



**Universidade Federal
de Santa Catarina**

Fazenda Experimental da Ressacada

Centro de Ciências Agrárias CCA-UFSC

Florianópolis/SC

3.8. HIDROLÓGICO

Sumário

3.8	Hidrológico.....	3.8-4
3.8.1	Equipe Responsável	3.8-4
3.8.2	INTRODUÇÃO.....	3.8-4
3.8.3	CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA E ASPECTOS GERAIS.....	3.8-5
3.8.4	ASPECTOS GERAIS DA FAZENDA RESSACADA.....	3.8-10
3.8.5	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DOS VOLUMES DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL	3.8-17
3.8.6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	3.8-19
3.8.6.1	Análise de Precipitações Diárias	3.8-19
3.8.6.2	Estimativas de tempos de concentração	3.8-23
3.8.6.3	Definição de chuvas de projeto e determinação de precipitações efetivas. 3.8-24	3.8-24
3.8.6.4	Obtenção dos hidrogramas afluentes ao local de interesse.	3.8-28
3.8.6.5	Análise da urbanização proposta	3.8-29
3.8.7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3.8-30
3.8.8	Apêndice I.....	3.8-31
3.8.8.1	Bacia da Tapera – Chuva de Projeto	3.8-31
3.8.8.2	Bacia da Tapera – Precipitação efetiva (Cenário I ou uso atual) 3.8-32	3.8-32
3.8.8.3	Bacia da Tapera – Precipitação efetiva (Cenário II)	3.8-33
3.8.8.4	Bacia da Tapera – Precipitação efetiva (Cenário III)	3.8-34
3.8.8.5	Bacia da Tapera – Determinação da Chuva de Projeto (P). ...	3.8-35
3.8.8.6	Bacia da Tapera – Determinação da Precipitação efetiva e Perdas (Cenário I)	3.8-36
3.8.8.7	Bacia da Tapera– Determinação da Precipitação efetiva e Perdas (Cenário II)	3.8-37
3.8.8.8	Bacia da Tapera– Determinação da Precipitação efetiva e Perdas (Cenário III)	3.8-38
3.8.8.9	Bacia da Tapera – Hidrogramas afluentes (Cenário I)	3.8-39
3.8.8.10	Bacia da Tapera – Hidrogramas afluentes (Cenário II)	3.8-40
3.8.8.11	Bacia da Tapera – Hidrogramas afluentes (Cenário III)	3.8-41
3.8.9	Apêndice II.....	3.8-42

3.8.9.1	Bacia do Rio Tavares – Chuva de Projeto	3.8-42
3.8.9.2	Bacia Rio Tavares – Precipitação efetiva (Cenário I).....	3.8-43
3.8.9.3	Bacia Rio Tavares – Precipitação efetiva (Cenário II).....	3.8-44
3.8.9.4	Bacia Rio Tavares – Precipitação efetiva (Cenário III).....	3.8-45
3.8.9.5	Bacia Rio Tavares – Determinação da Chuva de Projeto	3.8-46
3.8.9.6	Bacia Rio Tavares – Determinação da Precipitação efetiva e Perdas (Cenário I).....	3.8-47
3.8.9.7	Bacia do Rio Tavares – Determinação da Precipitação efetiva e Perdas (Cenário II).....	3.8-48
3.8.9.8	Bacia Rio Tavares – Determinação da Precipitação efetiva e Perdas (Cenário III)	3.8-49
3.8.9.9	Bacia do Tavares – Hidrogramas afluentes (Cenário I).....	3.8-50
3.8.9.10	Bacia Rio Tavares – Hidrogramas afluentes (Cenário II)	3.8-51
3.8.9.11	Bacia Rio Tavares – Hidrogramas afluentes (Cenário III).....	3.8-52

3.8 Hidrológico

3.8.1 Equipe Responsável

Laboratório de Hidrologia – ENS - CTC – UFSC

RESPONSÁVEIS TÉCNICOS:

Professor Masato Kobiyama, Dr.

Acadêmicos de Engenharia Sanitária e Ambiental:

Nadine Lory Bortolotto, Eng. Sanitarista.

Samuel Isamu Tanaka.

3.8.2 INTRODUÇÃO

O presente relatório apresenta os resultados do Estudo Hidrológico com a finalidade de subsidiar as ações de licenciamento ambiental da Fazenda Experimental da Ressacada e do futuro Campus na Fazenda Experimental Ressacada no município de Florianópolis - SC. Além disso, auxilia a adoção de estratégias para medidas estruturais e não estruturais, visando à manutenção de descargas e volumes afluentes ao local de interesse em condições próximas das atuais, mesmo sob regime de ocupação da bacia hidrográfica.

Ressalta-se que o presente estudo possui uma forma simplificada devido à impossibilidade de realização de levantamentos detalhados das características hidrológicas da região, como também de seus cursos d'água. Para resultados mais precisos haveria necessidade de levantamentos de informações hidrológicas realizados em campo durante períodos mais longos. Entretanto, que todo o trabalho se apóia em métodos e procedimentos usualmente empregados em estudos hidrológicos desta natureza.

O relatório contempla basicamente dois aspectos: (i) uma caracterização hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica para o presente estudo; (ii) análise dos aspectos referentes ao escoamento superficial, apresentando prospectivamente estimativas das descargas afluentes ao local de interesse, sob diferentes padrões de uso e ocupação do solo das bacias hidrográficas adotadas.

Para o presente estudo foram utilizadas informações topográficas, hidrográficas e cadastrais do município de Florianópolis, fornecidas pelo Instituto de Planejamento Urbano de

Florianópolis (IPUF), na escala 1: 10.000. Também informações das cartas topográficas digitais disponibilizadas pela EPAGRI/CIRAM, na escala 1:50.000, projeção UTM, Datum SAD – 69, fuso 22 S.

Os dados pluviométricos foram disponibilizados pelo Comando da Aeronáutica – Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA) – Subdivisão de Climatologia Aeronáutica, referentes à estação meteorológica localizada na Base Aérea de Florianópolis, bem próxima a Fazenda Ressacada. O período de dados compreendeu uma série de 35 anos de dados. Informações sobre a estação utilizada estão em detalhes na Tabela 1.

Tabela 1 – Estação base utilizada para o presente estudo.

Código Estação*	Lat.	Long.	Altitude (m)	Período de dados Utilizados*
02748013	27° 40' 00" S	48° 33' 00" O	5,00	Janeiro 1971 a Dezembro 2007

*Código Agência Nacional das Águas (ANA) – *Hidroweb*.

3.8.3 CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA E ASPECTOS GERAIS

O presente estudo adotou o conceito de bacias hidrográficas e as Unidades Territoriais de Análise e Planejamento (UTAP) municipais definidas com base nas bacias hidrográficas para Florianópolis através do Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico no ano de 2010, disponível em detalhes no site da Prefeitura:

<http://www.pmf.sc.gov.br/entidades/habitacao/?cms=plano+integrado+de+saneamento+basico>.

Neste sentido, a UTAP do Rio Tavares, área de 49,25 km² e perímetro de 36.997 m, é a bacia hidrográfica que engloba a área adotada para o estudo hidrológico da Fazenda Experimental da Ressacada (Figura 1). A Figura 2 mostra essa UTAP e o limite da Fazenda através de imagem do *Google Earth*.

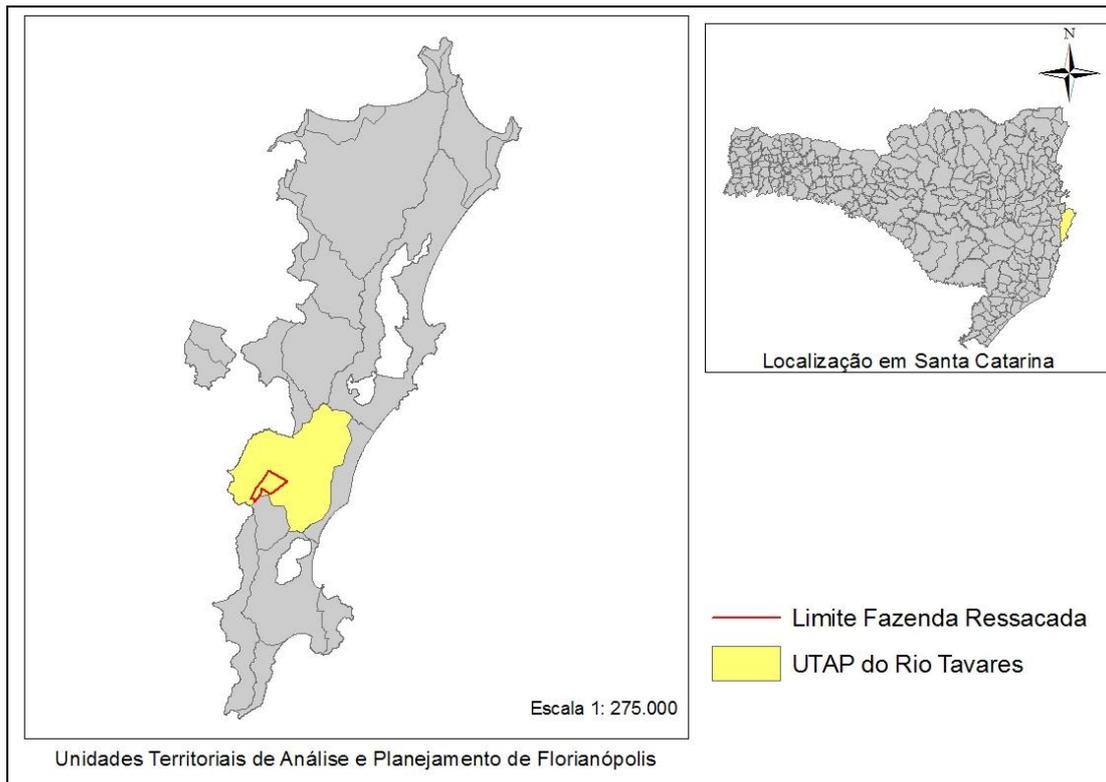


Figura 1 – Localização da UTAP do Rio Tavares e Fazenda Experimental Ressacada.



Figura 2 – UTAP Rio Tavares e a Fazenda Ressacada (Fonte: Google Earth).

A UTAP do Rio Tavares engloba vários bairros de Florianópolis: Campeche, Tapera, Carianos (Aeroporto) e o próprio Rio Tavares. De forma geral, esta UTAP possui como caracterização geológica as formações graníticas, especialmente nos morros isolados de pequena elevação que contém. A planície é formada de sedimentos marinhos litorâneos e eólicos e também por sedimentos areno-siltosos e argilosos (estes, próximos a Rodovia SC 405). Os sedimentos com alto teor de matéria orgânica são os encontrados próximos às

regiões de mangue do Rio Tavares e da Tapera. Quanto aos tipos de solos esta UTAP possui vários tipos, mas predominam as areias quartzosas.

Quanto à hidrografia, há o Rio Tavares que nasce no Morro do Sertão e do Badejo (Figura 3). Seu principal afluente é o Ribeirão Sertão da Fazenda que nasce no Morro dos Padres e percorre praticamente toda a planície. O Rio Tavares tem sua foz na Baía Sul após passar pelo Manguezal do Rio Tavares.

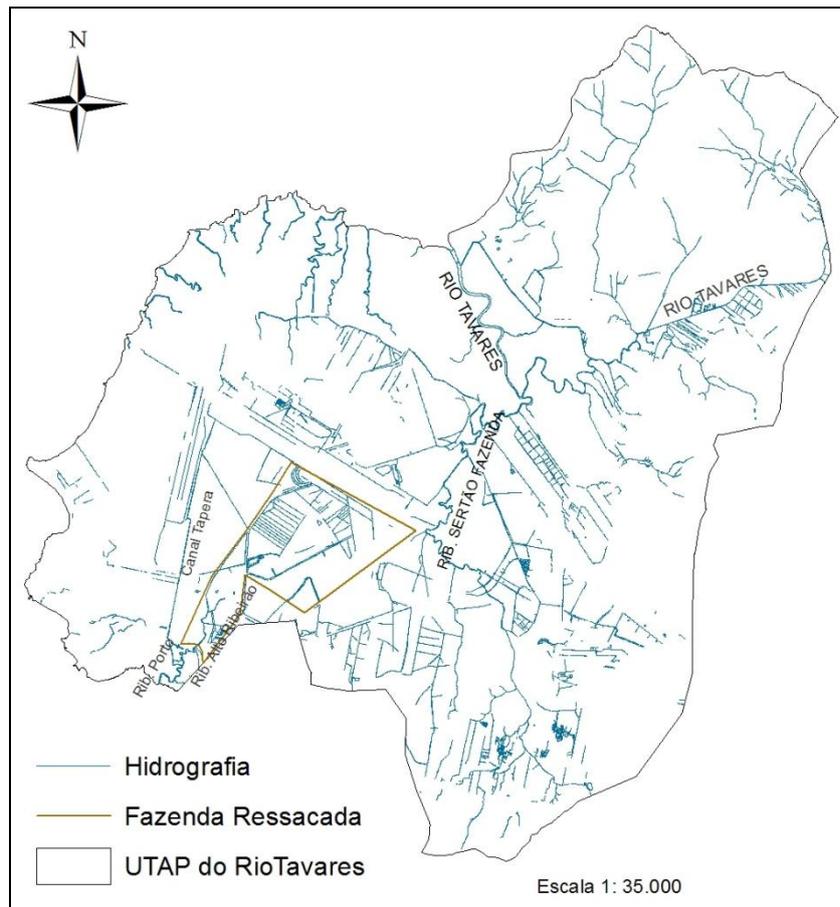


Figura 3 – Hidrografia da região da bacia do Rio Tavares.

Outros rios importantes desta bacia são os Ribeirões do Porto e do Alto Ribeirão, formados por diversas contribuições pequenas e da drenagem pluvial da porção Sudoeste da bacia (porção onde se localiza a Fazenda da Ressacada). Terminam na Baía do Ribeirão. De forma geral, esta porção da bacia tem seus rios canalizados. A canalização principal é chamada de Canal da Tapera.

Na porção Leste (bairro Campeche) os córregos são de menor tamanho, formando banhados nas partes planas, que quando cheios em períodos de chuva desembocam em pequenas valas ou leitos pela praia. Podem-se citar rios desta porção: Rio do Noca e o Rio Rafael. Salienta-se ainda a presença de formações lagunares como a Lagoa da Chica e a Lagoa Pequena, ambas localizadas ao Leste da bacia no bairro Campeche. Atualmente estas

lagoas encontram-se bastante assoreadas, sob pressão da expansão da ocupação no seu entorno e contaminadas com esgotos domésticos.

O escoamento superficial da bacia do Rio Tavares é caracterizado por baixas declividades somadas aos solos arenosos e bastante permeáveis. Há a formação de brejos e pântanos por toda a extensão da bacia. O escoamento é, portanto, lento em direção às áreas mais baixas (mangues e praias).

Apresenta-se na Figura 4 a caracterização da topografia da região de estudo. Em geral, o relevo é suave com a baixa atitude, chegando à elevação de 300 m na porção Norte da UTAP. A região central é bastante plana com elevações de no máximo 5 m, especificamente em locais próximos ao Aeroporto Hercílio Luz e Rodovia SC - 405.

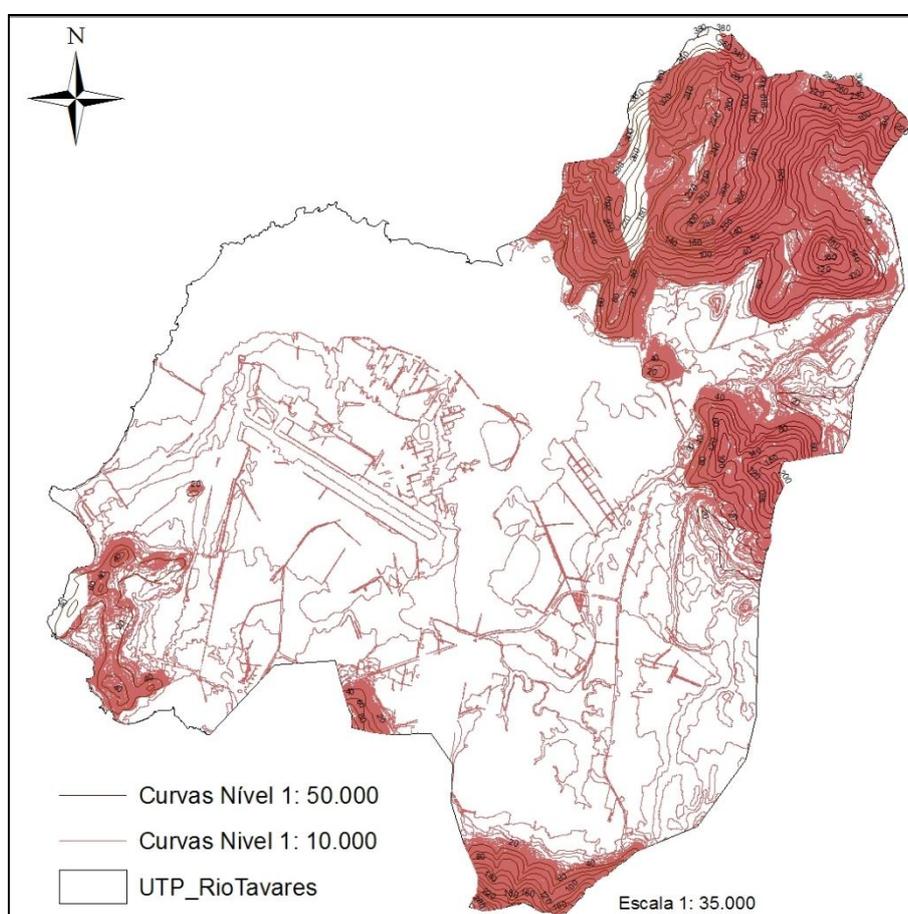


Figura 4 – Topografia da UTAP Rio Tavares.

