá, Pr, por se acreditar que estas cidades possuam regime de chuvas semelhante ao de Joinville. Conforme demonstrado no trabalho de Negri e Ramos (2002), através da comparação de equações de chuvas desenvolvidas para Joinville com as equações de chuvas destas cidades, ficou claro que os projetos de drenagem urbana de Joinville precisam ser dimensionados com equações de chuvas que reflitam seu verdadeiro regime de chuvas.

Neste trabalho apresentamos mais equações de chuvas para Joinville, que serão comparadas com as equações publicadas por Negri e Ramos (2002), Nerillo et al (2002) e Back (2002). Com este estudo pretendemos demonstrar a

comunidade técnica de Joinville à validação das equações de chuvas ajustadas para a cidade.

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA

A estação utilizada neste estudo é uma estação meteorológica automática, operada pela Universidade do Estado de Santa Catarina, instalada junto à Estação de Captação de Água do Cubatão, ligada a CASAN, órgão estadual de saneamento, localizada no distrito de Pirabeiraba. Sua latitude é de 26°10'48" S, longitude 48°56'22" W e altitude de 0 m. Localiza-se no pé da Serra Dona Francisca às margens do Rio Bonito e é uma região caracterizada pela presença de chuvas orográficas. Ao lado desta estação automática existe um pluviômetro cujos dados serão utilizados para comparação com a estação automática.

ESTABELECIMENTO DAS SÉRIES ANUAIS A PARTIR DOS PLUVIOGRAMAS

O critério adotado para o estabelecimento das séries históricas foi o das séries anuais, que consiste em estabelecer as séries de intensidades de precipitações com as máximas observadas em cada ano, desprezando-se os demais valores, mesmo que estes sejam superiores às máximas dos demais anos.

Para a estação automática obtivemos a seguinte série de intensidades máximas anuais:

Tabela 1 - Máximas Intensidades Pluviométricas Anuais

Máximas Intensidades Pluviométricas Anuais em mm/min						
Anos	Duração em Minutos					
	5	10	15	20	30	60
1997	1,80	1,70	1,53	1,50	1,43	1,38
1998	1,70	1,18	1,05	1,04	0,86	0,50
1999	1,90	1,70	1,40	1,35	1,26	1,08
2000	1,98	1,41	1,20	0,97	0,73	0,40
2001	2,14	1,55	1,47	1,38	1,18	0,88

ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS INTENSIDADES DE PRECIPITAÇÕES

Existem várias distribuições probabilísticas que podem ser usadas em estudos de chuvas intensas, como a distribuição Log-Normal, distribuição de Pearson, Log-Pearson e a distribuição de extremos tipo I, também chamada de Gumbel.

Para chuvas intensas, existem vários trabalhos mostrando que a distribuição de Gumbel se ajusta bem e, por isso, tem sido largamente empregada. Para a sua aplicação, é indispensável ter uma série de máximos valores anuais (Back, 2002).

RELAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQÜÊNCIA (RELAÇÕES IDF)

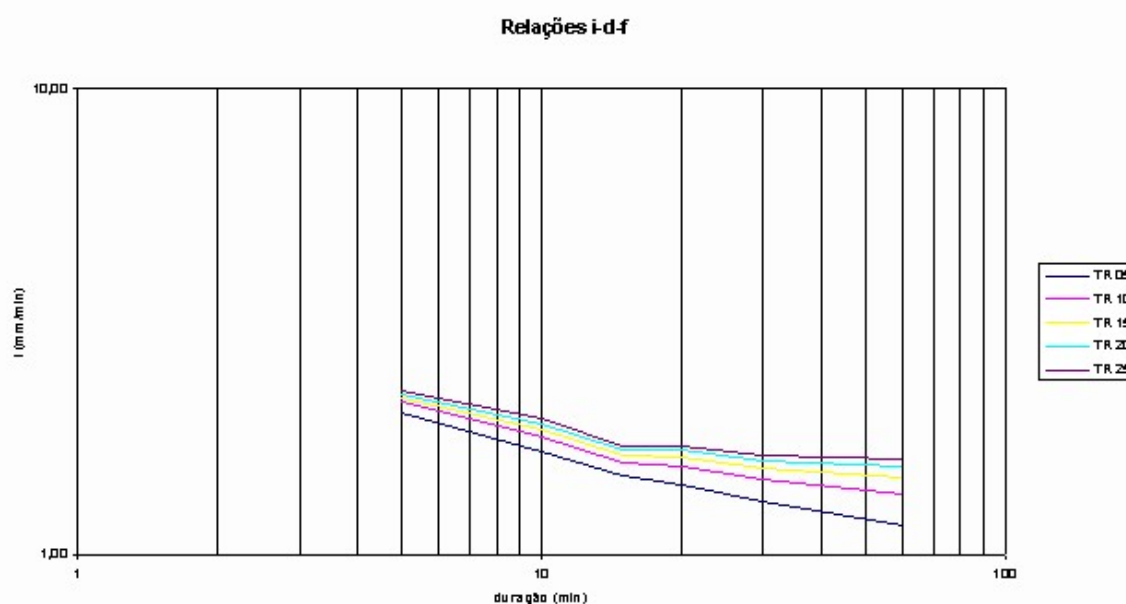
Analizando os dados de precipitação observa-se que, quanto maior a duração da chuva, menor é a sua intensidade. Também se observa que os maiores valores de intensidade são menos freqüentes. Estas relações podem ser traduzidas por curvas de intensidade-duração com determinada freqüência (curvas IDF).

Para obtenção dos dados de intensidade de chuva para curtas durações, foram analisados os pluviogramas da estação automática da Casan, separando as intensidades em durações de 5, 10, 15, 20, 30 e 60 minutos. Aplicando-se a distribuição de Gumbel para cada duração estudada, pode-se obter a chuva estimada com diferentes períodos de retorno (relações IDF), conforme mostram a tabela 2 e a figura 1.

Tabela 2 - Intensidades máximas estimadas pelo método de Gumbel

T (anos)	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	1 hora
2	1,88	1,47	1,31	1,21	1,07	0,85
5	2,03	1,67	1,47	1,41	1,30	1,15
10	2,12	1,79	1,58	1,55	1,45	1,35
15	2,18	1,87	1,64	1,62	1,54	1,46
20	2,22	1,92	1,69	1,68	1,60	1,54
25	2,25	1,96	1,72	1,72	1,64	1,60

Figura 1 – Relações IDF – Estação Automática da Casan



EQUAÇÕES DE CHUVAS A PARTIR DOS DADOS PLUVIOGRÁFICOS

As relações IDF podem ser expressas por equações genéricas que relacionam os três aspectos da chuva, intensidade-duração-frequência, do tipo:

$$i = \frac{C}{(t + b)^n} \quad (1)$$

em que

i = intensidade média máxima de chuva, em mm/min;

C = é função do período de retorno T , em anos;

t = duração da chuva, em minutos;

b, n = parâmetros da equação determinados para cada local.

Vários ajustes foram testados para obtenção dos parâmetros C , b e n . A seguir são apresentados os ajustes mais relevantes.

O primeiro ajuste foi realizado segundo metodologia apresentada por Back (2002). O parâmetro C é dado pela equação seguinte:

$$C = KT^m \quad (2)$$

onde:

K e m = são parâmetros do local;

T = período de retorno, em anos.

Aplicando-se análise de regressão linear por transformação tem-se:

$$\log i = \log C - n \log(t+b) \quad (3)$$

$$Y = A + BX \quad (4)$$

onde:

$$Y = \log I; \quad (5)$$

$$A = \log C; \quad (6)$$

$$B = -n; \quad (7)$$

$$X = \log(t+b) \quad (8)$$

Para estimar o valor de b pode-se realizar regressões entre a intensidade de chuva com dado período de retorno (normalmente $T=10$ anos) e os valores $(t+b)$ para diferentes valores de b , obtendo-se assim, por tentativas, o valor de b que resultar no maior valor de R^2 .

Para a estação em estudo, chegou-se a um valor de b igual a (-4) , que apresentou o maior coeficiente de correlação $R^2 = 0,9861$.