No presente estudo, considerou-se a divisão da UTAP do Rio Tavares em duas outras sub-bacias: bacia do Rio Tavares (41,53 km²); e bacia da Tapera (7,72 km²) (Figura 5).

Na bacia do Rio Tavares está inserida a porção Leste que engloba também o bairro do Campeche e nela foi considerado o rio principal como sendo o formado pelo Ribeirão Sertão da Fazenda e o Rio Tavares. Na Bacia da Tapera o rio principal é formado pelo Canal da Tapera e pelo Ribeirão do Porto. A bacia do Rio Tavares tem seu escoamento na direção Norte e a bacia

da Tapera tem escoamento na direção Sul. A Fazenda Experimental Ressacada está inserida sobre os divisores de água destas duas bacias.

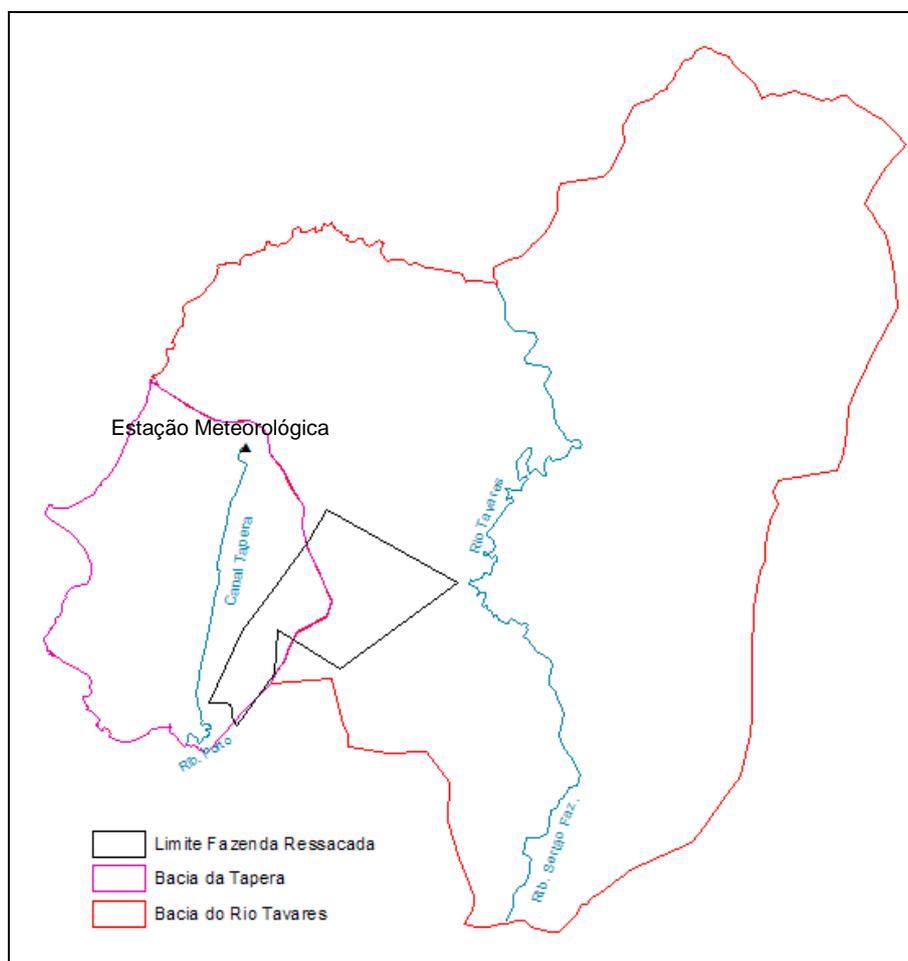


Figura 5 – Localizações das Sub-bacias, da estação meteorológica utilizada e a Fazenda Ressacada.

Esta subdivisão considerou a bacia da Tapera e a bacia do Rio Tavares as áreas diretamente influenciadas pela implantação da Fazenda e do Campus UFSC. Vale salientar que toda a região dos bairros do Rio Tavares e do Campeche podem ter acréscimo na demanda imobiliária e conseqüentemente ter a urbanização aumentada com a implantação do novo Campus.

Segundo o diagnóstico do Plano Municipal Integrado de Saneamento para a drenagem urbana, a UTAP do Rio Tavares já apresenta alguns sintomas da ocupação desordenada e aumento da impermeabilização do solo que causam transtornos à população na ocasião de eventos de chuva mais intensa. Na região da Rod. SC - 405 há vários canais que tem sua foz no Manguezal do Rio Tavares (e no próprio Rio Tavares), que são comumente zonas de alagamento por toda a região mais baixa devido a sua baixa capacidade de escoamento do excesso de água pluvial.

No caso do bairro da Tapera, a ocupação se dá em áreas naturalmente alagáveis e a coincidência de chuvas de médio porte e maré máxima costumam causar transtornos à região. Segundo o diagnóstico, o Canal da Tapera (para o qual drena a água da Fazenda como será mostrado a seguir), geralmente apresenta problemas de inundação, visto que a urbanização ao longo do seu trecho é avançada. O grau de assoreamento do mesmo é elevado, o que gera uma constante demanda de trabalhos de manutenção. Este canal recebe contribuições de esgoto doméstico de grande parte do bairro da Tapera e a grande quantidade de lixo que acaba acumulando sobre o leito do canal também corrobora para sua obstrução. Na década de 90 foi projetado um canal para a região, o qual foi executado somente o primeiro trecho próximo à Base Aérea.

3.8.4 ASPECTOS GERAIS DA FAZENDA RESSACADA

Na área da Fazenda Ressacada não há a passagem de nenhum rio. O terreno é bastante alagadiço, especialmente em períodos de chuva mais intensa. Há a presença de valas e açudes, todos artificiais, construídos para fins de estudos/pesquisas e irrigação dos cultivos desenvolvidos na mesma pela Universidade. Há também alguns dispositivos de drenagem.

A caracterização destes pode ser visualizada na Figura 6, elaborada com informações obtidas em reconhecimento de campo realizado em Novembro de 2011 na área da Fazenda Ressacada no qual alguns locais importantes foram mapeados com uso de receptor GPS Garmin.

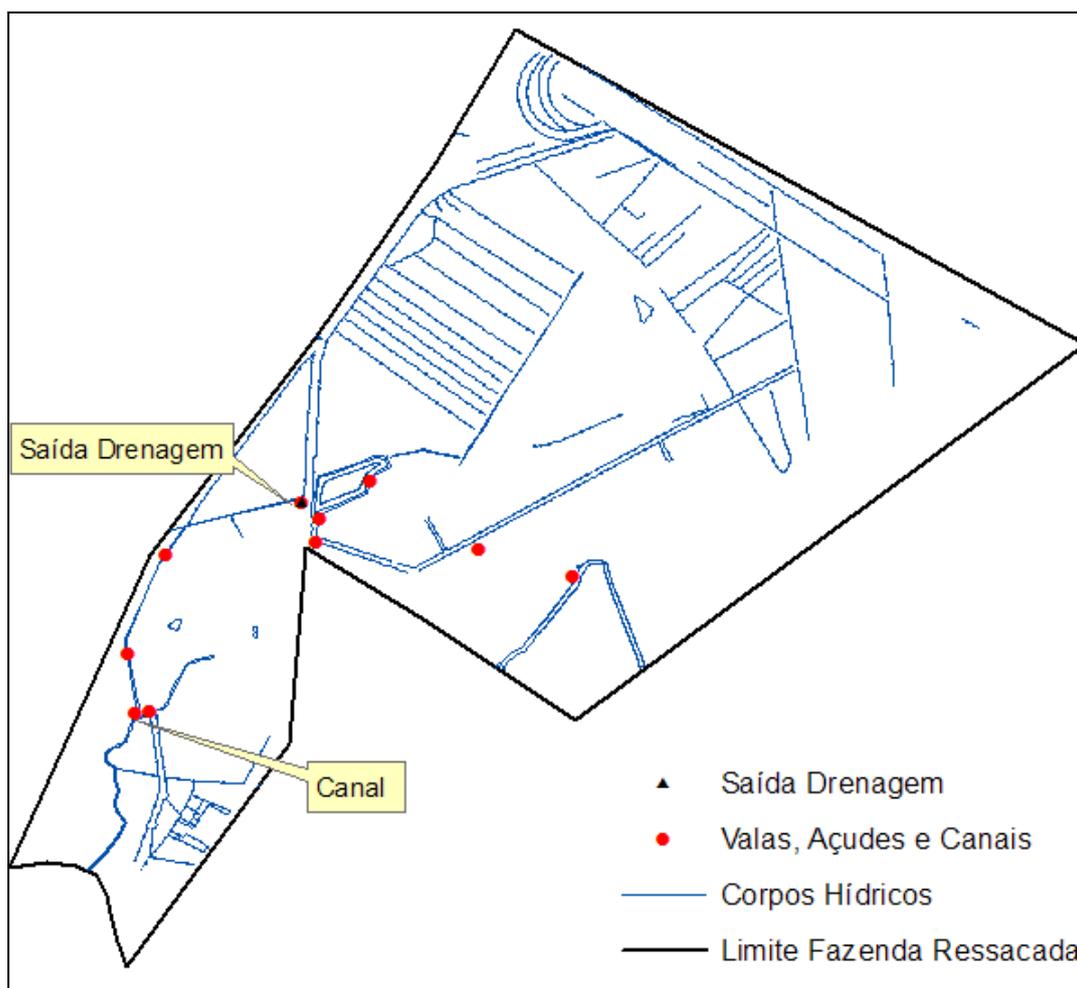


Figura 6 – Localização de dispositivos de drenagem e de corpos hídricos na Fazenda Ressacada.

A saída superficial da drenagem principal da Fazenda é composta de uma estrutura de direcionamento da água (concreto) e tubos de 0,60 m de diâmetro de concreto (Figura 11 que será mostrada a seguir). Após, a água de drenagem segue por um canal retangular natural. A partir do ponto no qual foi identificado na Figura 6 “Canal”, este, passa a ter sua configuração natural com meandros. Este, por sua vez está ligado ao Canal da Tapera e ao Rib. do Porto, após deixar a área da Fazenda Ressacada. Na porção Nordeste da área da Fazenda Ressacada há a presença de canais oriundos da área do Aeroporto que desaguam em área de banhado na Fazenda.

As fotos mostradas abaixo também procuram caracterizar a área da Fazenda Experimental. Algumas destas são de outros períodos disponibilizados pela administração da mesma.



Figura 7 - Vista aérea da Fazenda Ressacada UFSC.

A Figura 7 mostra a vista aérea da Fazenda Ressacada, detalhando o relevo plano e a vegetação nativa presente. Ao fundo podem ser visualizados os morros de baixa elevação que são os divisores da bacia.

As fotos abaixo mostram alguns açudes e valas de irrigação presentes na Fazenda utilizados basicamente para irrigação e criação de animais.



Figura 8 - Açude do catavento e açude para viveiro de marrecos, respectivamente (Fotos de 2011).



Figura 9 – Alagamentos em áreas didáticas (Fotos de 2011).





Figura 10 - Aspecto de açudes e valas da Fazenda (Fotos de 2011).

A Figura 11 mostra fotografia da canalização da saída de drenagem da Fazenda Experimental Ressacada, identificada na Figura 6 anteriormente. Foi percebido que esta drenagem encontra-se bastante danificada pelo escoamento da água e inexistência de manutenção.



Figura 11 – Canalizações da saída da drenagem da Fazenda Ressacada.
(Fotos: Novembro 2011).

Segundo informações, a Fazenda Ressacada apresenta problemas de excesso de encharcamento do solo na ocorrência de eventos de chuva intensa. As fotografias abaixo, de abril de 2010, mostram a Fazenda após evento de chuva intensa ocorrida naquele período. Percebe-se que a área da propriedade apresenta alagamentos consideráveis, inclusive nas áreas próximas às construções já existentes. Acrescenta-se também que como o solo é arenoso, tais alagamentos não costumam durar muito tempo.





Figura 12 - Fotografias de alagamentos após chuva intensa em abril de 2010.

A saída da drenagem é apresentada também na Figura 13 abaixo, em momento de escoamento de grande volume de água após chuva intensa ocorrida em fevereiro de 2010. A seguir também apresenta-se fotografia que mostra este mesmo local após a chuva de abril de 2010 (Figura 14), totalmente submersa sob capacidade limite.



Figura 13 - (a) Local de saída da água de drenagem da Fazenda após evento chuva intensa. (b) Canal da Tapera, após saída da drenagem da Fazenda (Foto de Fev. 2010).



(a) (b)
Figura 14 - (a) Local de saída da água de drenagem da Fazenda após evento chuva em abril de 2010, estrutura submersa sob a capacidade limite. (b) Aspecto do local nesta ocasião: região alagada.

3.8.5 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DOS VOLUMES DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

A avaliação dos volumes de escoamento superficial visou caracterizar a magnitude dos escoamentos provenientes de eventos chuvosos críticos sobre as bacias hidrográficas do Rio Tavares e da Tapera para fins de implantação do futuro Campus da UFSC na Fazenda Ressacada.

Esta caracterização permite conhecer o comportamento dos cursos d'água em resultado de precipitações de intensidades elevadas, possibilitando a estimativa de vazões e volumes escoados, bem como a forma como se distribuem sobre a superfície das bacias. Salienta-se que esta avaliação considerou que os eventos de chuva incidentes são distribuídos uniformemente nas áreas das bacias. Os eventos considerados abrangem os períodos de retorno 5, 10, 20, 50 e 100 anos, típicos de estudos desta natureza.

Os procedimentos de análise contemplaram as seguintes cinco fases:

(i) Análise de precipitações diárias e chuvas intensas.

Tratou-se de uma análise estatística de informações históricas com objetivo de caracterizar ocorrência de totais diários de precipitação, em situações extremas. Seus resultados permitiram a realização de avaliações dos volumes de escoamento nas bacias hidrográficas de interesse.

(ii) Determinação dos tempos de concentração das sub-bacias.

Estes resultados subsidiaram a definição da duração do evento chuvoso crítico a ser considerado nas avaliações dos volumes de escoamento na bacia hidrográfica de interesse.

(iii) Definição de chuvas de projeto e determinação de precipitações efetivas.

A combinação de informações provenientes de levantamentos de uso e ocupação dos

solos da bacia hidrográfica com as características do evento chuvoso crítico tornou possível a definição de cenários prospectivos para avaliação dos volumes de escoamento nas bacias hidrográficas de interesse, sob efeito de diferentes taxas de urbanização.

(iv) Obtenção dos hidrogramas afluentes ao local de interesse.

Os hidrogramas afluentes destinaram-se a auxiliar a avaliação das capacidades de descarga e ocorrência de extravasamentos em canais e cursos d'água existentes, como também apóiam estimativas de volumes de reservatórios para detenção temporária do escoamento.

(v) Análise da urbanização proposta.

Tratou-se de uma análise complementar ao trabalho anteriormente realizado. Em resumo, a avaliação do escoamento superficial e descargas nos cursos d'água foi realizada para eventos chuvosos críticos nas áreas das bacias de drenagem na região de influência à implantação do futuro Campus da UFSC na Fazenda Ressacada, analisando-se prospectivamente diferentes cenários de urbanização para esta região.

3.8.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.8.6.1 Análise de Precipitações Diárias

A análise das precipitações máximas diárias na região constitui-se um primeiro passo para obtenção de informações sobre intensidades de precipitação necessárias para definição de um evento chuvoso crítico. A quantificação de volumes escoados e seus impactos sobre a área de implantação do futuro Campus da UFSC é pautada em valores de períodos de retorno típicos de projetos de sistemas de drenagem, envolvendo também o risco inerente a ocorrência de eventos extremos.

Usando os dados de precipitação obtidos na estação da Base Aérea de Florianópolis, obtém-se a distribuição dos totais anuais de precipitação, sendo que o valor médio total anual de 1.627 mm (Figura 15).