Para estabelecer o valor da equação 2 utiliza-se novamente a regressão linear por transformação utilizando-se da equação 3.

Com os dados obtidos das curvas $\log i \times \log(t+b)$ obtemos a tabela 3 a seguir:

Tabela 3 - Valores de C e n

T	C	n	R^2
2	1,9853	0,1918	0,9621
5	2,0683	0,1409	0,988
10	2,1374	0,1159	0,9861
15	2,1787	0,1037	0,9749
20	2,2085	0,0959	0,9619
25	2,2318	0,0902	0,9485
50	2,3053	0,0742	0,8853
75	2,349	0,0659	0,8309
100	2,3804	0,0604	0,7837

Traçando-se a curva $\log T \times \log C$, obtém-se os valores de C e m , respectivamente iguais a 1,9206 e 0,0466 com $R^2=0,9999$.

Considerando-se n como a média dos valores obtidos, estima-se $n=0,1043$.

A equação de chuvas intensas, para i em mm/min, pode então ser escrita da seguinte forma:

$$i = \frac{1,9206 T^{0,0466}}{(t - 4)^{0,1043}} \quad (9)$$

Rigitano e Zuccolo (1980) propõem uma outra forma de se ajustar o parâmetro n , conforme a relação a seguir, obtida por regressão linear a partir das relações $T \times n$, da tabela 3:

$$n = 0,289T^{-0,2898} \quad (10)$$

A equação de chuvas, para i em mm/min, pode então ser escrita da seguinte forma:

$$i = \frac{1,9206 T^{0,0466}}{(t - 4)^{0,2289T^{-0,2898}}} \quad (11)$$

As figuras 2 e 3 ilustram as curvas IDF baseadas nos resultados das equações 9 e 11.

Figura 2 – Relações IDF – Estação Casan Automática (Equação 9)

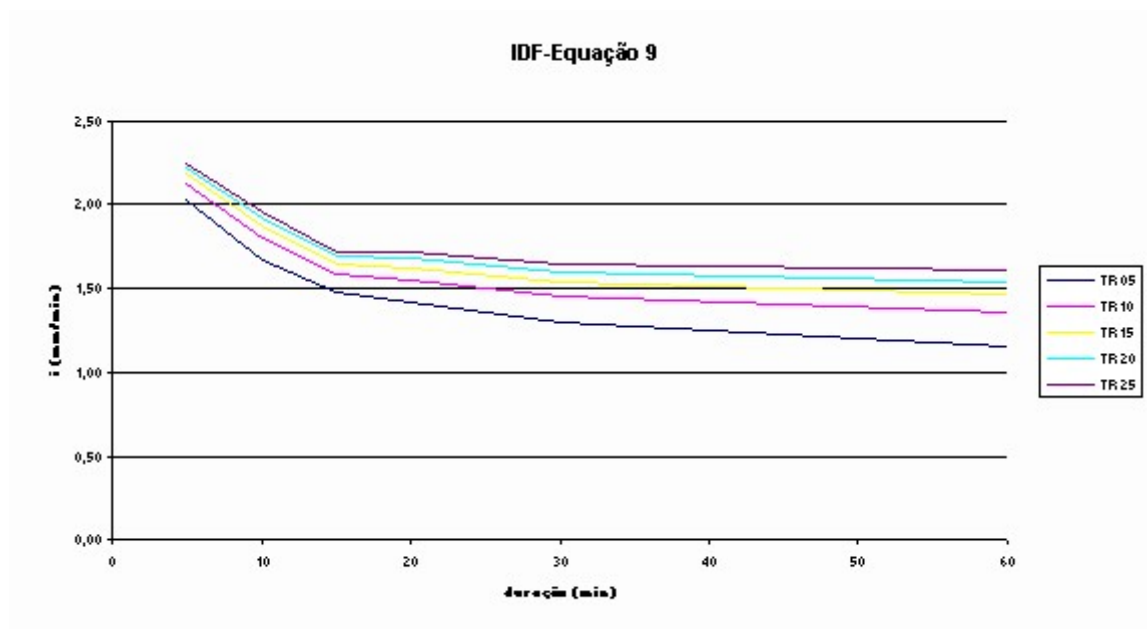
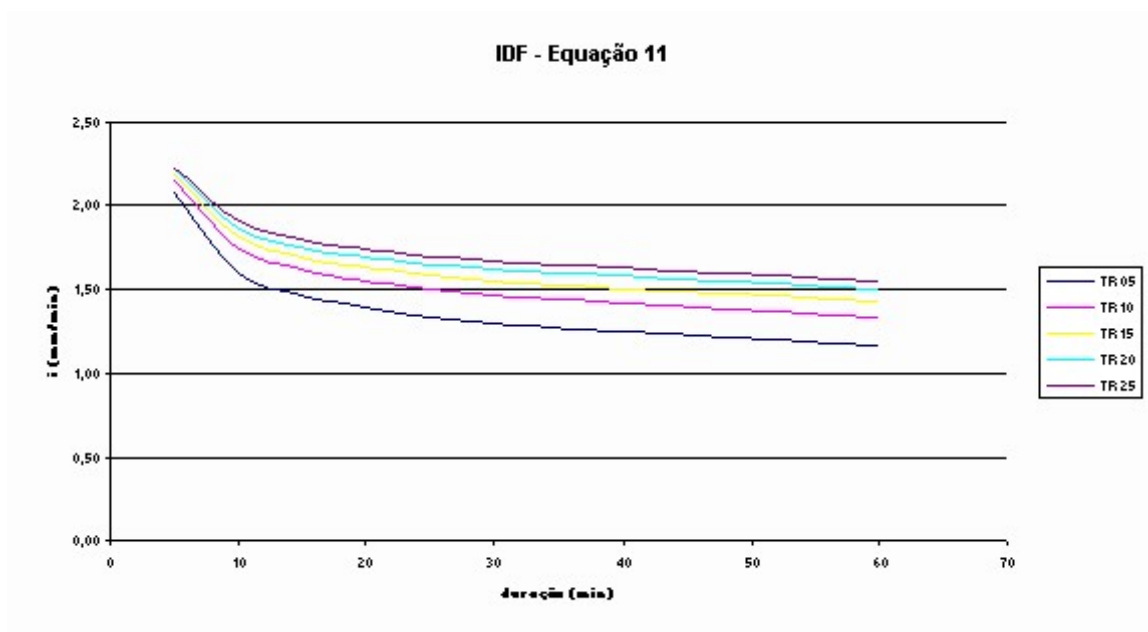


Figura 3 – Relações IDF – Estação Casan Automática (Equação 11)



O terceiro ajuste tentado foi feito escolhendo-se não um único b , mas fazendo com que o parâmetro b varie de acordo com o período de retorno (T). Na tabela 4 são apresentados os parâmetros obtidos através de gráficos $\text{Log}(t+b) \times \text{Log}(i)$.

Tabela 4 - Parâmetros C , n e b

T	C	n	R^2	b
5	2,2831	-0,17	0,9971	-3,00
10	2,1766	-0,1214	0,9866	-3,80
15	2,16	-0,1011	0,9752	-4,10
20	2,1533	-0,0881	0,964	-4,30
25	2,1383	-0,077	0,9531	-4,50