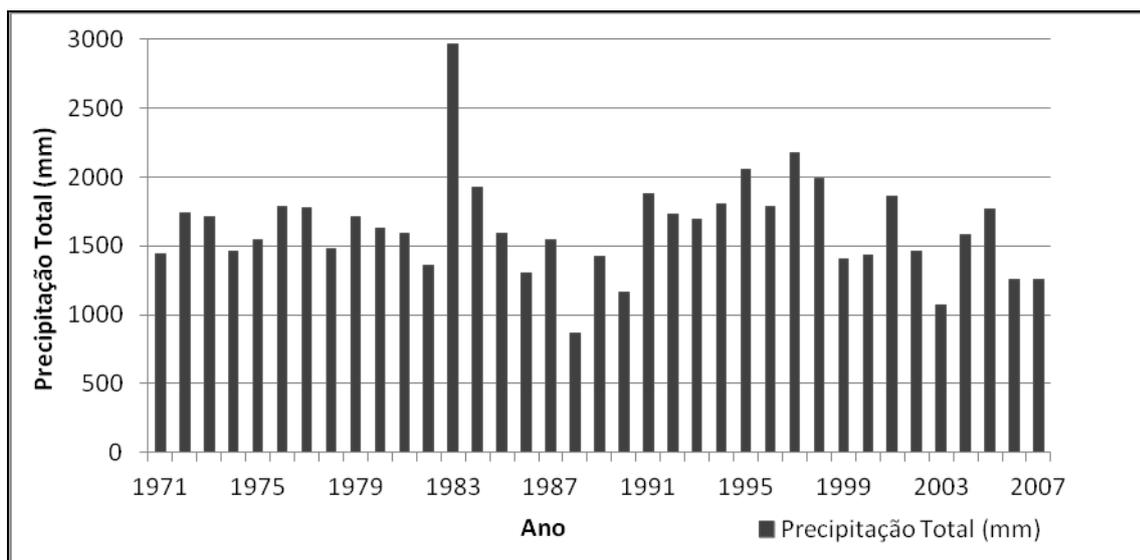


Figura 15 – Precipitação total anual (mm).

A Figura 16 apresenta o número de dias com chuva para a série de dados, sendo a média de dias que choveu de 163 dias para o período analisado.

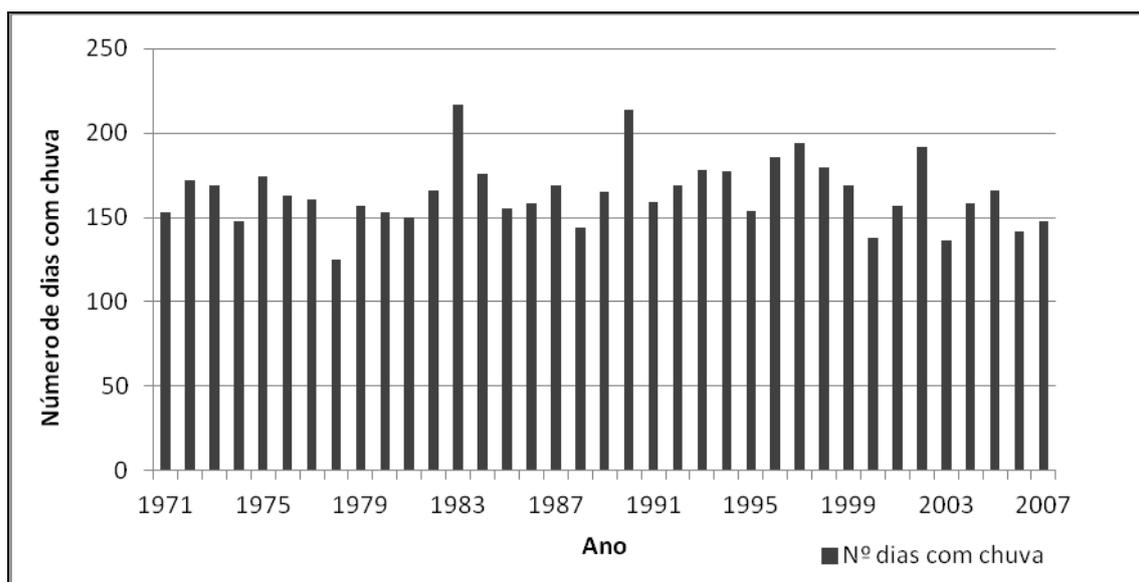


Figura 16 – Número de dias com chuva para a série de dados utilizada.

Para se avaliar as máximas precipitações diárias segundo períodos de recorrência típicos de análises de cheias, foi realizado um ajuste estatístico dos valores da série histórica anual, Figura 17 e Tabela 2, a uma distribuição de extremos.

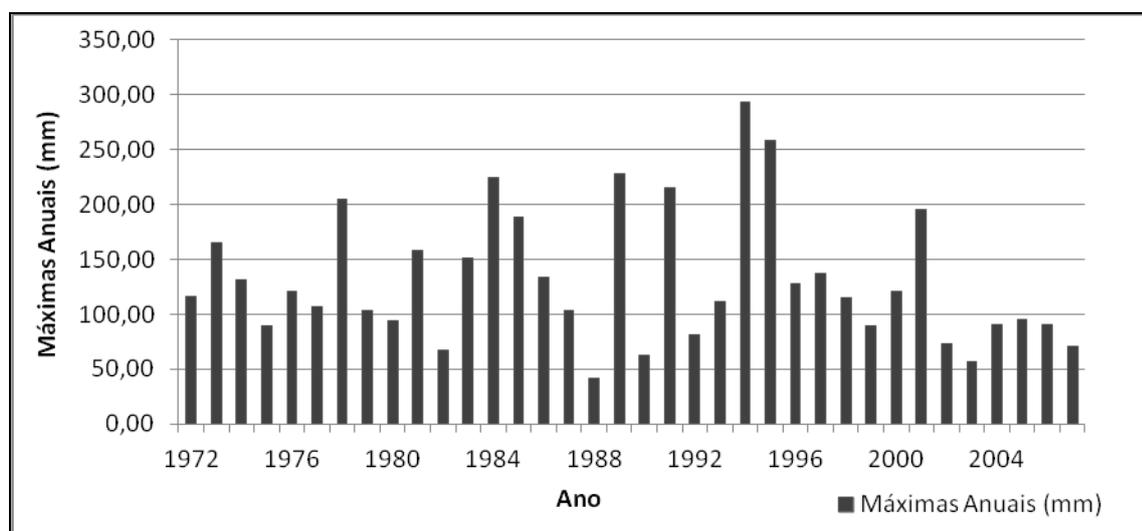


Figura 17 – Máximas precipitações diárias (mm).

Tabela 2 – Máximas Precipitações Diárias Anuais (mm).	
Ano	MÁXIMA (mm)
1971	96,20
1972	116,30
1973	164,50
1974	131,70
1975	89,00
1976	120,90
1977	107,10
1978	204,60
1979	103,60
1980	94,30
1981	157,60
1982	67,30
1983	151,40
1984	224,00
1985	188,00
1986	133,20
1987	103,90
1988	41,50

Ano	MÁXIMA (mm)
1990	62,40
1991	214,90
1992	81,70
1993	111,90
1994	293,60
1995	258,60
1996	127,50
1997	136,70
1998	114,60
1999	88,90
2000	120,70
2001	194,40
2002	72,70
2003	56,40
2004	90,70
2005	95,40
2006	90,40
2007	70,80

Os registros não consistidos das máximas precipitações diárias foram ajustados à distribuição de extremos de Gumbel, de larga aplicação em análises hidrológicas desta natureza (Naghetini e Pinto, 2007).

Os valores da média e do desvio padrão para a série histórica de máximas precipitações diárias no período de 35 anos são iguais a 129,89 mm e 59,72 mm, respectivamente. As estimativas das precipitações máximas diárias segundo ajuste à distribuição de Gumbel constam na Tabela 3, para os períodos de retorno indicados. Os riscos de ocorrência destes valores, para os próximos 2 anos, 5 anos, 10 anos, 15 anos, 20 anos e 25 anos são apresentados na Tabela 4.

Tabela 3 - Precipitações máximas diárias estimadas (mm) para a série de dados.

Tempo de Retorno	Precipitação máxima diária Estimada (mm)
5	172,86
10	207,81
20	241,32
50	284,71
100	317,22

Tabela 4 - Risco de ocorrência (%) das precipitações máximas, em função dos períodos de retorno.

Tempo de Retorno	Máx. Precipitação Diária (mm)	Risco Ocorrência (%)					
		Anos					
		2	5	10	15	20	25
5	172,86	36	67	89	96	99	99
10	207,81	19	41	65	79	88	93
20	241,32	10	23	40	54	64	72
50	284,71	4	10	18	26	33	40
100	317,22	2	5	10	14	18	22

As chuvas intensas correspondem às precipitações que ocorrem em períodos inferiores a um dia, sendo usualmente representadas por curvas ou equações de chuvas intensas. Para o presente estudo adotaram-se as intensidades de chuva de diferentes durações e períodos de retorno para o município de Florianópolis estimadas por Nerilo *et al.* (2002). Os resultados são apresentados na Tabela 5 e Figura 18.

Tabela 5 – Intensidades de chuva (mm.h^{-1}) de diferentes durações e períodos de retorno para Florianópolis.

Duração	Duração (horas)	Intensidade de chuva (mm.h^{-1})				
		Período de Retorno				
		5 anos	10 anos	20 anos	50 anos	100 anos
5 min	0,08	170,8	185,8	206,7	234,1	259,2
10 min	0,17	150,3	169,6	192,6	223,00	240,7
15 min	0,25	141,2	164,3	184,7	215,5	238,7
20 min	0,33	129,8	149,4	173,8	213,5	222,2
25 min	0,42	120,2	142,2	163,4	191,8	212,3
30 min	0,50	113,8	134,6	156,6	185,8	205,7
1 h	1	79,1	94,8	111,8	132,7	149,1
6 h	6	23,4	28,8	34,4	41,9	47,00
8 h	8	19,00	23,4	27,6	34,1	38,3
10 h	10	16,00	19,7	23,5	28,6	32,2
12 h	12	14,00	17,2	20,3	24,7	27,8
24 h	24	8,2	10,1	11,9	14,6	16,3

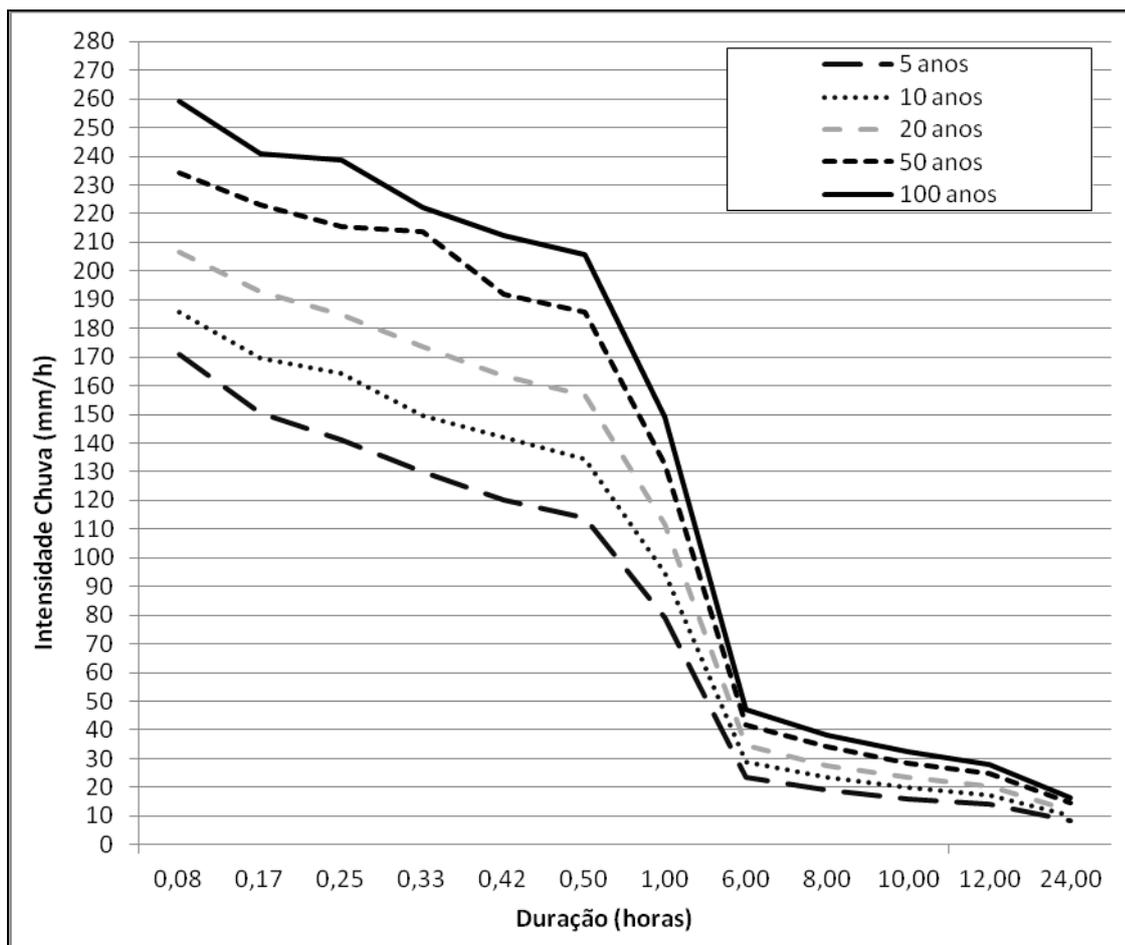


Figura 18 – Curvas de chuvas intensas para diferentes tempos de retorno para Florianópolis.

3.8.6.2 Estimativas de tempos de concentração

O tempo de concentração (t_c) constitui-se parâmetro para obtenção do hidrograma de projeto, uma vez que é a partir do mesmo que se estabelece a duração do evento chuvoso crítico, ou precipitação de projeto. No presente caso, os tempos de concentração de cada uma das sub-bacias consideradas foram calculados com emprego de três diferentes métodos: Kirpich, Picking e Carter (Tucci, 1997). Os resultados obtidos nesta etapa constam na Tabela 6.

Tabela 6 – Valores estimados dos tempos de concentração das bacias de estudo.

	Bacia da Tapera	Bacia Rio Tavares
Área de Drenagem (km ²)	7,72	41,53
Comprimento talvegue (km)	3,91	11,45
Declividade Média do talvegue (m/m)	0,00077	0,01598
t_c com Método Kirpich (min)	180,36	128,16
t_c com Método Picking (min)	143,21	106,57
t_c com Método Carter (min)	114,25	87,55

Com base na Tabela 6, para o presente estudo, adotaram-se os valores de tempos de concentração de 180 minutos e 130 minutos para a bacia da Tapera e para a bacia do rio Tavares, respectivamente.

3.8.6.3 Definição de chuvas de projeto e determinação de precipitações efetivas.

A chuva de projeto foi estabelecida com emprego do método dos blocos alternados (CETESB, 1978). Os períodos de retorno utilizados foram os mesmos apresentados anteriormente: 5, 10, 20, 50 e 100 anos.

Distribuindo-se os períodos de precipitação uniforme correspondentes a cada bacia conforme as respectivas durações dos hidrogramas unitários sintéticos (*t_{du}*), resultou em diferentes números de períodos de precipitação para a chuva de projeto de cada bacia, conforme observado na Tabela 7. Desta forma, os valores das durações dos eventos chuvosos críticos, denominados chuva de projeto, de cada uma das bacias foram 189 e 182 minutos, respectivamente.

Tabela 7 – Durações das chuvas unitárias e respectivos números de períodos de precipitação para a chuva de projeto para as bacias.

	Área bacia (km ²)	tc (min)	ta* (min)	tdHU (min)	Número de períodos de precipitação (n)
Bacia Tapera	7,72	180	126	31,50	6
Bacia Tavares	41,53	130	91	22,75	8

* ta = tempo de ascensão.

A determinação das chuvas de projeto seguiu o mesmo procedimento de cálculo para todas as situações consideradas, em número de 10, ou seja, 5 para cada bacia tendo em vista os tempos de retorno considerados.

Neste estudo, apresentam-se os resultados detalhados da chuva de projeto no Apêndice I e II, respectivamente para a bacia da Tapera e para a bacia do Rio Tavares. As Figuras são 1A, 1B, Tabelas 1A e 2B.

Precipitação efetiva ou chuva excedente corresponde à parcela da precipitação que se transforma em escoamento superficial, depois de descontadas as perdas devidas à retenção na vegetação, umedecimento do solo, em depressões e pequenos reservatórios, entre outras.

As precipitações efetivas empregadas foram estimadas por intermédio do método desenvolvido pelo National Resources Conservation Service - NRCS, aqui denominado método

da Retenção Potencial Máxima, mais conhecido como método do Curve Number (TUCCI, 1997).

Segundo o procedimento adotado, a avaliação do potencial de geração de escoamento superficial é realizada com emprego do Número de Deflúvio (CN) correspondente à bacia hidrográfica, parâmetro este estabelecido em função do tipo e uso do solo, características de manejo ou conservação e da condição de umidade.

O atual padrão de uso e ocupação do solo para as bacias foi elaborado através de classificação supervisionada de imagens de satélite da região das bacias através de *software* de Geoprocessamento. No presente estudo o padrão atual de uso e ocupação do solo das bacias foi denominado como Cenário 1.

Foram consideradas 4 classes de usos a partir de conhecimento prévio da área de estudo, sendo definidas áreas de mangue, vegetação nativa, urbanização e áreas de planície. As áreas de planície foram consideradas aquelas com presença de vegetação nativa esparsa, presença de pastagens e gramíneas. Salienta-se que a consideração destas classes teve a finalidade de generalizar as características da região das bacias e também tiveram em vista as limitações do material utilizado, portanto as áreas destas classes nas bacias pode ter sido majorada em alguns locais em relação à realidade, especialmente em virtude da não adoção de outras classes de usos.