Aplicando-se o método dos mínimos quadrados nos parâmetros da tabela 4 chegamos às seguintes equações:

a. ajuste logarítmico

$$C = -0,0862 \ln(T) + 2,4036 \quad (12)$$

$$n = -0,0573 \ln(T) + 0,2587 \quad (13)$$

$$b = -0,9156 \ln(T) - 1,5898 \quad (14)$$

b. ajuste exponencial

$$C = 0,0006T^2 - 0,228T + 2,3726 \quad (15)$$

$$n = 0,0002T^2 - 0,0114T + 0,2185 \quad (16)$$

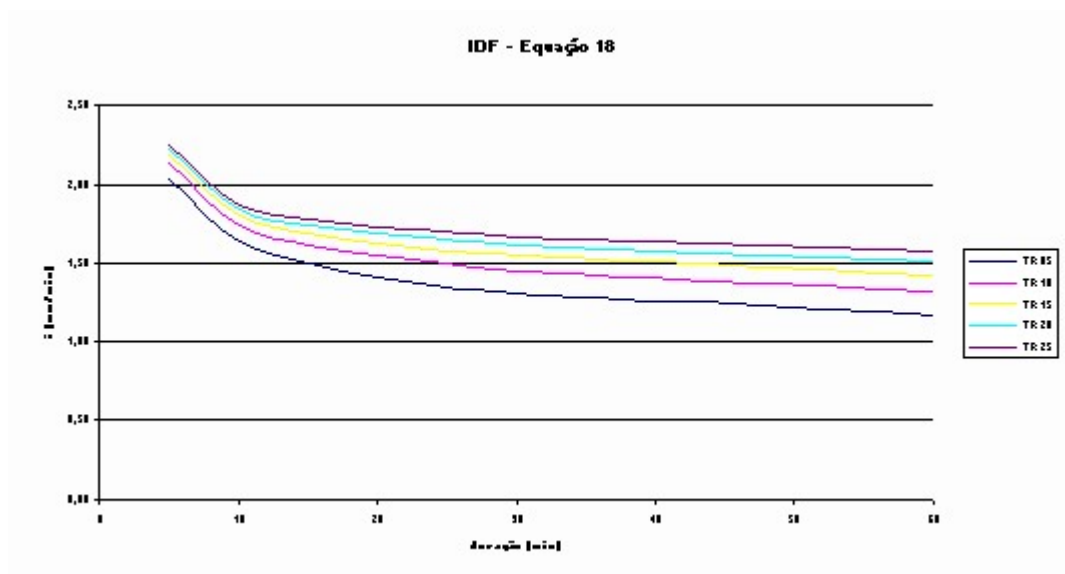
$$b = 0,0037T^2 - 0,1814T - 2,24 \quad (17)$$

Substituindo as equações de 12 a 17 na equação 1 obtemos as seguintes equações de chuvas:

a. ajuste logarítmico

$$i = \frac{-0,0862 \ln(T) + 2,4036}{[t + (-0,9156 \ln(T) - 1,5898)]^{-0,0573 \ln(T) + 0,2587}} \quad (18)$$

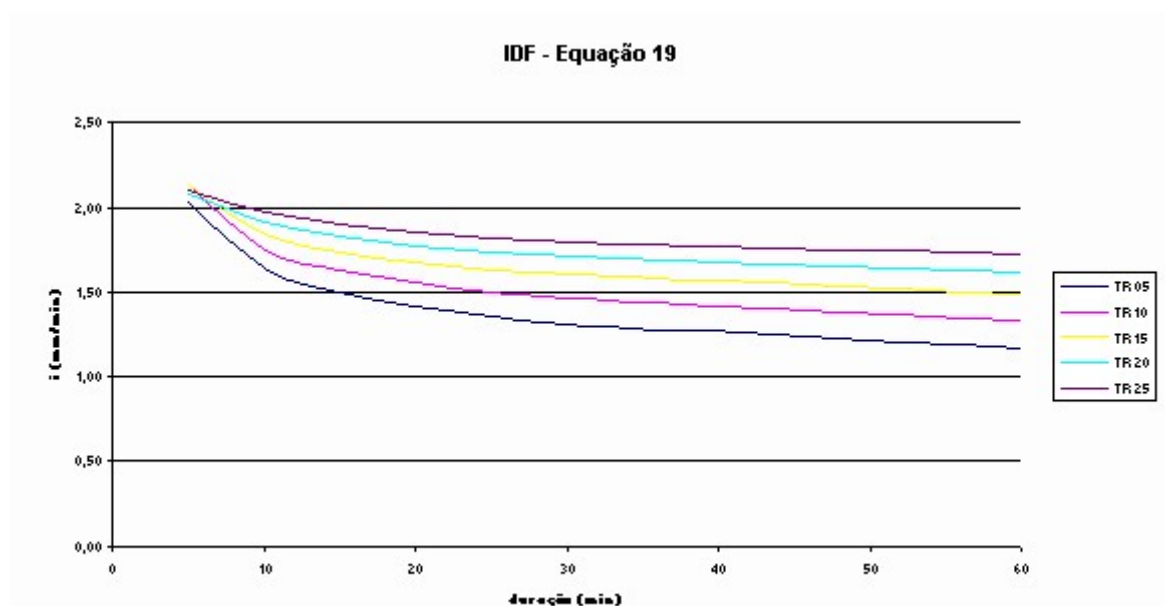
Figura 4 – Relações IDF – Estação Casan Automática (Equação 18)



b. ajuste exponencial

$$i = \frac{0,0006 T^2 - 0,0228 T + 2,3726}{\left[t + \left(0,0037 T^2 - 0,1814 T - 2,24 \right) \right] \left(+ 0,0002 T^2 - 0,0114 T + 0,2185 \right)} \quad (19)$$

Figura 5 – Relações IDF – Estação Casan Automática (Equação 19)



EQUAÇÕES DE CHUVAS COM USO DO COEFICIENTE DE DESAGREGAÇÃO

Esse método baseia-se em duas características observadas nas relações IDF correspondentes a postos localizados em diversas partes do mundo: a) existe a tendência das curvas de probabilidade de diferentes durações manterem-se paralelas entre si; e b) para diferentes locais, existe uma grande similaridade nas relações entre intensidades médias máximas de diferentes durações. Logo, o método consiste em encontrar as relações entre chuvas de durações diferentes sempre tomando uma como base (máxima diária). Os coeficientes de desagregação de chuvas médios do Brasil são

apresentados em. DAEE/CETESB (1986). Essas relações para o Brasil foram tabeladas e são utilizadas nos casos de não existirem dados pluviográficos (Negri e Ramos, 2002). Silveira (2000) apresenta uma equação deduzida com base nesses coeficientes de desagregação tabelados e que é de grande utilidade para fins computacionais. A equação é:

$$C_{24}(t) = e^{1,5 \ln\left(\frac{24t}{7,3}\right)} \quad (20)$$

Onde $C_{24}(t)$ é o coeficiente direto de desagregação que se deve multiplicar por uma chuva máxima de 24 horas de duração para convertê-la em uma chuva de t minutos de duração.

Utilizando as relações entre precipitações de diferentes durações, foram determinadas as alturas das precipitações com duração de 5, 10, 15 20, 25, 30 e 60 minutos. Essas alturas foram transformadas em intensidades de precipitações. Na tabela 5 são apresentados os valores da série histórica de máximas alturas diárias e na tabela 6 são apresentadas as intensidades de chuvas obtidas com o uso da equação de Silveira (2000) e aplicação da distribuição de Gumbel.

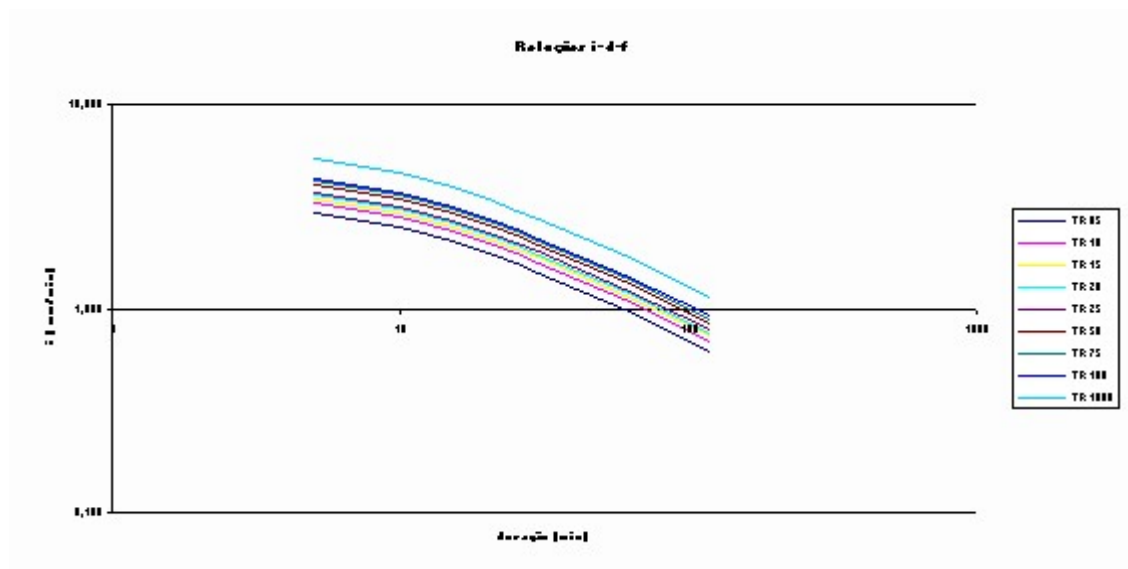
Tabela 5 – Série histórica de alturas máximas de chuva

Altura Máxima Anual	
ano	h (mm)
1997	123,4
1998	100,7
1999	97,9
2000	73,7
2001	135,5

Tabela 6 – Intensidades máximas de chuva

T (anos)	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	1 hora	2 horas
5	2,915	2,494	2,121	1,851	1,649	1,493	0,986	0,623
10	3,247	2,778	2,362	2,061	1,837	1,662	1,098	0,694
15	3,434	2,938	2,498	2,180	1,943	1,758	1,161	0,734
20	3,565	3,050	2,594	2,263	2,017	1,825	1,205	0,762
25	3,666	3,137	2,667	2,328	2,074	1,877	1,240	0,784
50	3,977	3,403	2,894	2,525	2,250	2,036	1,345	0,850
75	4,158	3,558	3,025	2,640	2,352	2,129	1,406	0,889
100	4,286	3,667	3,118	2,721	2,424	2,194	1,449	0,916

Figura 6 – Relações IDF – Estação Automática Casan



No gráfico da figura 6 foram lançadas em coordenadas logarítmicas as séries das intensidades médias máximas (i) em função do intervalo de duração t , unindo-se por uma família de curvas os valores com o mesmo período de retorno. A análise do gráfico da figura 6 permite as seguintes observações:

1. Para cada período de retorno T determinado, a intensidade máxima decresce quando o intervalo de t cresce.
2. A família de curvas das relações IDF apresenta curvaturas finitas com concavidade voltada para baixo.

Tendo como base essas observações, é possível transformar essas curvas em retas. Por tentativas chegamos ao valor de $b=15$ que permite a anamorfose.

Conhecido o valor de b , a equação 3 pode ser apresentada na forma:

$$\log i = \log C - n \log(t+15) \quad (21)$$

que é a equação geral das retas de ajuste pelos valores intensidade-duração e correspondentes a diferentes freqüências. A fim de determinar o parâmetro angular n e o parâmetro linear C para cada reta, procedeu-se o ajustamento, pelo método dos mínimos quadrados, dos valores intensidade-duração correspondentes ao período de retorno da referida reta.

Na tabela 7 são apresentados para cada período de retorno, os valores dos parâmetros angular n e linear C .

Tabela 5 - Parâmetros C e n

T	C	n
5	33,95	-0,8715
10	37,815	-0,8715
15	39,995	-0,8715
20	41,522	-0,8715
25	42,698	-0,8715
50	46,321	-0,8715
75	48,426	-0,8715
100	49,917	-0,8715

Aplicando-se o método dos mínimos quadrados aos valores de C na tabela 7 obtivemos as seguintes equações:

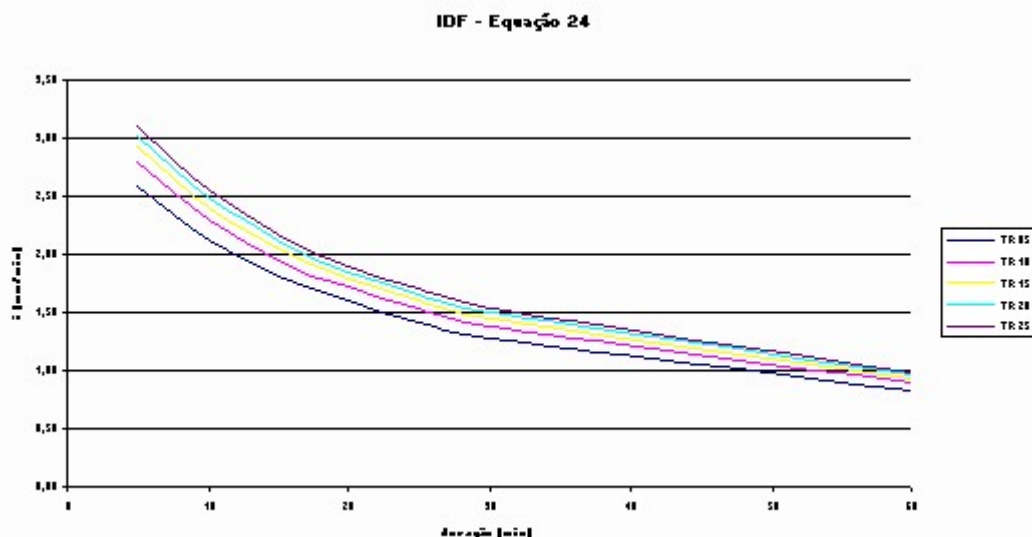
$$\text{Ajuste de potência: } C = 29,43 T^{0,1117} \quad (22)$$

$$\text{Ajuste logarítimo: } C = 5,2374 \ln(T) + 25,758 \quad (23)$$

Substituindo o valor de C e n na equação 1 temos as seguintes equações de chuvas, para i em mm/min:

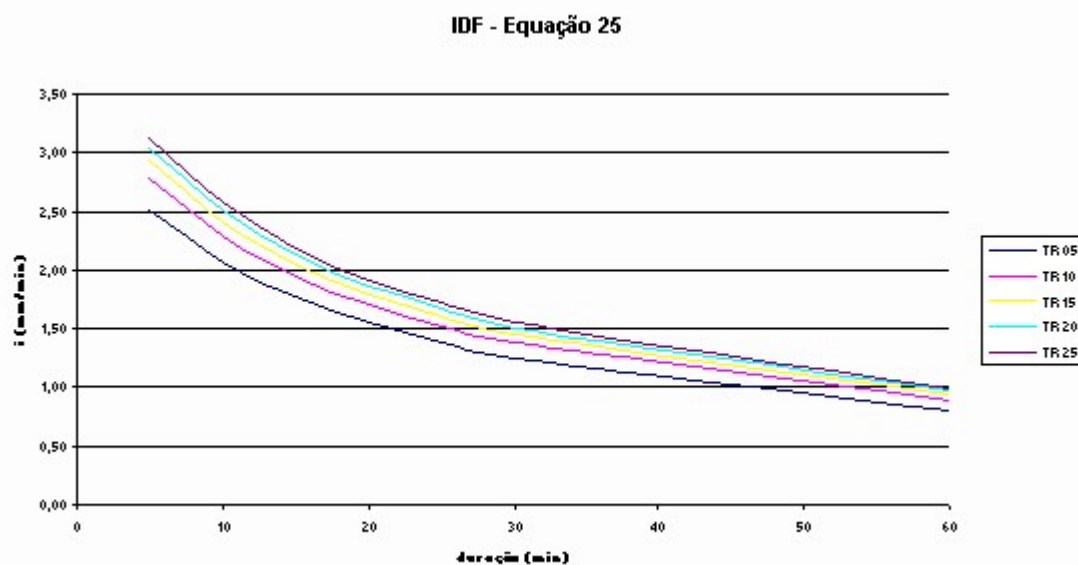
$$\text{Ajuste de potência: } i = \frac{29,43 T^{0,1117}}{(t+15)^{0,8715}} \quad (24)$$

Figura 7 – Relações IDF – Estação Casan Automática (Equação 24)