As imagens foram obtidas do *Google Earth*, datadas de 2008. O resultado é apresentado na Tabela 8, incluindo-se os correspondentes valores de áreas de cada uso nas bacias, e a Figura 19, que apresenta a distribuição espacial dos usos nas mesmas.

Tabela 8 – Padrões de uso e ocupação do solo atual (Cenário 1) e respectivas áreas para as bacias.

Uso e Ocupação do Solo	Bacia Rio Tavares	Área (%)	Bacia Tapera	Área (%)
	Área (km ²)		Área (km ²)	
Mangue	7,65	18	0	0
Planície (Pastagens)	12,42	30	0,629	8
Vegetação Nativa	13,91	34	5,38	70
Urbanização	7,54	18	1,715	22
Área Total (km²)	41,53	100	7,72	100
Área Total UTAP (Km²)	49,25			

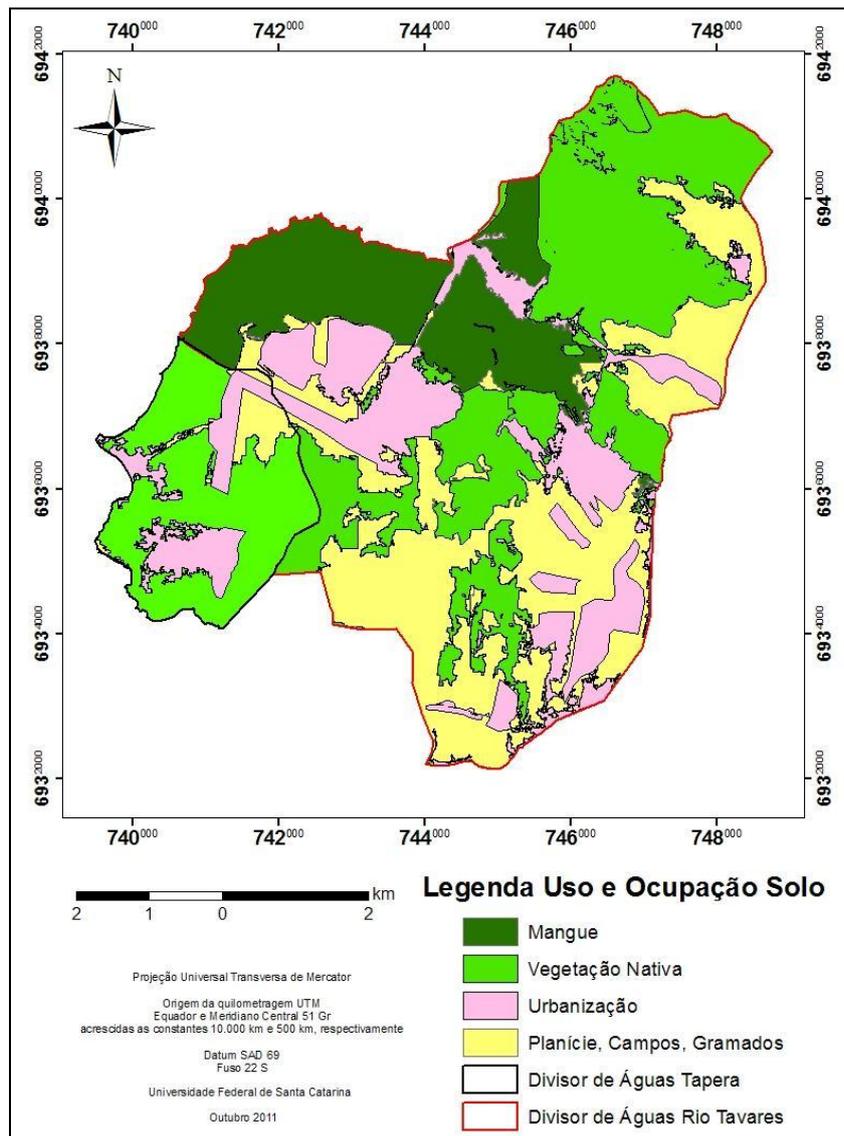


Figura 19 – Distribuição espacial dos usos e ocupação do solo atual para as bacias (Cenário 1).

Observa-se na Figura 19 e na Tabela 8, que as bacias são caracterizadas por consideráveis porções de vegetação nativa. A área de planície, com presença de gramíneas e pastagens é expressiva, especialmente na bacia do Rio Tavares (30% da área da bacia), o que sugere a tendência de favorecimento aos processos de ocupação urbana futura destas áreas. As áreas urbanizadas referem-se aos bairros de maioria característicos por serem residenciais. A bacia do Rio Tavares destaca-se pela presença da área de mangue, importante ecossistema de manutenção, reprodução e habitat de espécies de animais nativos.

Para a caracterização dos tipos de solos da região considerou-se os solos das bacias como sendo do grupo hidrológico B, segundo a classificação do SCS, apresentando-se arenosos ou parcialmente arenosos com teor de infiltração média a alta. Esta consideração pode ser considerada conservativa.

O cálculo das precipitações efetivas foi realizado mediante os valores dos Números de

Deflúvio adotados para as bacias, visando, desta forma, refletir sobre as condições atuais de uso e ocupação do solo das mesmas. Os procedimentos de cálculo seguem o método do NRSC.

Os valores de CN adotados para as bacias, segundo as classes de uso e ocupação foram os apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Valores de Número de Deflúvio Adotados.

Uso e Ocupação	CN (Condição umidade II)	Descrição	Grupo Hidrológico Solo
Ocupação Residencial	85	Bairros residenciais com lotes de tamanho médio 500 m ² ou menos (densidade elevada).	B
Vegetação Nativa	60	Normal	B
Pastagens e gramados	61	Pastagens, gramados ou campos	B
Mangue	0	Banhados	B

Para a situação atual de uso e ocupações do solo, os Números de Deflúvio médios para as bacias da Tapera e do Rio Tavares foram de 54 e 66, respectivamente. Os resultados para as precipitações efetivas são apresentadas em detalhes para as duas bacias nos Apêndices I e II, nas Figuras 2A e 2B E Tabelas 2A e 2B. Os cálculos referentes às precipitações efetivas não se restringiram apenas aos valores de Número de Deflúvio correspondentes aos usos do solo atuais das bacias. Complementarmente, foram analisados os resultados obtidos para dois outros valores que procuraram refletir características de uso e ocupação do solo das bacias capazes de promover maiores taxas de geração de escoamento superficial.

Os valores adotados foram interpretados como possíveis cenários de urbanização, o que permite uma visão prospectiva abrangente da questão. A inclusão de valores de Números de Deflúvio superiores teve por finalidade possibilitar a avaliação da região em condições futuras, quando a ocupação das bacias for diferente da atual – supõe-se que haverá maior urbanização da área em decorrência do pólo de atração representado pela instalação do novo Campus da UFSC na Fazenda Ressacada.

Desta forma, no Cenário 2, adotou-se Número de Deflúvio CN=85, correspondente a um grau elevado de impermeabilização do solo, conseqüência de extensa urbanização. Este valor também foi considerado para as atuais pastagens (planície) e nas áreas de vegetação nativa, preservando as áreas de mangue, visto que são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP). Este cenário pode ser considerado como pessimista, contudo, procura determinar as condições críticas para a região considerando-se a implantação futura do Campus da UFSC na região. Neste cenário os valores de CN médios para as bacias da Tapera e do Rio Tavares foram respectivamente iguais a 85 e 69.

No Cenário 3, adotou-se o Número de Deflúvio CN=95, representando um quadro de urbanização extensa e extremamente adensada nas áreas já urbanizadas e nas áreas atualmente cobertas por pastagens na planície. Para este cenário nas áreas atuais de vegetação nativa manteve o Número de Deflúvio adotado no Cenário 2, ou seja, CN=85, (urbanização com grau elevado de impermeabilização do solo). As áreas de mangue foram mantidas conforme o Cenário 1 e 2. Neste cenário os valores de CN médios para as bacias da Tapera e do Rio Tavares foram respectivamente iguais a 88 e 74.

Todas as análises abrangeram os períodos de retorno mais freqüentes em estudos desta natureza, conforme mencionado anteriormente. Os resultados das precipitações efetivas determinadas para estes dois cenários encontram-se nos Apêndices I e II (Figuras 3A, 4A, 3B, 4B e Tabelas 3A, 4A, 3B, 4B).

3.8.6.4 Obtenção dos hidrogramas afluentes ao local de interesse.

A obtenção dos hidrogramas afluentes ao local de implantação do futuro Campus da UFSC na Fazenda Ressacada foi realizada com emprego do hidrograma unitário sintético curvilíneo, de acordo aos procedimentos empregados pelo NRCS (Tucci, 1997).

A definição das características dos hidrogramas unitários sintéticos apoiou-se nas informações referentes aos tempos de concentração das sub-bacias, apresentadas anteriormente, além dos valores das durações das chuvas unitárias (*tdu*) também, já apresentadas. Foram determinados os valores dos tempos de ascensão (*ta*) e descargas de pico dos hidrogramas unitários sintéticos para precipitação efetiva de 1 mm, conforme Tabela 10.

Tabela 10 - Valores característicos dos hidrogramas unitários sintéticos.

Bacia Tapera				Bacia do Rio Tavares			
ta		tdu	Qp _{ico}	ta		tdu	Qp _{ico}
min	horas	min	m ³ /s	min	horas	min	m ³ /s
126	2,10	31,50	41,23	91	1,52	22,75	57,09

Posteriormente, os hidrogramas correspondentes aos eventos chuvosos críticos foram determinados por interpolação dos hidrogramas unitários sintéticos para cada uma das sub-bacias, seguindo-se os períodos de retorno adotados anteriormente e foram determinados para os 3 cenários de uso e ocupação considerados. Os mesmos são apresentados nos Apêndices I e II (Figuras 5A, 6A, 7A, 5B, 6B e 7B).

3.8.6.5 Análise da urbanização proposta

Segundo os resultados obtidos com os hidrogramas correspondentes aos eventos chuvosos para as bacias da Tapera e do Rio Tavares percebe-se que a ocupação atual das bacias (Cenário1), em um evento chuvoso de, por exemplo, 60 min de duração e para o período de retorno de 100 anos, levam a descarga total de aproximadamente 9,0 m³/s para as bacias da Tapera e do Rio Tavares.

Ao considerar o Cenário 2, para um evento de, por exemplo 60 min de duração e período de retorno de 100 anos, tem-se as descargas de aproximadamente 34 m³/s e 33 m³/s para as bacias da Tapera e do Rio Tavares respectivamente. Em relação ao Cenário 3, para estas mesmas considerações, as descargas passam para 41 m³/s e 45 m³/s nas bacias respectivamente. Ao considerar eventos de chuvas com maiores durações, as descargas afluentes aumentam gradativamente.

Neste sentido, é necessária a verificação da capacidade de transporte e armazenamento dos cursos d'água à jusante da Fazenda Experimental (Canal da Tapera e Rib. do Porto), bem como da bacia do Rio Tavares para a definição de medidas adequadas que devem ser objetos de análise, planejamento e projeto de engenharia apropriados.

No presente estudo os cenários adotados para avaliação das vazões procuraram estabelecer uma avaliação macro no que diz respeito à futura implantação do novo Campus da UFSC na Fazenda Ressacada, especialmente pela consideração exacerbada da ocupação que pode ocorrer como consequência na região. Entretanto, a adoção de ações preventivas cujos custos são significativamente baixos em áreas não ocupadas, frente a ações corretivas é de grande importância tendo em vista o papel da Universidade para a comunidade local e para o município de Florianópolis, bem como na necessidade de prevenir a ocorrência de problemas adicionais de inundações na região da UTAP do Rio Tavares, os quais já foram descritos neste estudo como recorrentes em eventos de chuva intensa.

A implantação de instalações, caminhos, edifícios e outras áreas urbanizadas, realizada com emprego de materiais e procedimentos capazes de oferecer sustentabilidade sob o ponto de vista da drenagem, poderão impedir que o incremento das vazões decorrente da urbanização da área da Fazenda cause danos especialmente à comunidade do bairro da Tapera, localizada a jusante da área da Fazenda.

A proposição de um sistema de drenagem para a área compreendida pelas edificações, caminhos e passeios do futuro Campus da UFSC na Ressacada deverá apoiar-se na adoção de conceito basilar de sustentabilidade, no que concerne à captação e destino das águas de chuva. Segundo este conceito, a fim de que sejam evitadas inundações, o sistema de drenagem deve ser constituído por medidas estruturais abrangentes que, em primeiro lugar, sejam capazes de promover o escoamento das águas de chuva de forma lenta e gradual, ou

seja, sob condição de baixas velocidades, de forma a não tornar possível a concentração simultânea de volumes oriundos de diferentes partes do sistema de captação em pontos de descarga. Simultânea e complementarmente, tal sistema deve ser concebido com recursos técnicos capazes de realizar retenção de parcela dos volumes de afluxo, visando promover a recomposição do ciclo hidrológico, bem como aproveitamento das águas armazenadas quando seja possível, frente aos requisitos de qualidade.

As estratégias a serem adotadas assentam-se em técnicas e tecnologias capazes de realizar o armazenamento temporário das águas de chuva próximas ao local de precipitação, efetivando as descargas dos volumes armazenados sob condição de fluxos reduzidos, aproveitando os excedentes e divergindo parte destes volumes para sistemas de infiltração no solo. Sob esta concepção e orientação, os componentes do sistema de drenagem podem ser desenvolvidos de forma integrada, reduzindo significativamente o potencial de impacto da implantação das obras.

Percebeu-se ainda que o atual sistema de drenagem da Fazenda Ressacada está sob capacidade limite, em alguns locais danificada e sem manutenção. Soma-se a isso a própria característica local de região plana com possível presença de lençol freático com pouca profundidade, o que corrobora com o encharcamento facilitado do solo e consequente rapidez da acumulação de água em diversos pontos da região da Fazenda na ocorrência de eventos chuvosos intensos. Portanto, recomenda-se que tendo em vistas a locação de novas edificações na área da Fazenda Ressacada, que o sistema existente seja revisto, reestruturado e redimensionado de forma a atender a necessidade já existente de melhorias no sistema de drenagem.

3.8.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CETESB/DAEE. Drenagem Urbana: Manual de Projeto. São Paulo: CETESB, 1978, 484p.

NAGHETTINI, M. e PINTO, E.J.A. Hidrologia estatística. Belo Horizonte: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2007, 552 p.

TUCCI, C.E.M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Ed. da URS, 1997, 640p.

3.8.8 Apêndice I

3.8.8.1 Bacia da Tapera – Chuva de Projeto

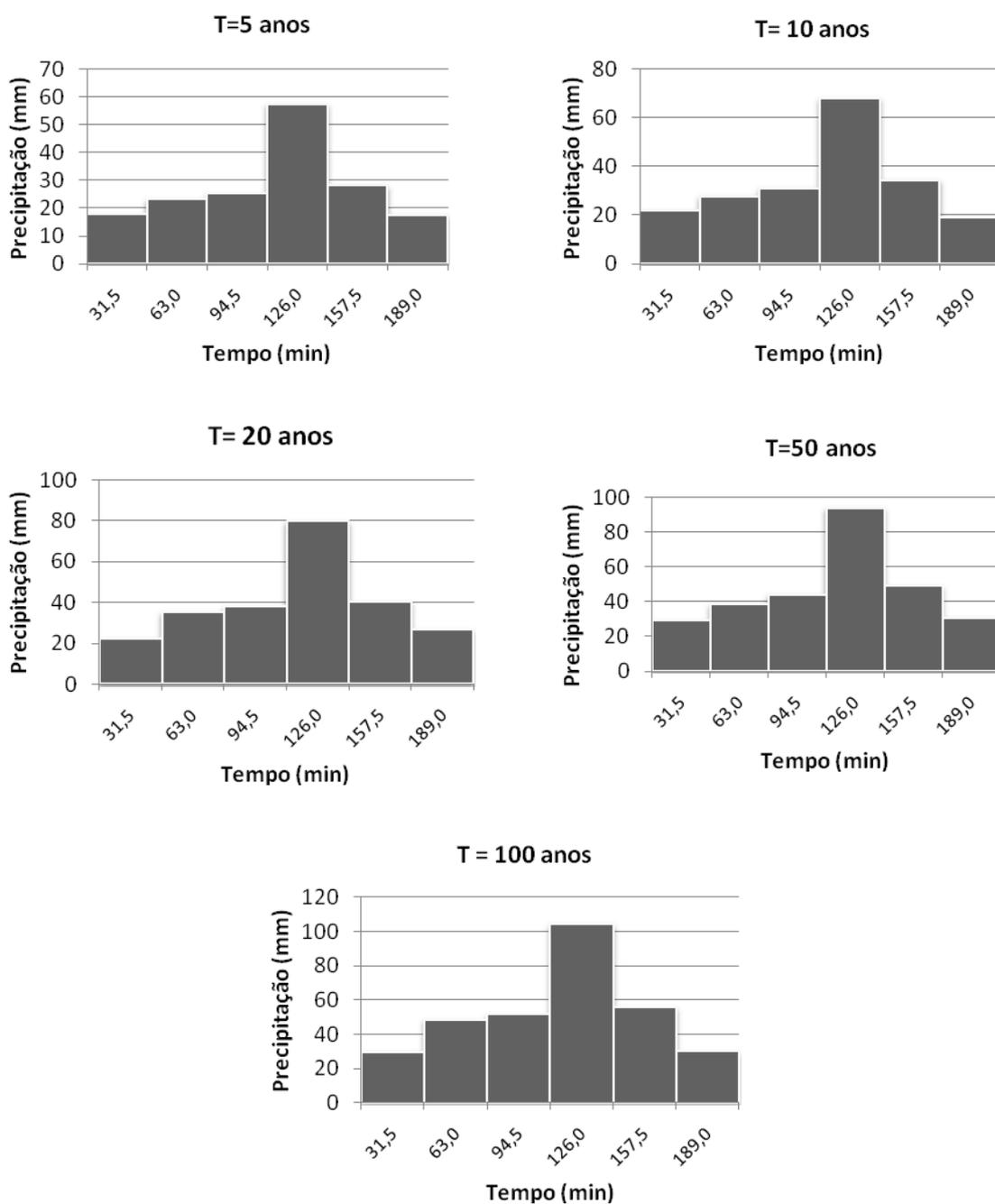


Figura 1A – Chuva de projeto para bacia da Tapera, com diferentes períodos de retorno

3.8.8.2 Bacia da Tapera – Precipitação efetiva (Cenário I ou uso atual)

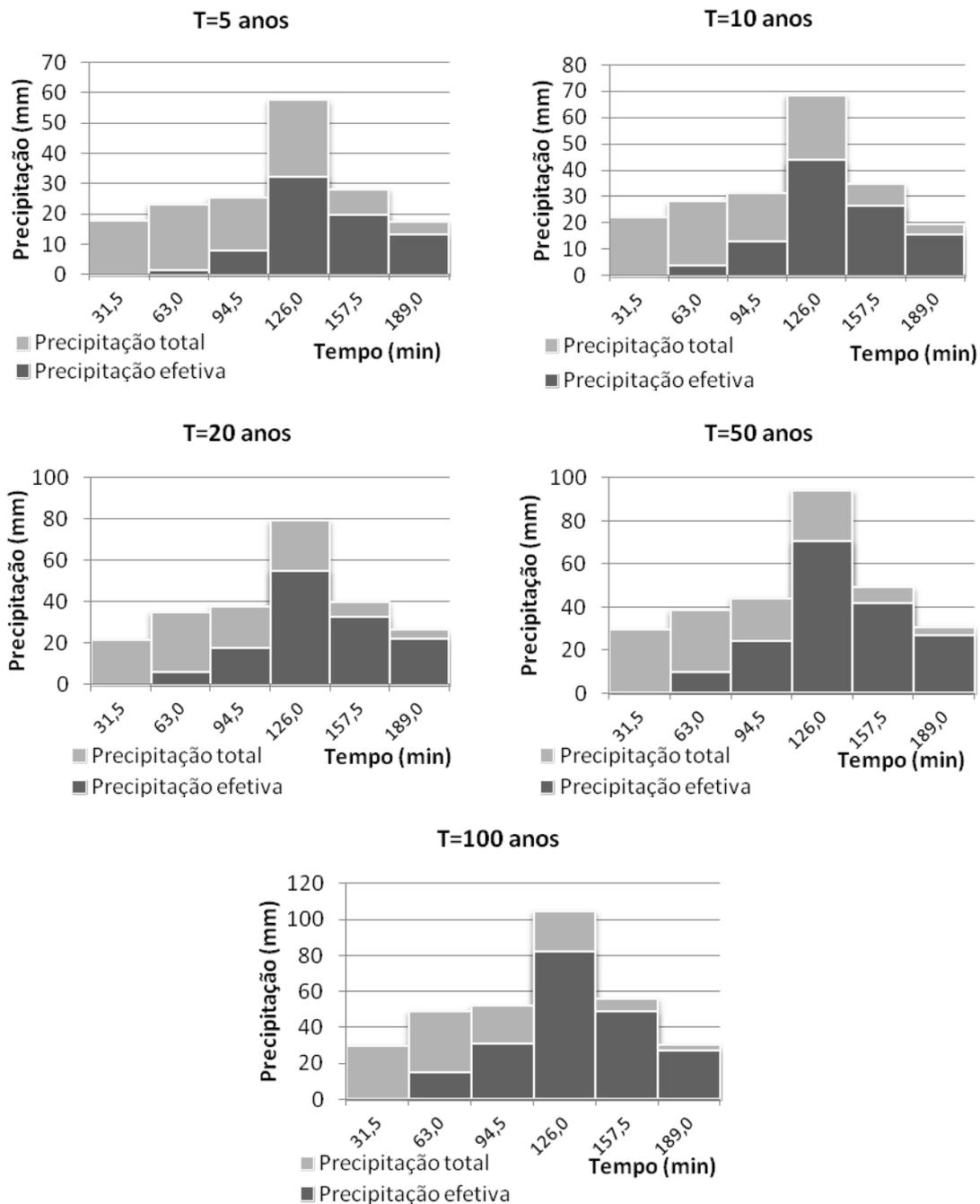


Figura 2A – Precipitação efetiva para bacia Tapera, com diferentes períodos de retorno. (Cenário I).

3.8.8.3 Bacia da Tapera – Precipitação efetiva (Cenário II)

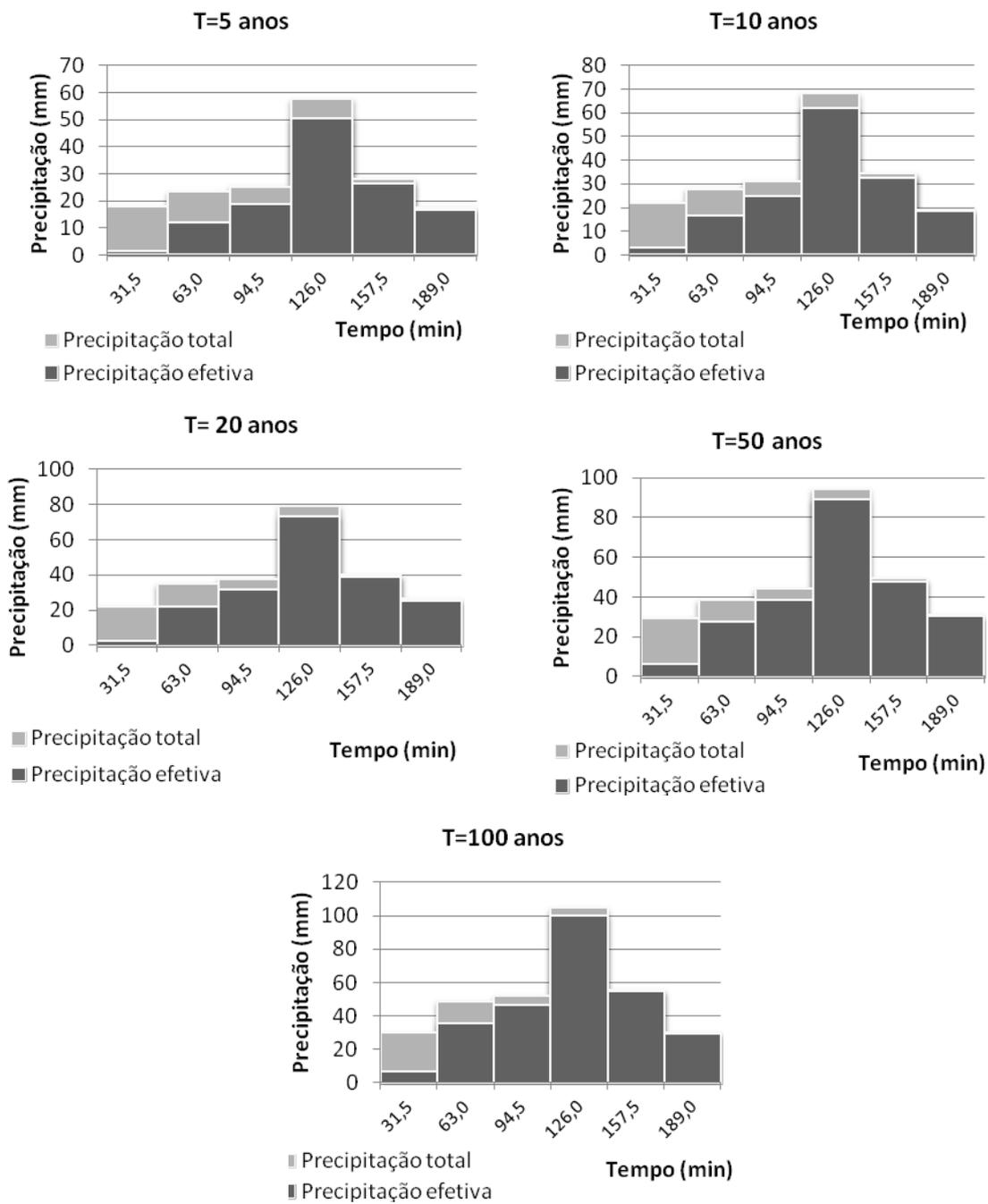


Figura 3A – Precipitação efetiva para bacia da Tapera, com diferentes períodos de retorno (Cenário II).

3.8.8.4 Bacia da Tapera – Precipitação efetiva (Cenário III)

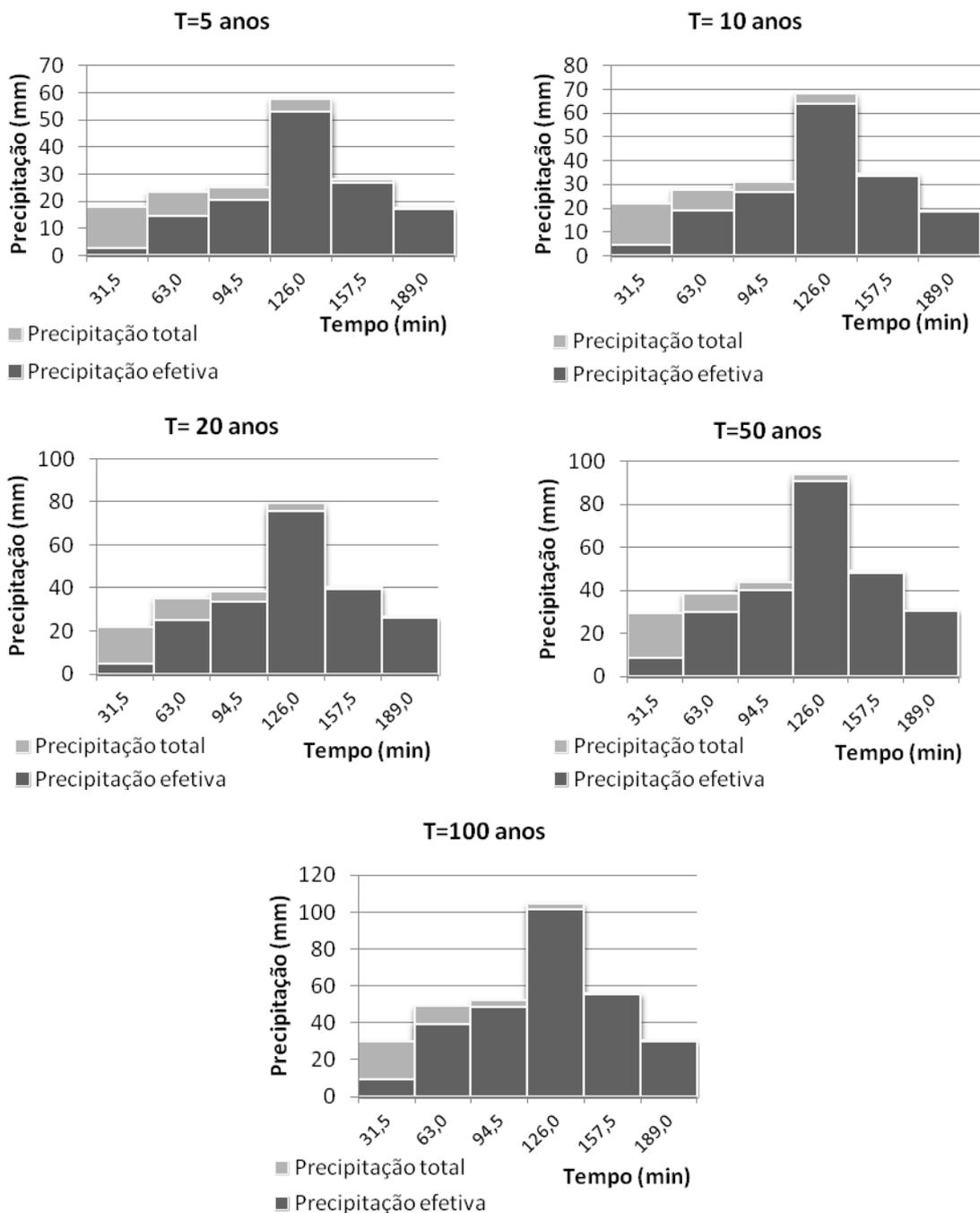


Figura 4A – Precipitação efetiva para bacia Tapera (2), com diferentes períodos de retorno (Cenário III).

3.8.8.5 Bacia da Tapera – Determinação da Chuva de Projeto (P).

T=5 anos				T=10 anos			
Bloco	Período (min)	Intensidade (mm/h)	Precipitação (mm)	Bloco	Período (min)	Intensidade (mm/h)	P
1	31,50	109,93	17,85	1	31,50	130,16	22,05
2	63,00	79,10	23,34	2	63,00	94,80	27,88
3	94,50	70,65	25,34	3	94,50	85,10	31,21
4	126,00	64,10	57,71	4	126,00	77,10	68,33
5	157,50	58,00	28,22	5	157,50	69,00	34,49
6	189,00	54,00	17,64	6	189,00	64,50	19,22

T=20 anos				T=50 anos			
Bloco	Período (min)	Intensidade (mm/h)	P	Bloco	Período (min)	Intensidade (mm/h)	P
1	31,50	151,26	21,79	1	31,50	179,68	29,40
2	63,00	111,80	35,12	2	63,00	132,00	38,64
3	94,50	100,10	37,98	3	94,50	119,20	44,27
4	126,00	91,80	79,41	4	126,00	107,80	94,33
5	157,50	83,50	40,27	5	157,50	98,00	49,14
6	189,00	76,50	26,41	6	189,00	91,00	30,87

T=100 anos			
Bloco	Período (min)	Intensidade (mm/h)	P
1	31,50	199,30	29,93
2	63,00	149,10	48,81
3	94,50	134,88	51,93
4	126,00	124,40	104,63
5	157,50	111,00	55,87
6	189,00	102,00	30,14

Tabelas 1A – Blocos alternados para bacia da Tapera, com diferentes períodos de retorno.

3.8.8.6 Bacia da Tapera – Determinação da Precipitação efetiva e Perdas (Cenário I)

T=5 anos				
Bloco	Tempo (min)	Precip. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	31,50	17,85	0,00	17,85
2	63,00	23,34	1,55	21,79
3	94,50	25,34	7,97	17,37
4	126,00	57,71	32,50	25,21
5	157,50	28,22	20,01	8,21
6	189,00	17,64	13,37	4,27

T=10 anos				
Bloco	Tempo (min)	Precip. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	31,50	22,05	0,00	22,05
2	63,00	27,88	3,65	24,23
3	94,50	31,21	12,61	18,60
4	126,00	68,33	43,56	24,78
5	157,50	34,49	26,44	8,05
6	189,00	19,22	15,51	3,70

T=20 anos				
Bloco	Tempo (min)	Precip. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	31,50	21,79	0,00	21,79
2	63,00	35,12	5,85	29,27
3	94,50	37,98	17,81	20,16
4	126,00	79,41	54,99	24,42
5	157,50	40,27	32,53	7,74
6	189,00	26,41	22,31	4,10

T=50 anos				
Bloco	Tempo (min)	Precip. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	31,50	29,40	0,08	29,32
2	63,00	38,64	10,07	28,57
3	94,50	44,27	24,04	20,22
4	126,00	94,33	70,42	23,91
5	157,50	49,14	41,64	7,50
6	189,00	30,87	27,12	3,75

T=100 anos				
Bloco	Tempo (min)	Precip. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	31,50	29,93	0,10	29,82
2	63,00	48,81	14,96	33,85
3	94,50	51,93	31,33	20,60
4	126,00	104,63	82,24	22,39
5	157,50	55,87	48,76	7,11
6	189,00	30,14	27,08	3,06

Tabelas 2A – Precipitações efetivas e Perdas para bacia Tapera (2), com diferentes períodos de retorno. Cenário I

3.8.8.7 Bacia da Tapera– Determinação da Precipitação efetiva e Perdas (Cenário II)

T=5 anos				
Bloco	Tempo (min)	Precip. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	31,50	17,85	1,47	16,38
2	63,00	23,34	12,01	11,33
3	94,50	25,34	18,89	6,45
4	126,00	57,71	50,64	7,07
5	157,50	28,22	26,34	1,88
6	189,00	17,64	16,73	0,91

T=10 anos				
Bloco	Tempo (min)	Precip. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	31,50	22,05	2,96	19,09
2	63,00	27,88	16,60	11,27
3	94,50	31,21	24,96	6,25
4	126,00	68,33	62,00	6,33
5	157,50	34,49	32,79	1,70
6	189,00	19,22	18,48	0,73

T=20 anos				
Bloco	Tempo (min)	Precip. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	31,50	21,79	2,85	18,94
2	63,00	35,12	21,93	13,20
3	94,50	37,98	31,69	6,29
4	126,00	79,41	73,60	5,81
5	157,50	40,27	38,73	1,54
6	189,00	26,41	25,64	0,77

T=50 anos				
Bloco	Tempo (min)	Precip. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	31,50	29,40	6,40	23,00
2	63,00	38,64	27,19	11,45
3	94,50	44,27	38,49	5,78
4	126,00	94,33	89,06	5,27
5	157,50	49,14	47,74	1,40
6	189,00	30,87	30,21	0,66

T=100 anos				
Bloco	Tempo (min)	Precip. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	31,50	29,93	6,68	23,25
2	63,00	48,81	35,80	13,01
3	94,50	51,93	46,46	5,47
4	126,00	104,63	99,97	4,66
5	157,50	55,87	54,61	1,27
6	189,00	30,14	29,62	0,52

Tabelas 3A – Precipitações efetivas e Perdas para bacia Tapera, com diferentes períodos de retorno (Cenário II).