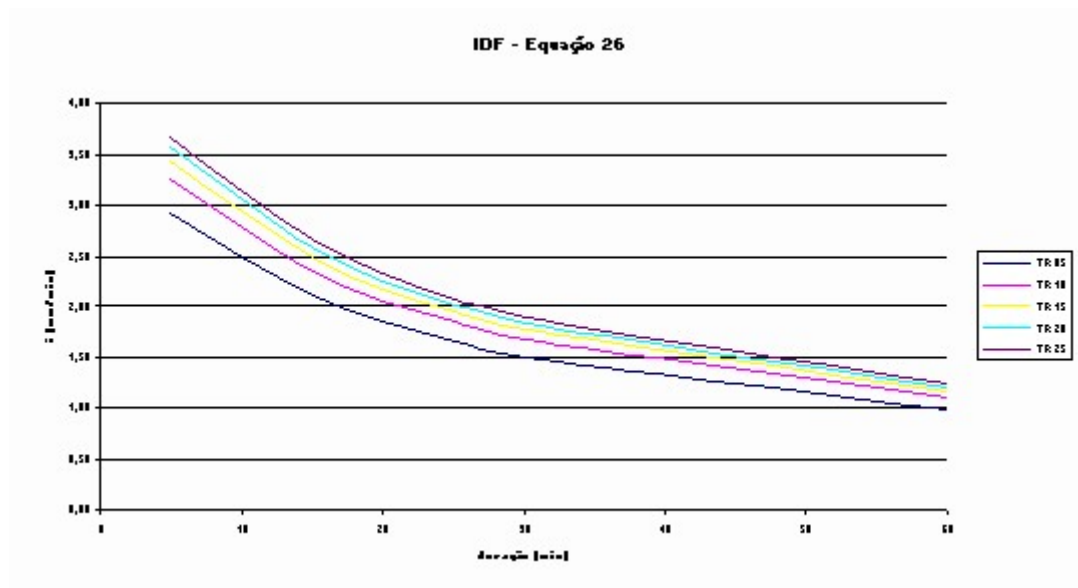
$$\text{Ajuste logarítmico: } i = \frac{[5,2374 \ln(T) + 25,758]}{(t+15)^{0,8715}} \quad (25)$$

Figura 8 – Relações IDF – Estação Casan Automática (Equação 25)



Ainda é possível obter-se a equação de chuvas no seguinte formato, utilizando-se a equação de Silveira (2000) e os parâmetros da distribuição de Gumbel:

$$i = \frac{1,14 e^{\frac{1,5 \ln\left(\frac{\ln t}{7,3}\right)}}}{t} \left[95,403 + 18,735 \left(-\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right) \right] \quad (26)$$

Figura 9 – Relações IDF – Estação Casan Automática (Equação 26)

EQUAÇÕES DE CHUVAS EXISTENTES PARA JOINVILLE

Para realizar comparações entre as equações ajustadas no presente trabalho, foram pesquisadas equações de chuvas já previamente desenvolvidas para a região de Joinville.

Para a estação da Casan já haviam sido desenvolvidas por Negri e Ramos (2002) equações de chuvas com base em dados coletados em uma estação pluviométrica instalada ao lado da estação automática objeto deste estudo.

As equações, para i em mm/ min, são:

$$i = \frac{e^{\frac{1,5 \ln\left(\frac{\ln t}{7,3}\right) \left[111,26 + 22,57 \left(-\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{Tr} \right) \right) \right) \right]}}{t} \quad (27)$$

$$i = \frac{[4,929 \ln(Tr) + 21,762]}{(t + 14)^{0,7819}} \quad (28)$$

$$i = \frac{23,561 Tr^{0,1408}}{(t + 14)^{0,7819}} \quad (29)$$

Negri e Ramos (2002) também apresentam equações de chuvas referente a dados pluviométricos coletados em uma estação meteorológica instalada no Campus Universitário, e operada em conjunto pela Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc) e pela Universidade da Região de Joinville (Univille). As equações, com i em mm/ min, são:

$$i = \frac{e^{\frac{1,5 \ln\left(\frac{\ln t}{7,3}\right) \left[96,67 + 25,38 \left(-\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{Tr} \right) \right) \right) \right]}}{t} \quad (30)$$

$$i = \frac{[5,4489 \ln(Tr) + 18,241]}{(t + 13,6)^{0,779}} \quad (31)$$

$$i = \frac{20,503 Tr^{0,166}}{(t + 13,6)^{0,779}} \quad (32)$$

Back (2002) apresenta uma equação de chuvas para Joinville, referente à estação pluviométrica cujo código da Agência Nacional de Águas (ANA) é 02649060, para i em mm/h:

$$i = \frac{695,7 T^{0,2972}}{(t + 7,7)^{0,6546}} \quad (33)$$

Nerilo et alli (2002) apresenta as relações IDF para Joinville (Estação RVPSC) apresentadas na tabela 8 a seguir:

Tabela 6 – Relações IDF – Estação RVPSC

t/T	5	10	20	50	100
5	2,77	3,41	4,02	4,90	5,50
10	2,1983	2,71	3,19	3,89	4,37
15	1,9000	2,34	2,76	3,36	3,78
20	1,6483	2,03	2,40	2,92	3,28
25	1,4817	1,82	2,15	2,62	2,95
30	1,3567	1,67	1,97	2,40	2,70
60	0,9167	1,13	1,33	1,62	1,82

Com base nos dados da tabela 8 e seguindo o método dos mínimos quadrados desenvolvemos as seguintes equações para a referida estação, i em mm/ min:

- a. ajuste de potência

$$i = \frac{10,844 T^{0,2277}}{(t + 8)^{0,6644}} \quad (34)$$

- b. ajuste logarítmico

$$i = \frac{5,0097 \ln(T) + 7,098}{(t + 8)^{0,6644}} \quad (35)$$

COMPARAÇÃO ENTRE AS DIVERSAS EQUAÇÕES DE CHUVAS PARA JOINVILLE

São apresentados a seguir gráficos com as curvas intensidade-duração-frequência para as diversas equações existentes, comparando sempre as equações com o mesmo tipo de ajuste.

- a. Comparação pontual, para períodos de retorno de 5 e 25 anos, entre as equações de chuvas da Estação Casan Automática e Estação Casan Pluviômetro (figuras 10 e 11).

Figura 10 – Comparação Pontual: Estação Casan Automática x Casan Pluviômetro (T=05 anos)