3.8.8.8 Bacia da Tapera– Determinação da Precipitação efetiva e Perdas (Cenário III)

T=5 anos				
Bloco	Tempo (min)	Precip. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	31,50	17,85	2.62	15.23
2	63,00	23,34	14.42	8.92
3	94,50	25,34	20.66	4.68
4	126,00	57,71	52.88	4.84
5	157,50	28,22	26.98	1.24
6	189,00	17,64	17.05	0.59

T=10 anos				
Bloco	Tempo (min)	Precip. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	31.50	22.05	4.60	17.45
2	63.00	27.88	19.22	8.66
3	94.50	31.21	26.78	4.43
4	126.00	68.33	64.08	4.25
5	157.50	34.49	33.39	1.10
6	189.00	19.22	18.74	0.47

T=20 anos				
Bloco	Tempo (min)	Precip. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	31.50	21.79	4.46	17.33
2	63.00	35.12	25.06	10.06
3	94.50	37.98	33.59	4.39
4	126.00	79.41	75.56	3.85
5	157.50	40.27	39.28	0.99
6	189.00	26.41	25.92	0.49

T=50 anos				
Bloco	tempo (min)	Precip. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	31.50	29.40	8.84	20.56
2	63.00	38.64	30.16	8.48
3	94.50	44.27	40.31	3.96
4	126.00	94.33	90.88	3.45
5	157.50	49.14	48.25	0.89
6	189.00	30.87	30.45	0.42

T=100 anos				
Bloco	Tempo (min)	Precip. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	31,50	29,93	9.18	20.75
2	63,00	48,81	39.27	9.55
3	94,50	51,93	48.23	3.70
4	126,00	104,63	101.62	3.01
5	157,50	55,87	55.07	0.80
6	189,00	30,14	29.81	0.32

Tabelas 4A – Precipitações efetivas e Perdas para bacia da Tapera, com diferentes períodos de retorno (Cenário III).

3.8.8.9 Bacia da Tapera – Hidrogramas afluentes (Cenário I)

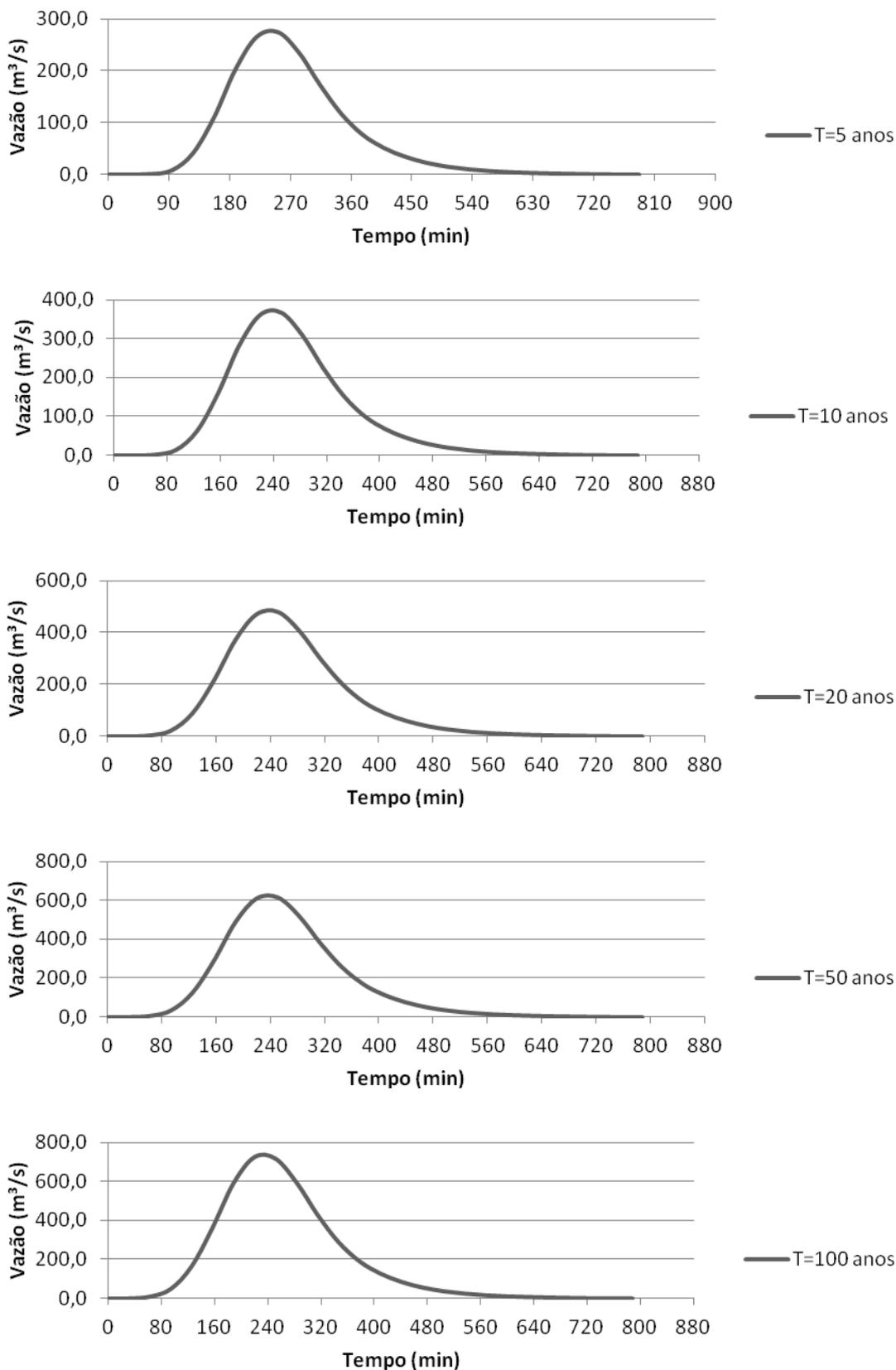


Figura 5A – Hidrogramas referentes à bacia da Tapera para os diferentes períodos de retorno (Cenário I).

3.8.8.10 Bacia da Tapera – Hidrogramas afluentes (Cenário II)

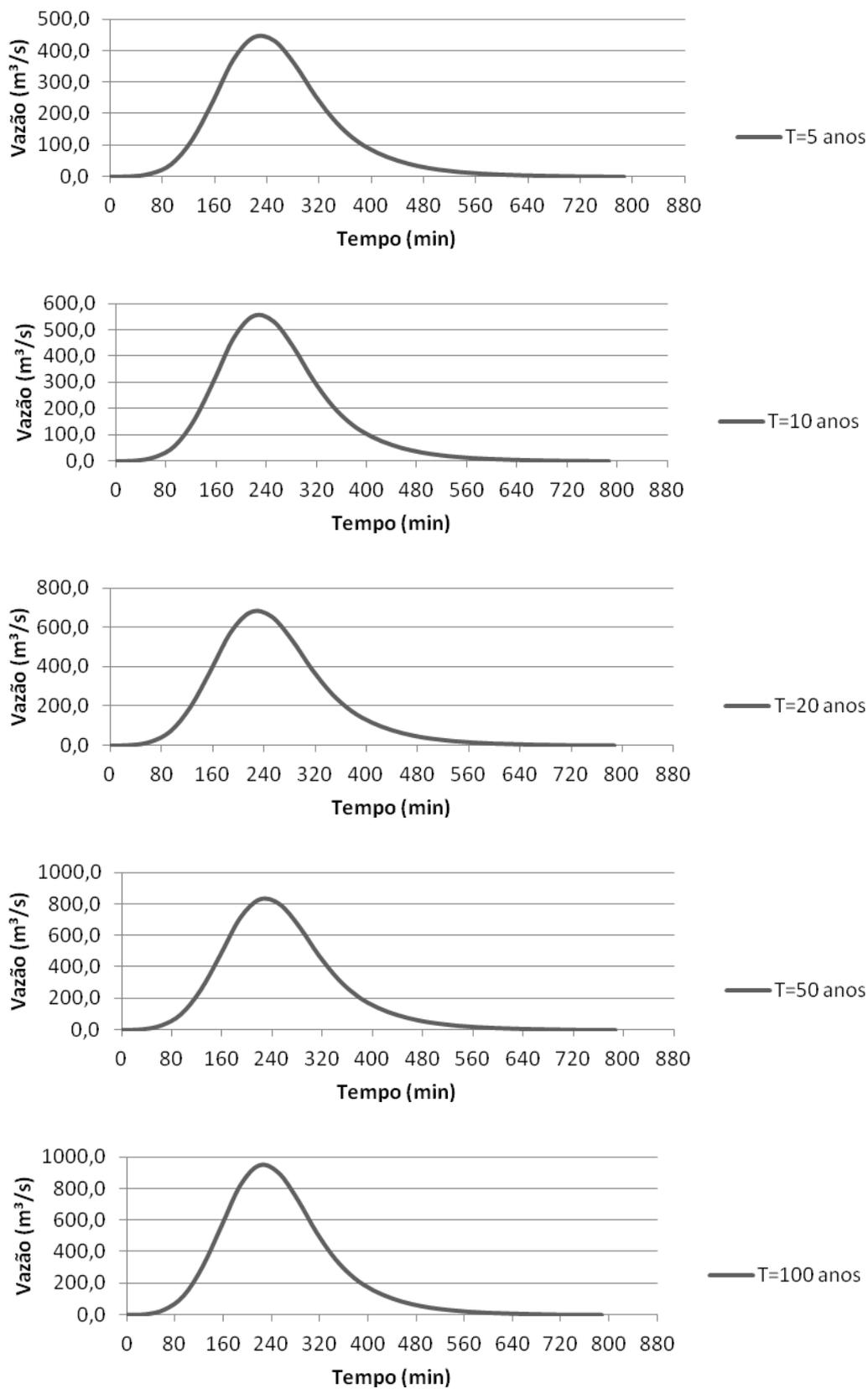


Figura 6A – Hidrogramas referentes à bacia da Tapera para os diferentes períodos de retorno (Cenário II).

3.8.8.11 Bacia da Tapera – Hidrogramas afluentes (Cenário III)

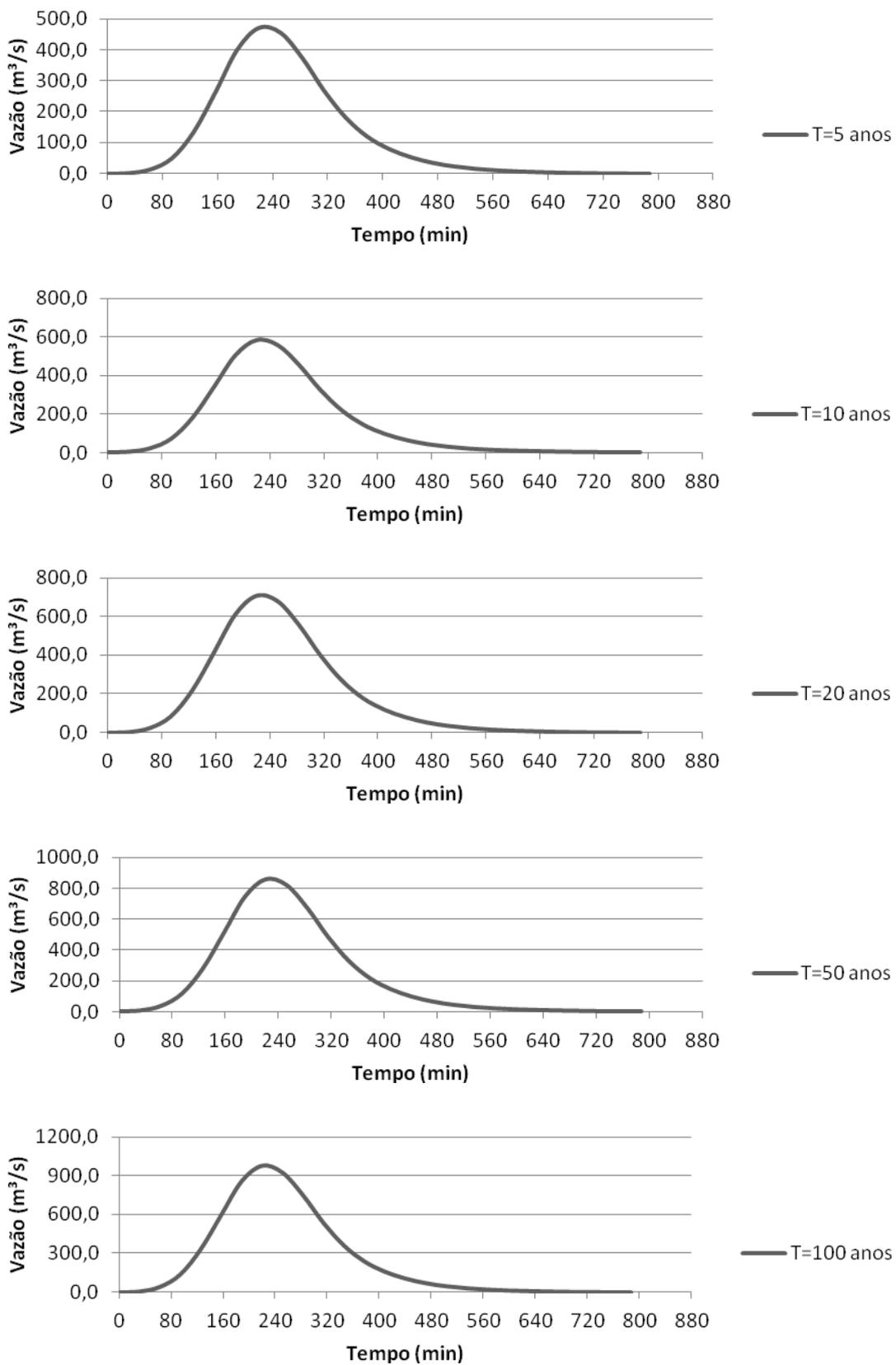


Figura 7A – Hidrogramas referentes à bacia da Tapera para os diferentes períodos de retorno (Cenário III).

3.8.9 Apêndice II

3.8.9.1 Bacia do Rio Tavares – Chuva de Projeto

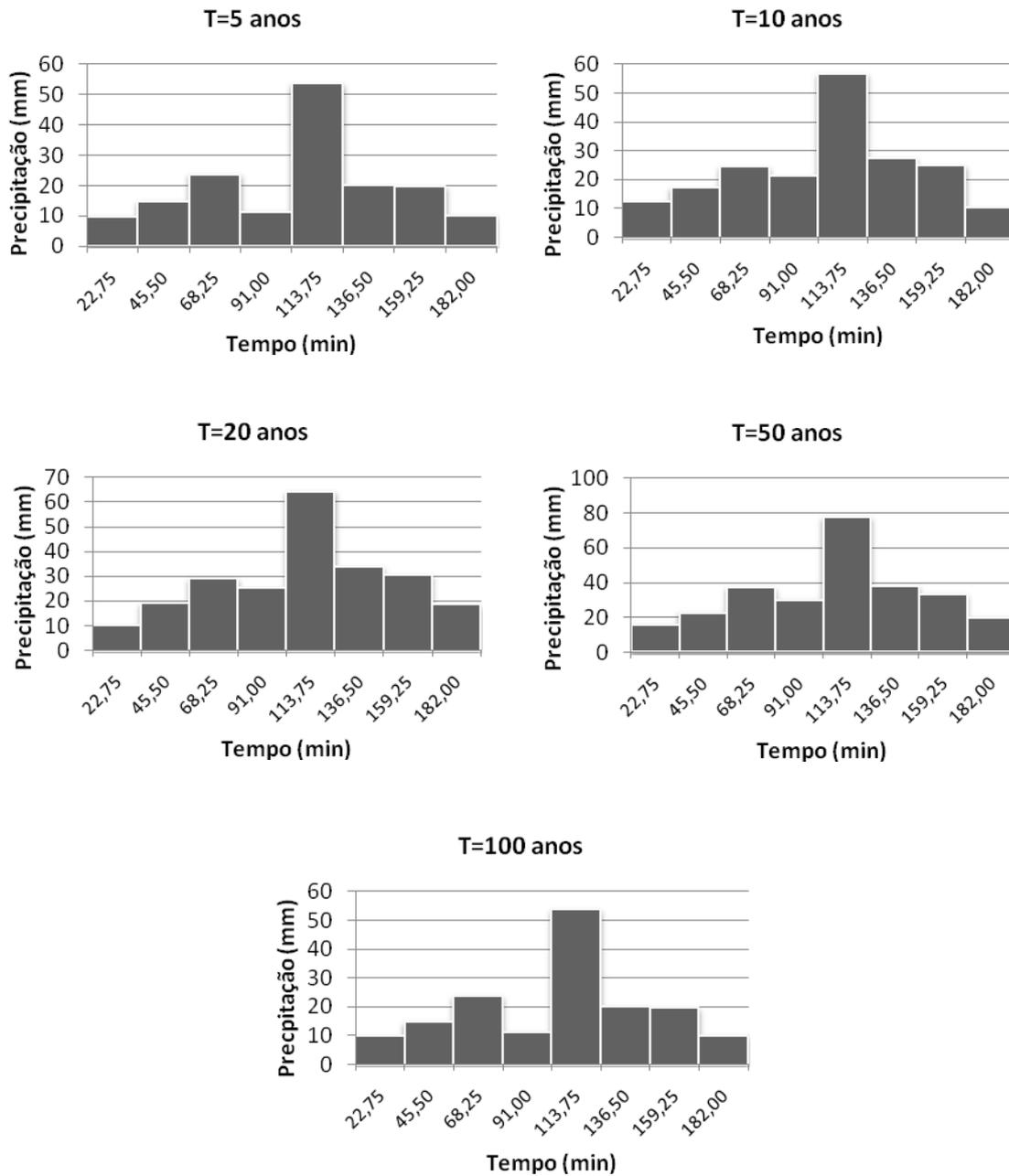


Figura 1B – Chuva de projeto para bacia do Rio Tavares para diferentes períodos de retorno.