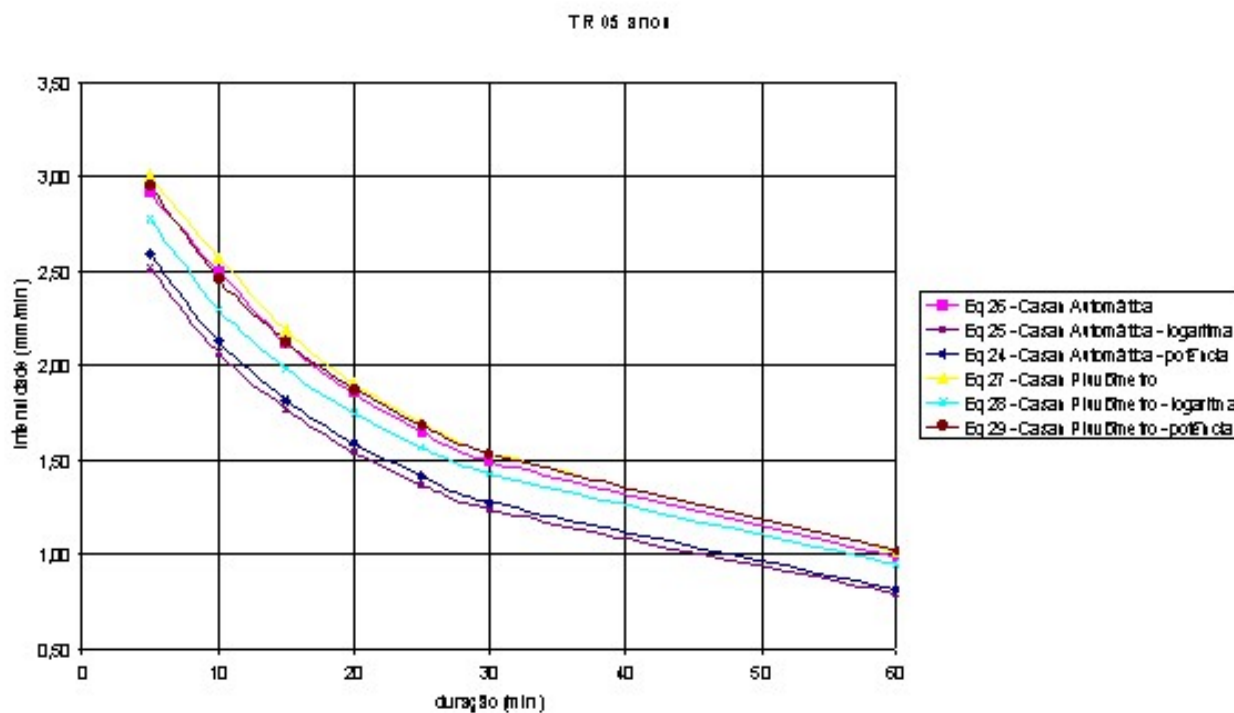
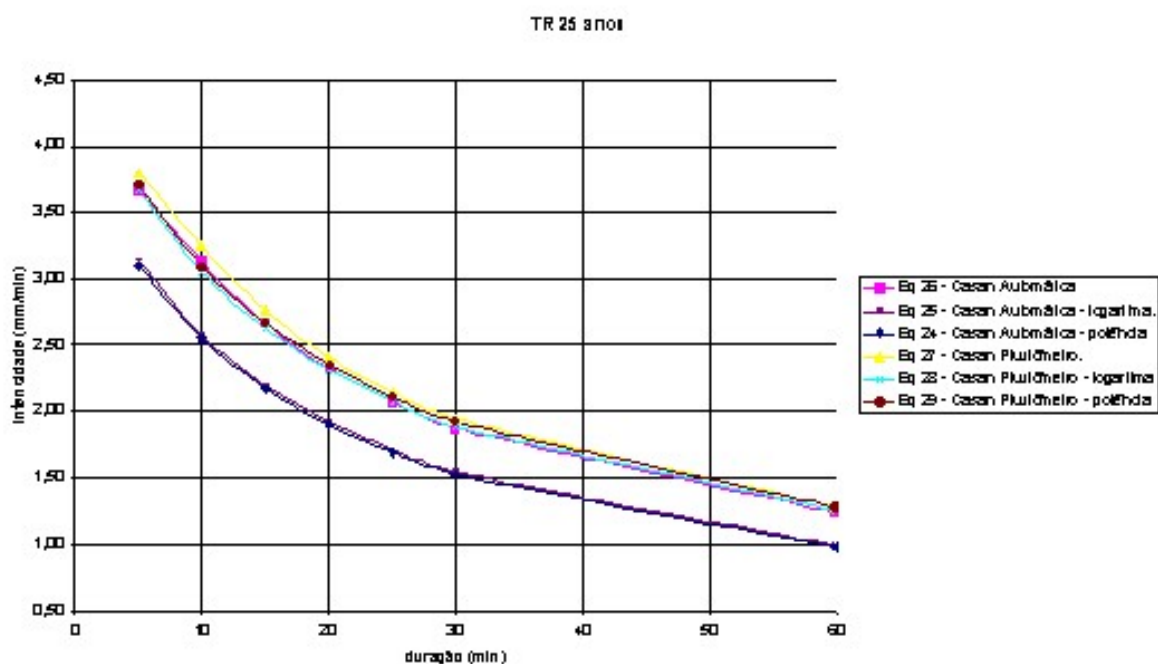


Figura 11 – Comparação Pontual: Estação Casan Automática x Casan Pluviômetro (T=25 anos)



- a. Comparação entre as equações de diversas estações (equações 26, 27, 30 e 18), para períodos de retorno de 5 e 25 anos (figuras 12 e 13).

Figura 12 – Comparação entre diversas estações (T=05 anos)

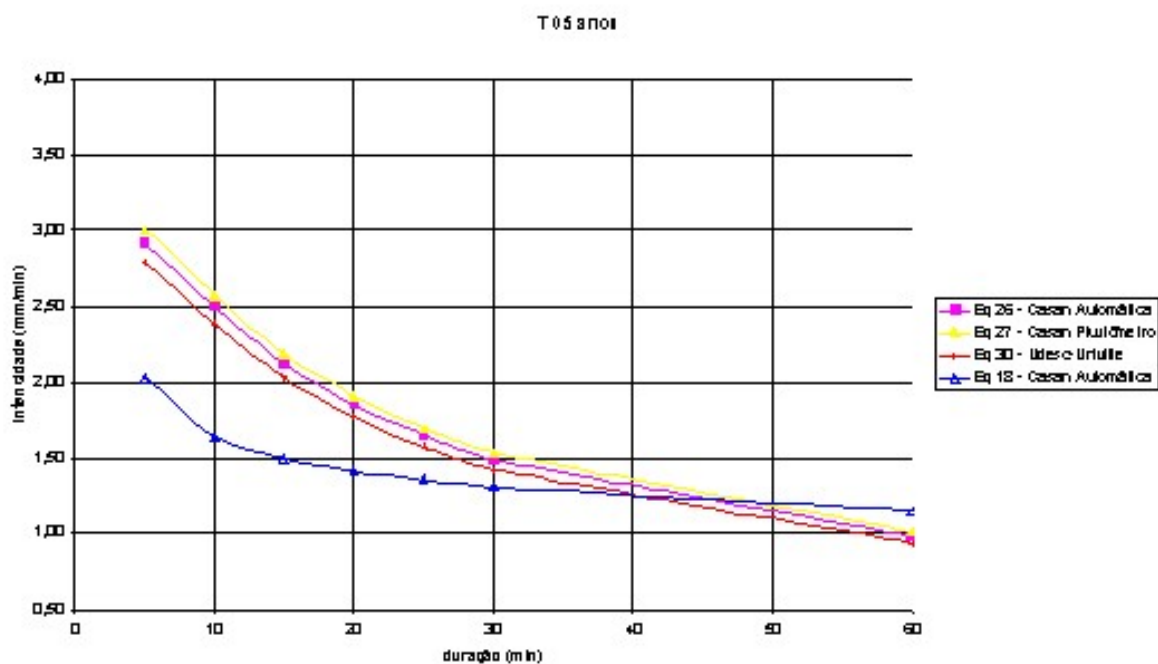
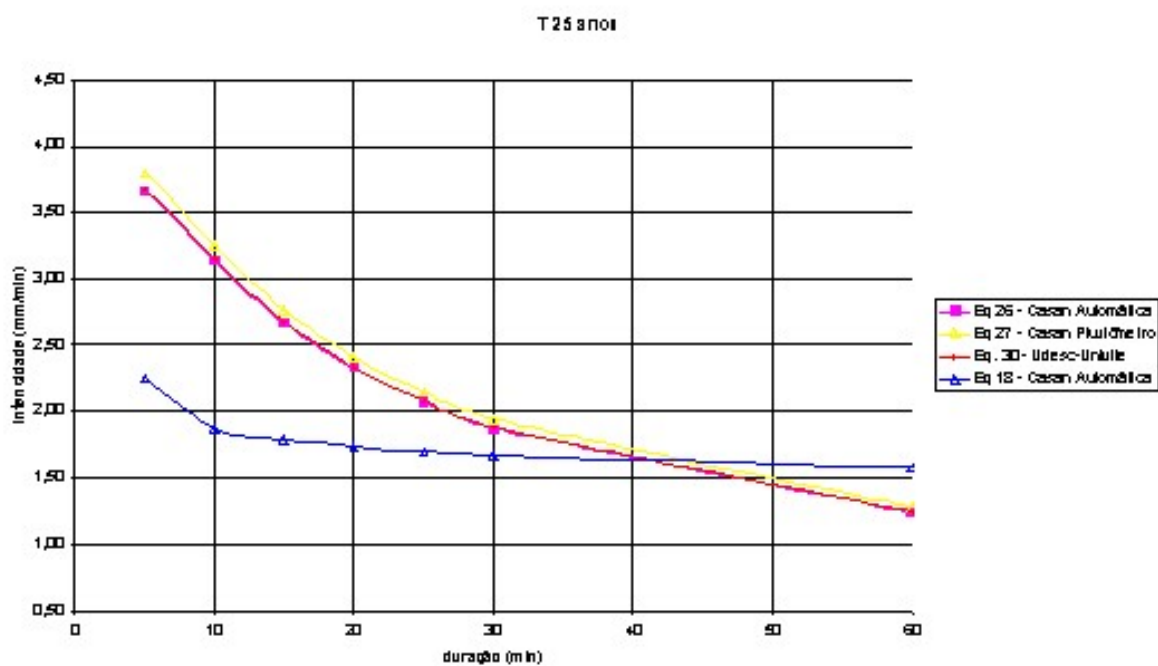


Figura 13 – Comparação entre diversas estações (T=25 anos)



- a. Comparação entre as equações de diversas estações (equações 25, 28, 31, 35 e 18 – Ajuste logarítmico), para períodos de retorno de 5 e 25 anos (figuras 14 e 15).