3.8.9.2 Bacia Rio Tavares – Precipitação efetiva (Cenário I)

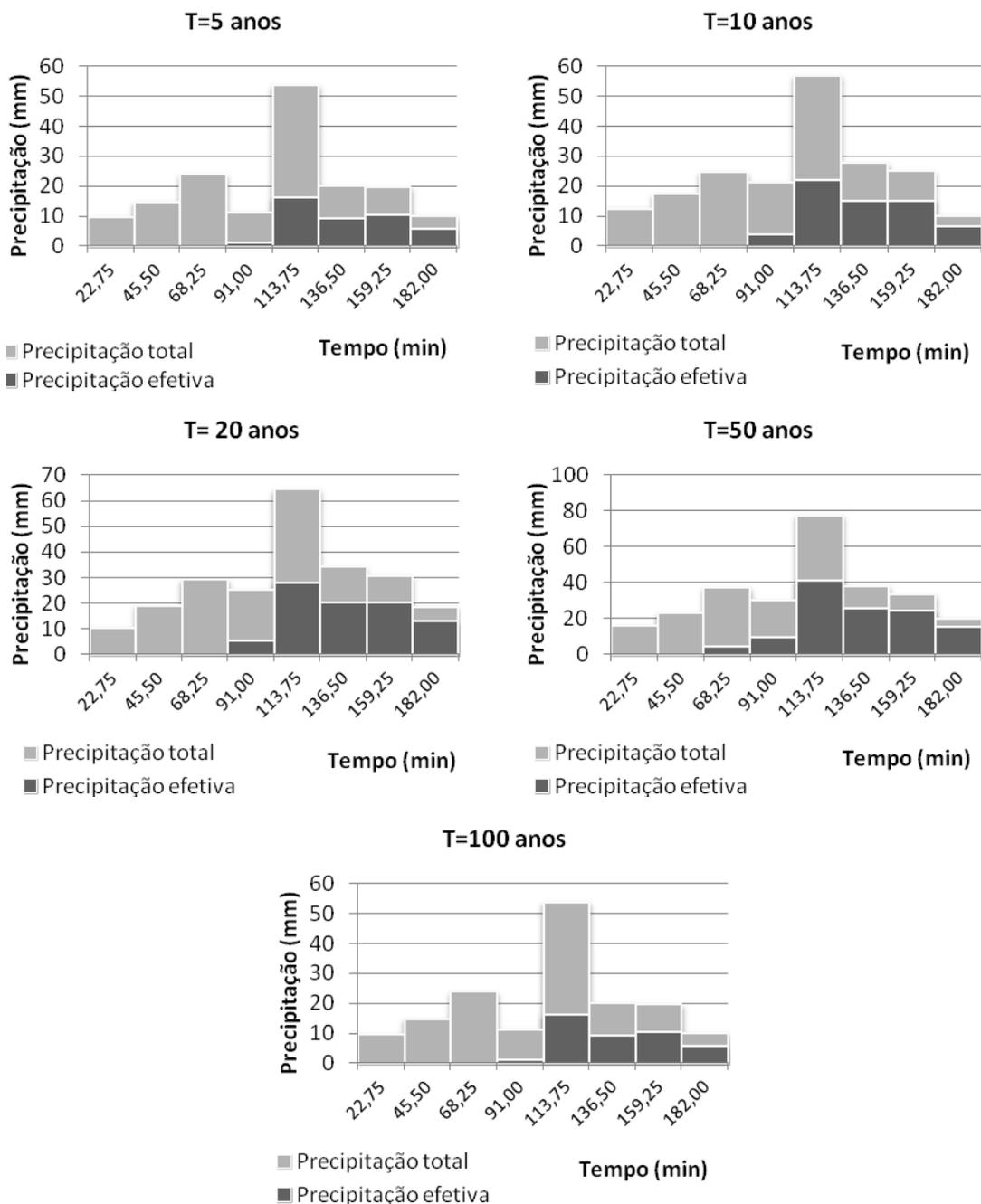


Figura 2B – Precipitação efetiva para bacia do Rio Tavares para diferentes períodos de retorno (Cenário I).

3.8.9.3 Bacia Rio Tavares – Precipitação efetiva (Cenário II)

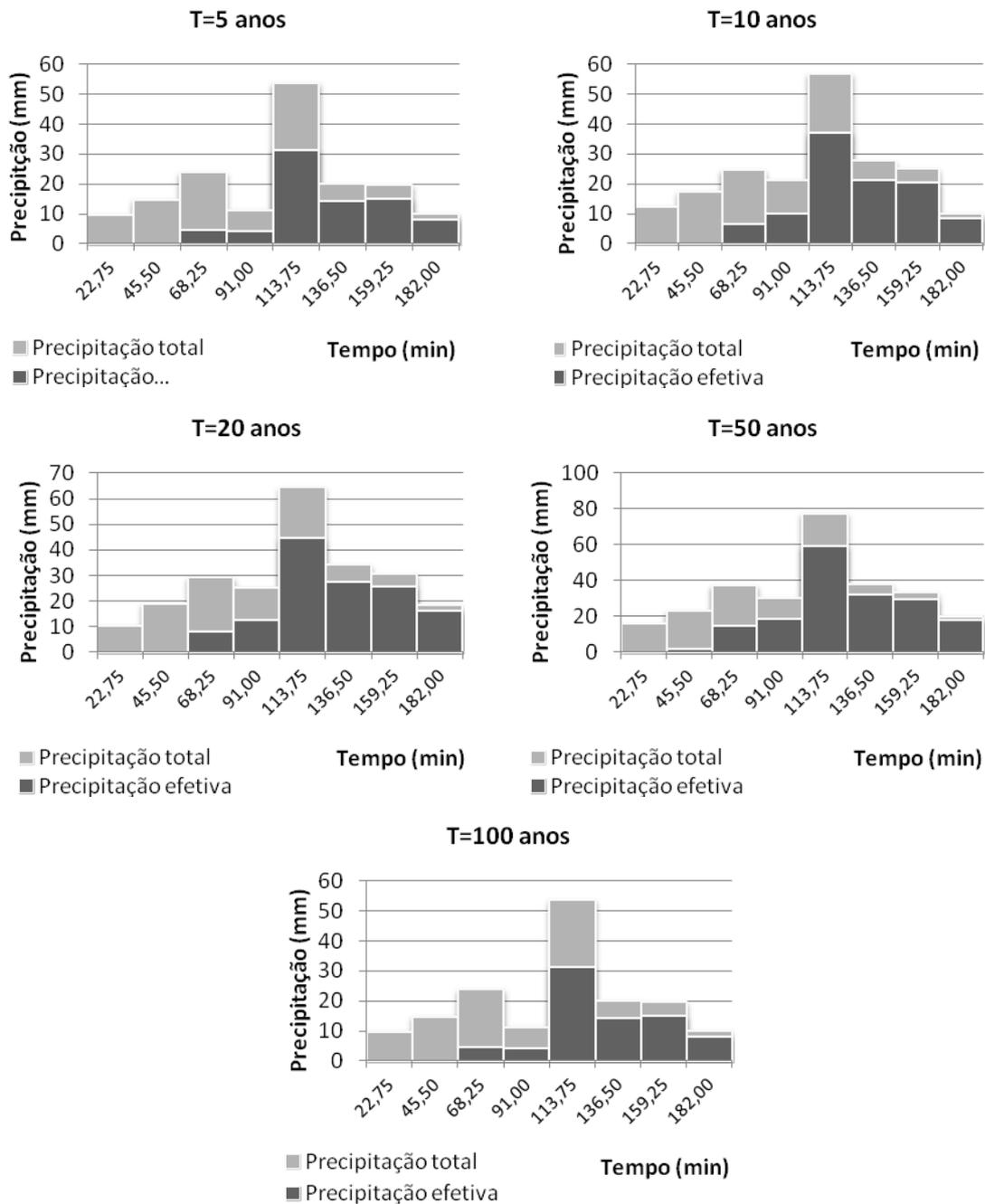


Figura 3B – Precipitação efetiva para bacia do Rio Tavares para diferentes períodos de retorno (Cenário II).

3.8.9.4 Bacia Rio Tavares – Precipitação efetiva (Cenário III)

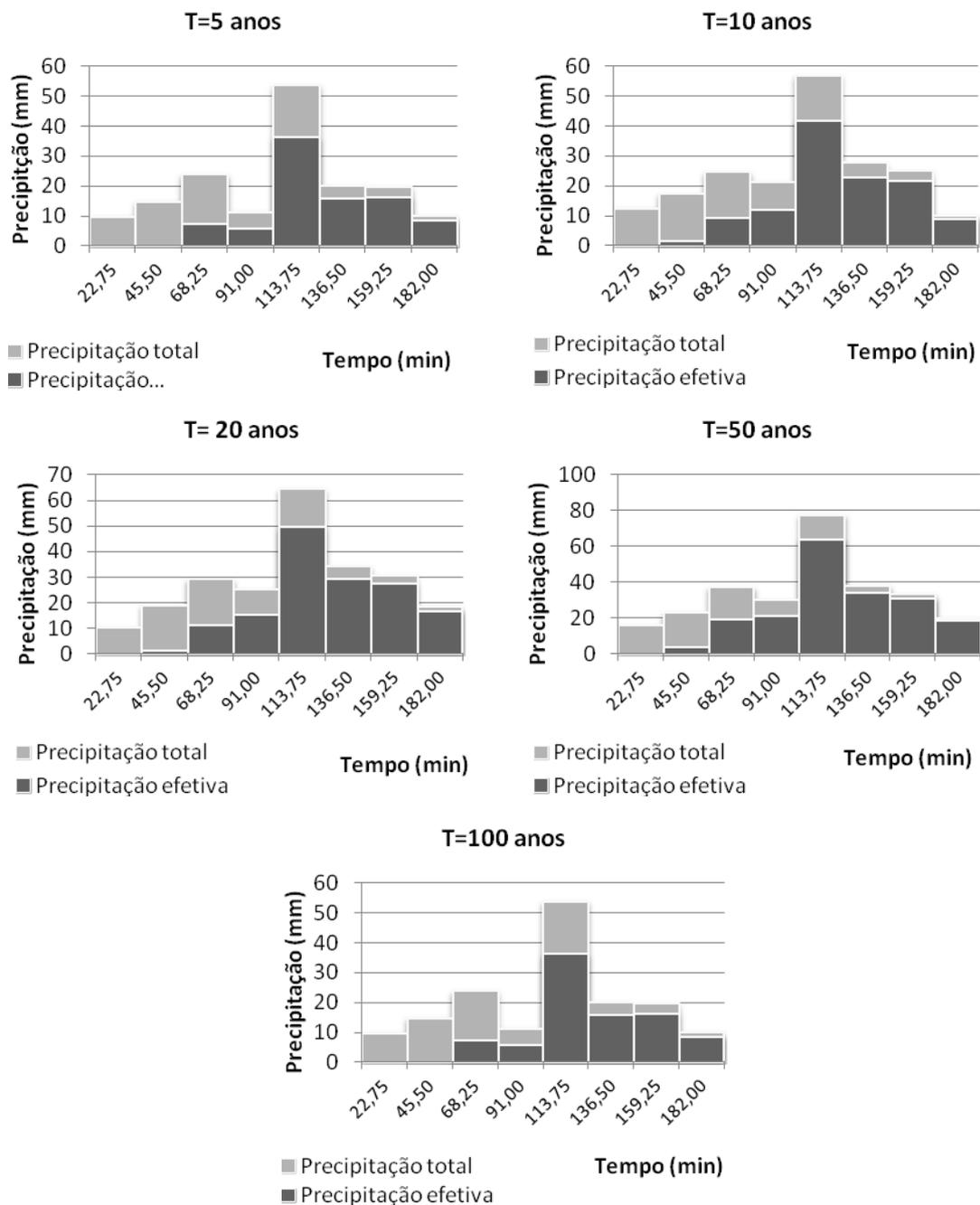


Figura 4B – Precipitação efetiva para Bacia do Tavares para diferentes períodos de retorno (Cenário III).

3.8.9.5 Bacia Rio Tavares – Determinação da Chuva de Projeto

T=5 anos			
Bloco	Período (min)	Intensidade (mm/h)	P
1	22,75	142,00	9,86
2	45,50	86,00	14,86
3	68,25	75,00	23,89
4	91,00	72,00	11,38
5	113,75	68,00	53,84
6	136,50	63,20	20,10
7	159,25	58,00	19,72
8	182,00	54,00	10,16

T=10 anos			
Bloco	Período (min)	Intensidade (mm/h)	P
1	22,75	150,00	12,51
2	45,50	103,00	17,44
3	68,25	93,00	24,65
4	91,00	86,00	21,23
5	113,75	82,00	56,88
6	136,50	76,00	27,68
7	159,25	69,00	25,03
8	182,00	64,50	10,24

T=20 anos			
Bloco	Período (min)	Intensidade (mm/h)	P
1	22,75	170,00	10,43
2	45,50	118,50	19,15
3	68,25	109,00	29,20
4	91,00	101,00	25,40
5	113,75	97,00	64,46
6	136,50	89,25	34,13
7	159,25	83,50	30,71
8	182,00	76,50	18,58

T=50 anos			
Bloco	Período (min)	Intensidade (mm/h)	P
1	22,75	205,00	15,93
2	45,50	142,50	22,94
3	68,25	128,50	37,35
4	91,00	121,00	30,33
5	113,75	114,50	77,73
6	136,50	105,50	38,11
7	159,25	98,00	33,56
8	182,00	91,00	20,10

T=100 anos			
Bloco	Período (min)	Intensidade (mm/h)	P
1	22,75	251,00	14,79
2	45,50	160,00	35,64
3	68,25	141,00	45,88
4	91,00	136,00	26,16
5	113,75	124,00	95,17
6	136,50	119,00	39,05
7	159,25	111,00	28,82
8	182,00	102,00	23,89

Tabelas 1B – Blocos alternados para Bacia do Rio Tavares para diferentes períodos de retorno.

3.8.9.6 Bacia Rio Tavares – Determinação da Precipitação efetiva e Perdas (Cenário I)

T=5 anos				
Bloco	tempo (min)	Prec. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	22,75	9,86	0,00	9,86
2	45,50	14,86	0,00	14,86
3	68,25	23,89	0,13	23,76
4	91,00	11,38	1,07	10,31
5	113,75	53,84	16,15	37,69
6	136,50	20,10	9,42	10,68
7	159,25	19,72	10,51	9,20
8	182,00	10,16	5,84	4,32

T=10 anos				
Bloco	tempo (min)	Prec. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	22,75	12,51	0,00	12,51
2	45,50	17,44	0,00	17,44
3	68,25	24,65	0,56	24,08
4	91,00	21,23	3,70	17,54
5	113,75	56,88	21,90	34,98
6	136,50	27,68	14,97	12,71
7	159,25	25,03	15,23	9,80
8	182,00	10,24	6,61	3,63

T=20 anos				
Bloco	tempo (min)	Prec. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	22,75	10,43	0,00	10,43
2	45,50	19,15	0,00	19,15
3	68,25	29,20	1,04	28,16
4	91,00	25,40	5,47	19,94
5	113,75	64,46	28,00	36,46
6	136,50	34,13	20,17	13,95
7	159,25	30,71	20,26	10,45
8	182,00	18,58	13,03	5,55

T=50 anos				
Bloco	tempo (min)	Prec. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	22,75	15,93	0,00	15,93
2	45,50	22,94	0,00	22,94
3	68,25	37,35	4,35	33,00
4	91,00	30,33	9,96	20,37
5	113,75	77,73	41,32	36,41
6	136,50	38,11	25,48	12,62
7	159,25	33,56	24,30	9,26
8	182,00	20,10	15,21	4,88

T=100 anos				
Bloco	tempo (min)	Prec. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	22,75	14,79	0,00	14,79
2	45,50	35,64	0,23	35,41
3	68,25	45,88	10,21	35,67
4	91,00	26,16	10,78	15,38
5	113,75	95,17	56,59	38,58
6	136,50	39,05	28,17	10,89
7	159,25	28,82	21,97	6,84
8	182,00	23,89	18,83	5,05

Tabelas 2B – Precipitações efetivas para Bacia do Rio Tavares para diferentes períodos de retorno (Cenário I).