Figura 14 – Comparação entre diversas estações – Ajuste Logarítmico (T=05 anos)

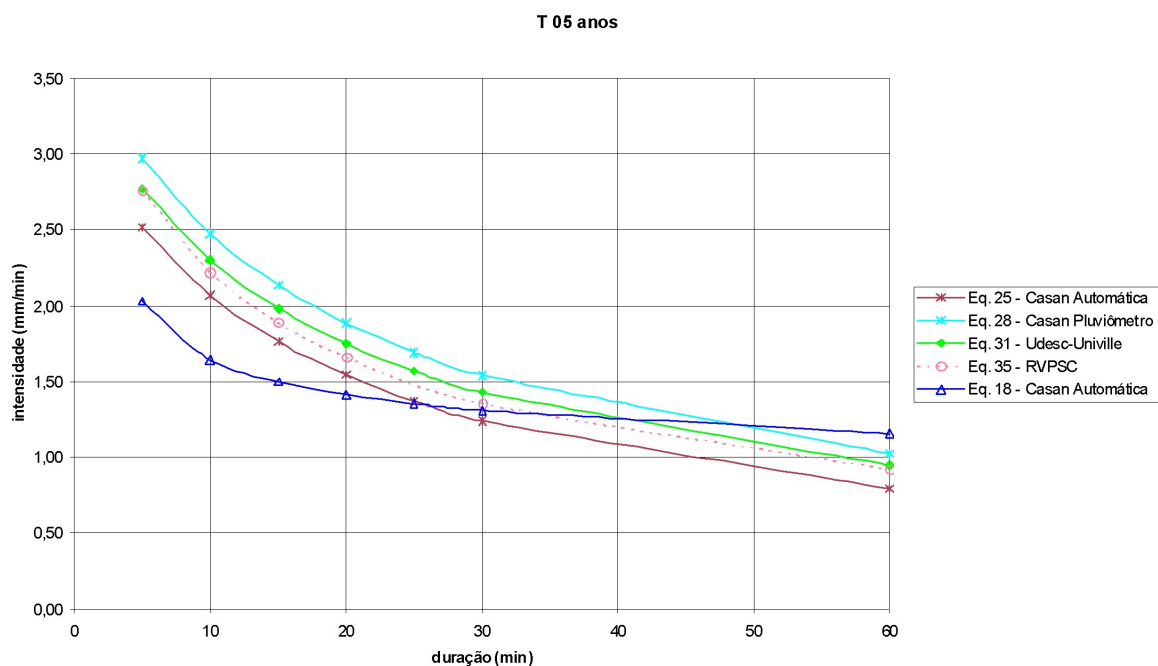
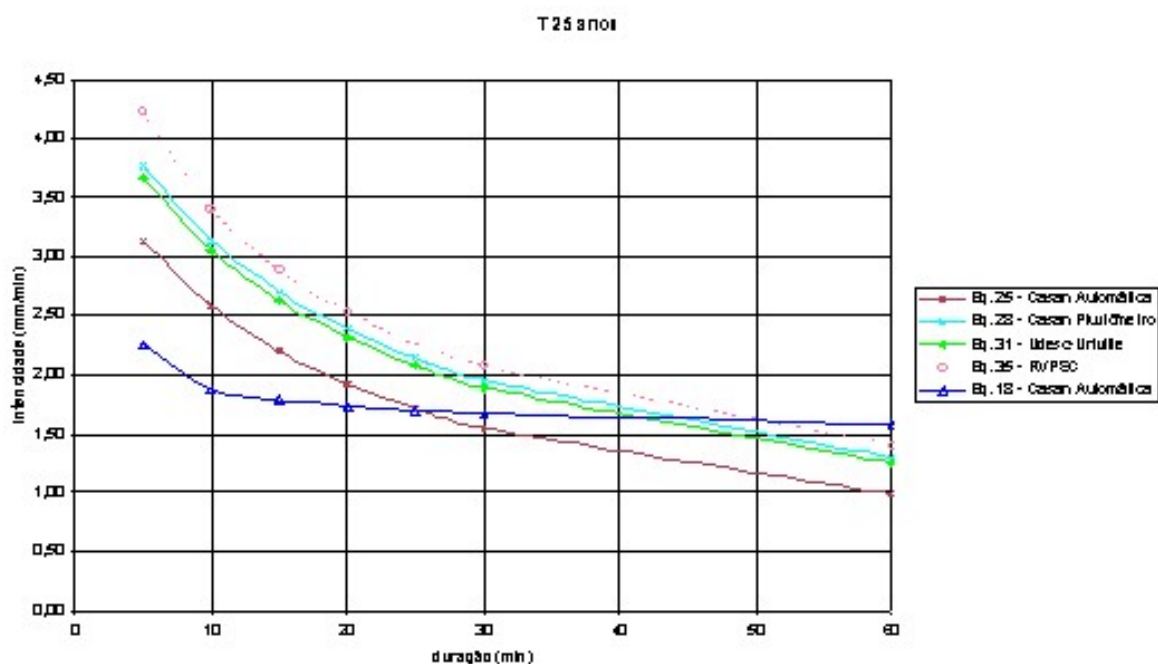


Figura 15 – Comparação entre diversas estações – Ajuste Logarítmico (T=25 anos)



d) Comparação entre as equações de diversas estações (equações 24, 29, 32, 09, 11, 34 e 33 – Ajuste de potência), para períodos de retorno de 5 e 25 anos (figuras 16 e 17).

Figura 16 – Comparação entre diversas estações – Ajuste de Potência (T=5 anos)