3.8.9.7 Bacia do Rio Tavares – Determinação da Precipitação efetiva e Perdas (Cenário II)

T=5 anos					T=10 anos				
Bloco	tempo (min)	Prec. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)	Bloco	tempo (min)	Prec. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	22,75	9,86	0,00	9,86	1	22,75	12,51	0,00	12,51
2	45,50	14,86	0,03	14,83	2	45,50	17,44	0,42	17,02
3	68,25	23,89	4,72	19,17	3	68,25	24,65	6,50	18,14
4	91,00	11,38	4,38	7,00	4	91,00	21,23	9,89	11,34
5	113,75	53,84	31,25	22,60	5	113,75	56,88	37,09	19,78
6	136,50	20,10	14,43	5,66	6	136,50	27,68	21,29	6,39
7	159,25	19,72	15,06	4,65	7	159,25	25,03	20,35	4,68
8	182,00	10,16	8,04	2,12	8	182,00	10,24	8,56	1,68

T=20 anos					T=50 anos				
Bloco	tempo (min)	Prec. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)	Bloco	tempo (min)	Prec. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	22,75	10,43	0,00	10,43	1	22,75	15,93	0,00	15,93
2	45,50	19,15	0,38	18,77	2	45,50	22,94	1,98	20,96
3	68,25	29,20	8,23	20,96	3	68,25	37,35	15,04	22,31
4	91,00	25,40	12,84	12,56	4	91,00	30,33	18,41	11,92
5	113,75	64,46	44,52	19,94	5	113,75	77,73	59,16	18,57
6	136,50	34,13	27,37	6,76	6	136,50	38,11	32,37	5,74
7	159,25	30,71	25,92	4,79	7	159,25	33,56	29,54	4,01
8	182,00	18,58	16,12	2,46	8	182,00	20,10	18,04	2,05

T=100 anos				
Bloco	tempo (min)	Prec. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	22,75	14,79	0,00	14,79
2	45,50	35,64	5,38	30,26
3	68,25	45,88	23,41	22,47
4	91,00	26,16	17,67	8,50
5	113,75	95,17	76,40	18,77
6	136,50	39,05	34,32	4,73
7	159,25	28,82	25,95	2,86
8	182,00	23,89	21,83	2,06

Tabelas 3B – Precipitações efetivas para Bacia do Rio Tavares para os diferentes períodos de retorno (Cenário II).

3.8.9.8 Bacia Rio Tavares – Determinação da Precipitação efetiva e Perdas (Cenário III)

T=5 anos				
Bloco	tempo (min)	Prec. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	22,75	9,86	0,00	9,86
2	45,50	14,86	0,49	14,37
3	68,25	23,89	7,39	16,49
4	91,00	11,38	5,63	5,75
5	113,75	53,84	36,22	17,62
6	136,50	20,10	15,89	4,21
7	159,25	19,72	16,32	3,40
8	182,00	10,16	8,63	1,53

T=10 anos				
Bloco	tempo (min)	Prec. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	22,75	12,51	0,00	12,51
2	45,50	17,44	1,45	16,00
3	68,25	24,65	9,27	15,37
4	91,00	21,23	12,12	9,12
5	113,75	56,88	41,80	15,07
6	136,50	27,68	23,02	4,66
7	159,25	25,03	21,68	3,35
8	182,00	10,24	9,05	1,19

T=20 anos				
Bloco	tempo (min)	Prec. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	22,75	10,43	0,00	10,43
2	45,50	19,15	1,36	17,79
3	68,25	29,20	11,50	17,69
4	91,00	25,40	15,41	9,99
5	113,75	64,46	49,46	15,00
6	136,50	34,13	29,26	4,86
7	159,25	30,71	27,33	3,38
8	182,00	18,58	16,87	1,71

T=50 anos				
Bloco	tempo (min)	Prec. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	22,75	15,93	0,00	15,93
2	45,50	22,94	4,01	18,93
3	68,25	37,35	19,07	18,28
4	91,00	30,33	21,14	9,20
5	113,75	77,73	64,12	13,61
6	136,50	38,11	34,07	4,04
7	159,25	33,56	30,78	2,78
8	182,00	20,10	18,69	1,41

T=100 anos				
Bloco	tempo (min)	Prec. (mm)	P. efetiva (mm)	Perdas (mm)
1	22,75	14,79	0,00	14,79
2	45,50	35,64	8,71	26,93
3	68,25	45,88	27,99	17,89
4	91,00	26,16	19,75	6,41
5	113,75	95,17	81,64	13,53
6	136,50	39,05	35,77	3,28
7	159,25	28,82	26,86	1,96
8	182,00	23,89	22,49	1,40

Tabelas 4B – Precipitações efetivas para Bacia do Rio Tavares, com os diferentes períodos de retorno (Cenário III).

3.8.9.9 Bacia do Tavares – Hidrogramas afluentes (Cenário I)

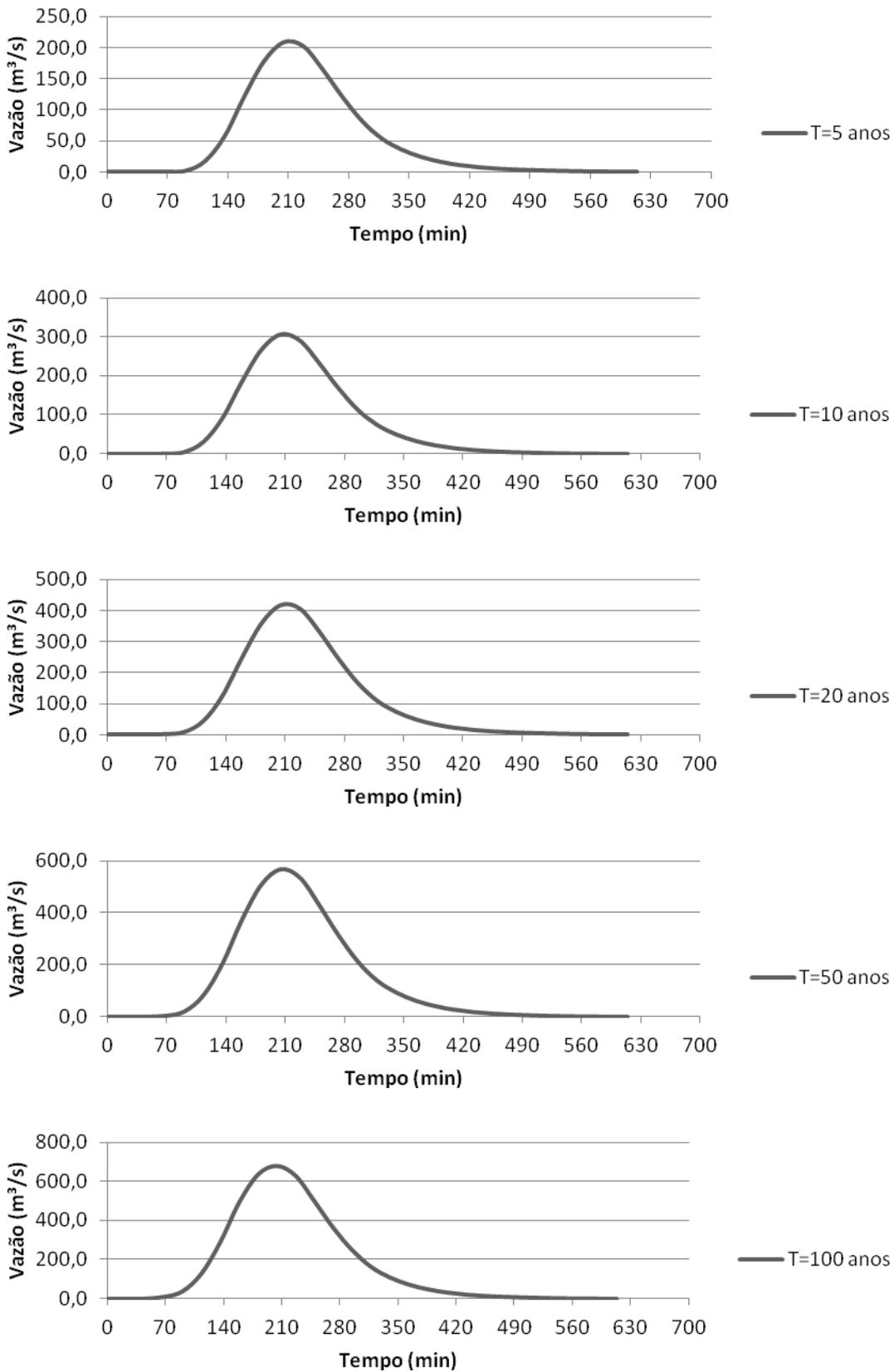


Figura 5B – Hidrogramas referentes à bacia Rio Tavares para os diferentes períodos de retorno (Cenário I).

3.8.9.10 Bacia Rio Tavares – Hidrogramas afluentes (Cenário II)

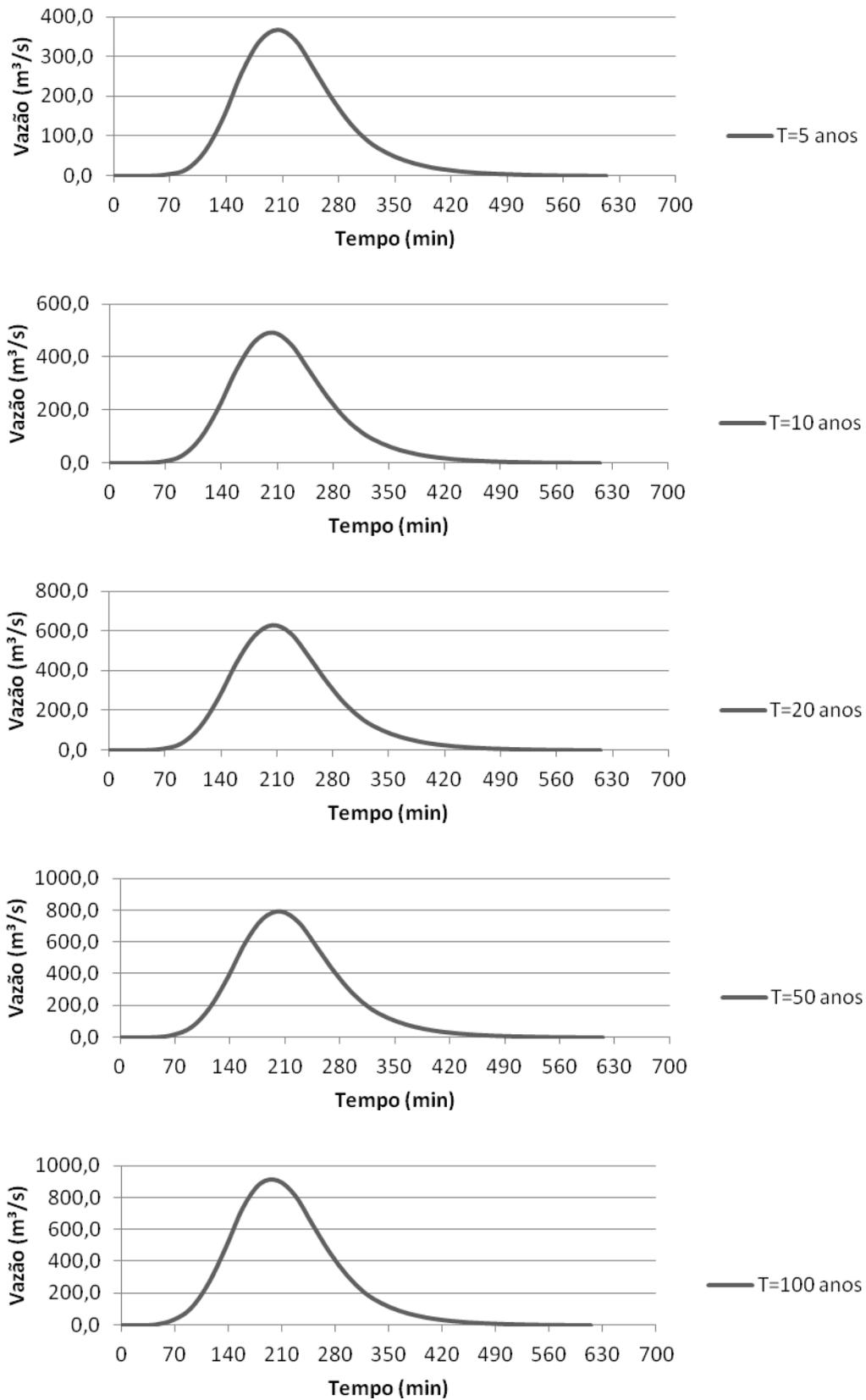


Figura 6B – Hidrogramas referentes à bacia Rio do Tavares para os diferentes períodos de retorno (Cenário II).

3.8.9.11 Bacia Rio Tavares – Hidrogramas afluentes (Cenário III)

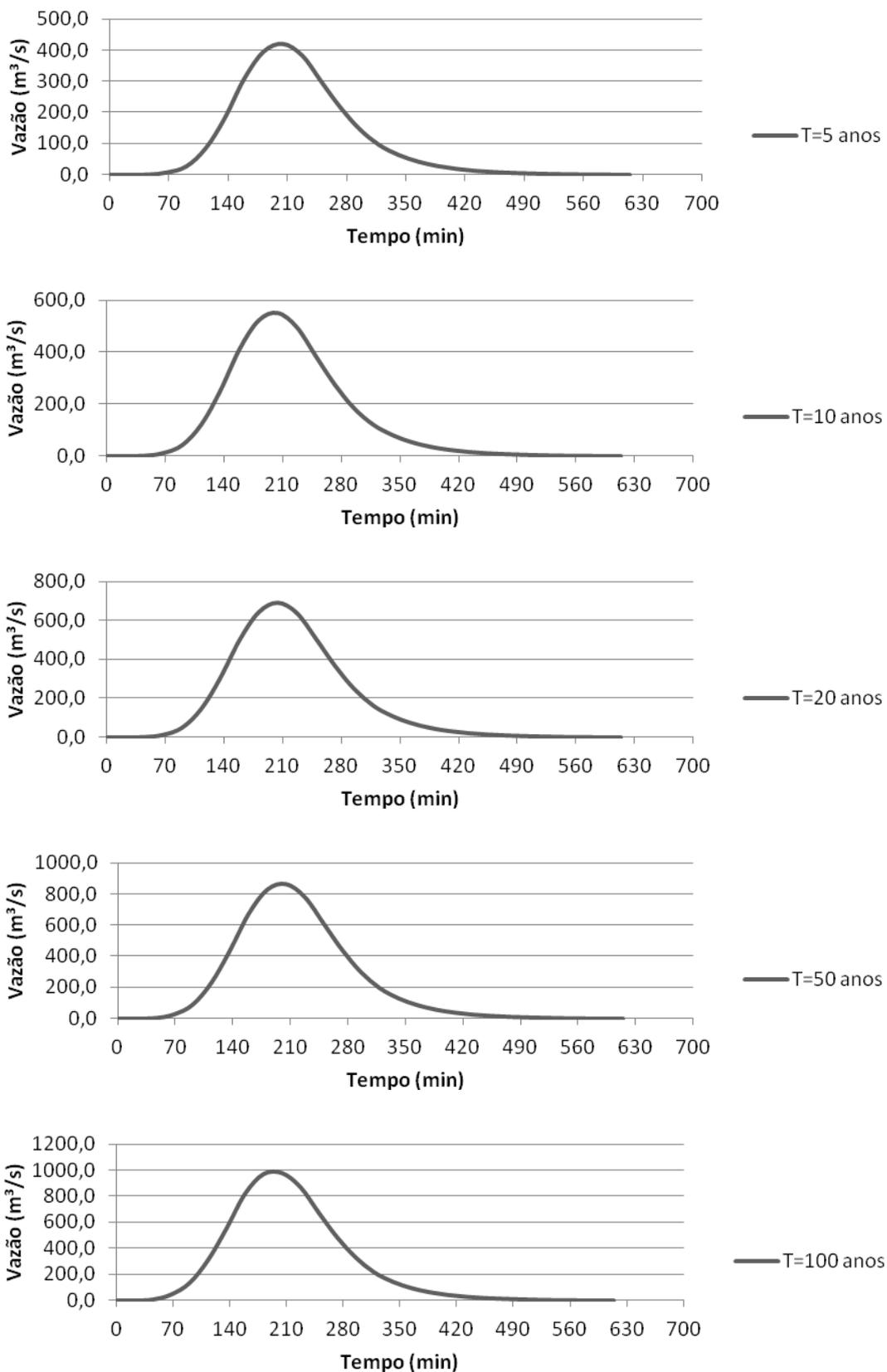


Figura 7B – Hidrogramas referentes à bacia do Rio Tavares para os diferentes períodos de retorno (Cenário III).