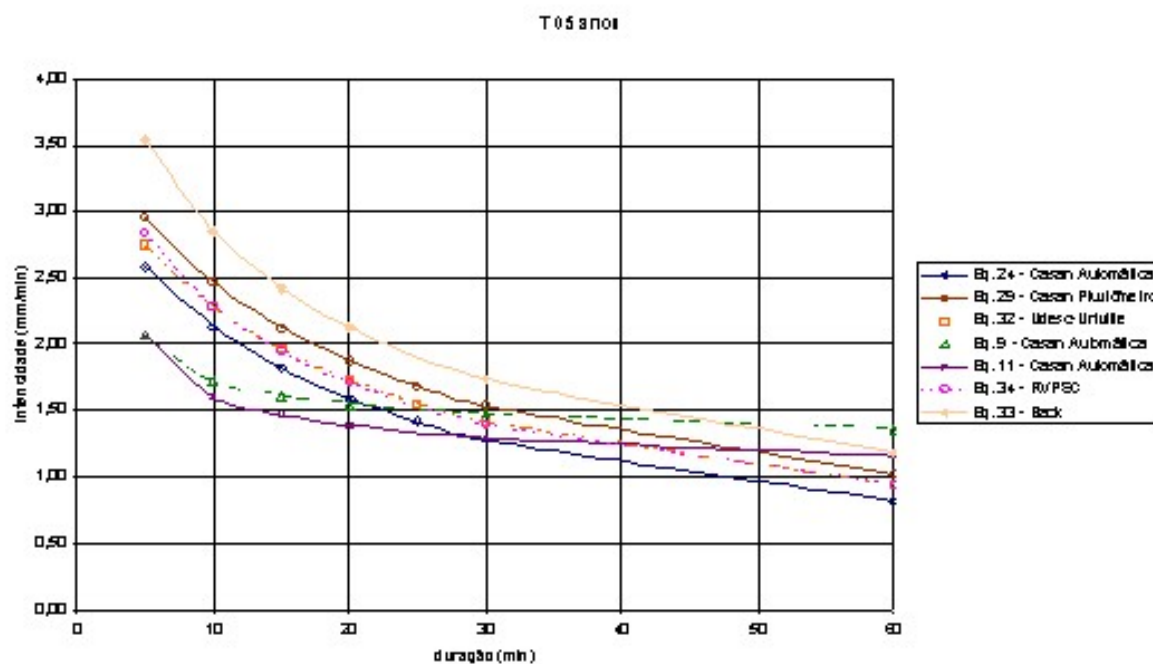
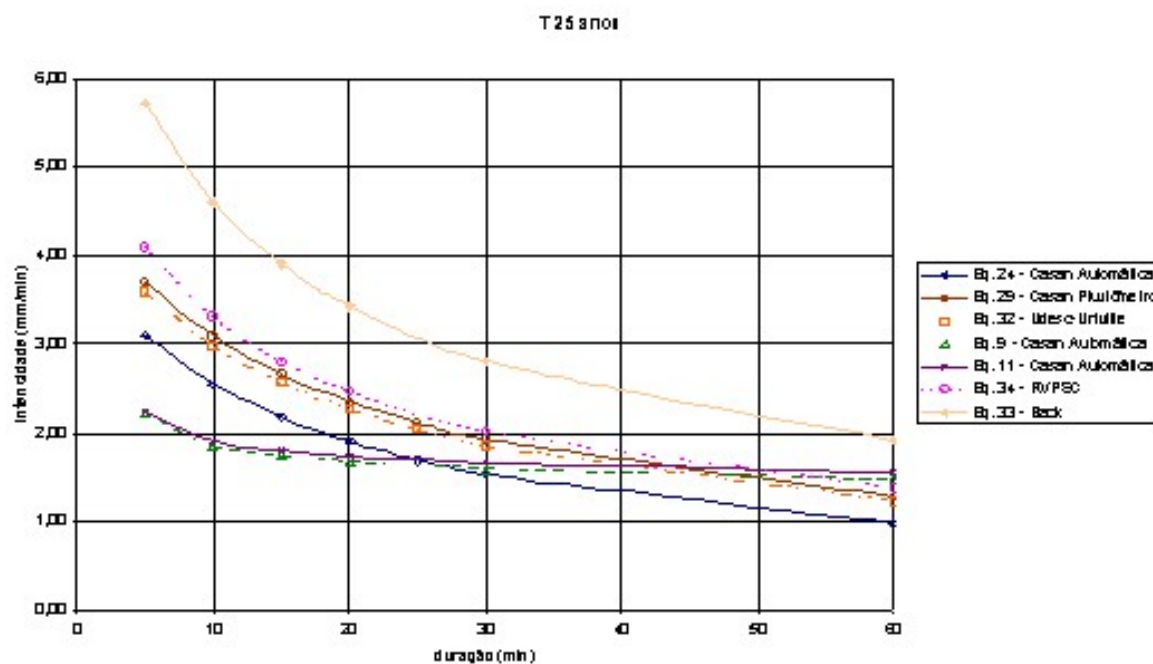


Figura 17 – Comparação entre diversas estações – Ajuste de Potência (T=25 anos)



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Equações de chuvas para a região de Joinville, SC, foram ajustadas às relações intensidade-duração-frequência (relações IDF), determinadas a partir de dados de chuvas registrados em um pluviômetro automático instalado em uma estação meteorológica automática às margens do Rio Cubatão, na região rural do município. Duas diferentes metodologias foram utilizadas:

- a. Análise propriamente dita dos pluviogramas registrados e determinação das respectivas relações IDF, com conseqüente ajuste matemático às tais relações. Tal metodologia gerou quatro diferentes ajustes matemáticos - equações 09, 11, 18 e 19 - representadas graficamente nas figuras 2, 3, 4 e 5.
- b. Análise dos totais diários precipitados, coletados pelo pluviômetro, com determinação das relações IDF a partir dos coeficientes de desagregação de chuvas, proposto por Silveira (2000), gerando três diferentes ajustes matemáticos - equações 24, 25 e 26 - representadas graficamente pelas figuras 7, 8 e 9.

No mesmo local onde a referida estação meteorológica se encontra instalada e em funcionamento desde 1997, já existia uma estação pluviométrica operada pela Casan, o órgão estadual responsável pelo saneamento. Através de análise dos totais diários precipitados, Negri e Ramos (2002) determinaram relações IDF com auxílio dos coeficientes de desagregação de Silveira (2000), resultando em três ajustes - equações 27, 28 e 29.

As figuras 10 e 11 comparam as equações de chuvas obtidas pela mesma metodologia (eq. 26 e 27; Eq. 25 e 28; Eq. 24 e 29) entre os dados coletados pelos dois diferentes instrumentos, para os períodos de retorno de 5 e 25 anos. Pela comparação, pode-se concluir que o tipo de ajuste proposto pelas equações 26 e 27, parece ser o mais adequado. Os ajustes propostos pelas equações 24 e 25, embora praticamente coincidentes entre si, parecem subestimar os valores da intensidade de chuva observados na estação automática em relação aos da estação pluviométrica. O ajuste proposto aponta que a equação 28 apresenta também resultados próximos aos das equações 26 e 27.

As equações ajustadas são também comparadas com equações para outros locais de Joinville. As equações 30, 31 e 32 foram ajustadas por Negri e Ramos (2002) a partir de dados pluviométricos observados em uma estação meteorológica situada no Campus Universitário (Estação Udesc-Univille). A equação 33 foi ajustada por Back (2002), e, finalmente, as equações 34 e 35, a partir de relações IDF encontradas por Nerilo et alli (2002) – Estação RVPSC.

As figuras 12 a 17 apresentam curvas comparativas entre as equações para os diversos postos de Joinville. Observa-se que as equações de chuvas geradas com as relações IDF determinadas a partir dos pluviogramas registrados pela estação automática da Casan apresentam valores bem inferiores em relação às demais estações, para pequenas durações. Não se aconselha portanto a utilização de tais equações. Acredita-se que o balancim do pluviógrafo possa não estar funcionando devidamente para chuvas muito intensas de pequena duração, o que poderia justificar os valores bem inferiores para durações até 30 minutos. A equação de chuvas ajustada por Back (2002), em contrapartida apresenta valores bem superiores aos demais ajustes.

As equações de chuvas da Estação Casan, ajustadas a partir dos dados pluviométricos, do Campus Universitário (Udesc-Univille) e da Estação RVPSC apresentam resultados relativamente próximos, e seriam as equações mais indicadas a serem usadas para a região de Joinville, no momento.

Recomenda-se que sejam realizadas pesquisas relativas aos dados dos pluviogramas registrados pela estação automática da Casan para verificação das mesmas e, conseqüentemente comparação com as demais já ajustadas. Acredita-se, no entanto, que os resultados já obtidos são positivos e que as equações ajustadas têm condições de ser utilizadas nos projetos locais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BACK, A. J. Chuvas Intensas e Chuva de Projeto de Drenagem Superficial no Estado de Santa Catarina. Epagri. Florianópolis, 2002.
2. DAEE; CETESB. Drenagem Urbana – Manual de Projeto. DAEE; CETESB. São Paulo, 1986.
3. NEGRI, R., RAMOS, D. A. Análise de Chuvas Intensas na Região de Joinville – SC. Relatório Final de Pesquisa. CCT/UDESC. Joinville, 2002.
4. NERILLO, N., MEDEIROS, P. A., CORDERO, A. Chuvas Intensas no Estado de Santa Catarina. Ed. da UFSC / Ed. Da FURB, Florianópolis / Blumenau, 2002.
5. RIGITANO, A. C., ZUCCOLO, R. R. Equação das Chuvas. In: Engenharia Sanitária, Volume 19 nº 1, Jan/Mar 1980.
6. SILVEIRA, A. L. Equação para os Coeficientes de Desagregação de Chuva. In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 5 nº 4, Out/Dez 2000. p. 143-147.