

PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA
SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO

PROGRAMA LAGOAS DO NORTE

ACORDO DE EMPRÉSTIMO Nº 7523-BR - BIRD

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DE TERESINA

Rev.01
Volume 25 – Tomo 07
Relatório Final

 **CONCREMAT**
E N G E N H A R I A
Julho/2012

PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA
SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO

PROGRAMA LAGOAS DO NORTE

ACORDO DE EMPRÉSTIMO Nº 7523-BR - BIRD

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DE TERESINA



Rev.01
Volume 25 – Tomo 07
Relatório Final

 **CONCREMAT**
E N G E N H A R I A
Julho/2012

Ficha Catalográfica

Município de Teresina, Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação, Plano Diretor de Drenagem Urbana de Teresina – 2010.

Teresina: Concremat Engenharia, 2010

V.25, T.07/15

Conteúdo: 25 V

Relatório Final - Tomo 07.

1. Planejamento. 2. Plano Diretor de Drenagem Urbana. 3. Teresina.

I. Concremat Engenharia, II. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação, III. Programa Lagoas do Norte

CDU 556:711.4

SUMÁRIO

TOMO 07

LISTA DE FIGURAS	II
LISTA DE QUADROS	VI
13 ASPECTOS GERAIS RELATIVOS À ETAPA 3	675
13.1 PROGNÓSTICOS E SELEÇÃO DE INTERVENÇÕES	675
13.2 MEDIDAS ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS PARA A DRENAGEM URBANA	676
13.2.1 <i>Medidas estruturais para o sistema de drenagem urbana</i>	<i>677</i>
13.2.2 <i>Medidas não estruturais para o controle da drenagem urbana.....</i>	<i>678</i>
13.3 PLANO DE OBRAS DOS SISTEMAS DE DRENAGEM	680
14 PROGNÓSTICOS E SELEÇÃO DAS INTERVENÇÕES	681
14.1 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	681
14.1.1 <i>Discretização das bacias hidrográficas da área urbana de Teresina</i>	<i>682</i>
14.1.2 <i>Riscos de projeto</i>	<i>682</i>
14.1.3 <i>Determinação dos Hidrogramas de Projeto para o Cenário Futuro</i>	<i>682</i>
14.2 DETERMINAÇÃO DA IMPERMEABILIDADE DO SOLO NO CENÁRIO FUTURO	683
14.2.1 <i>Taxa de Ocupação – TO</i>	<i>698</i>
14.2.2 <i>Coeficiente de Aproveitamento (CA)</i>	<i>699</i>
14.3 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE SIMULAÇÃO	706
14.4 HIDROGRAMAS DE PROJETO – CENÁRIO FUTURO	712
14.4.1 <i>Macrobacia da margem direita do rio Poti</i>	<i>715</i>
14.4.2 <i>Macrobacia da margem esquerda do rio Poti.....</i>	<i>724</i>
14.4.3 <i>Macrobacia do rio Parnaíba.....</i>	<i>740</i>

LISTA DE FIGURAS

TOMO 07

Figura 14.1. A Taxa de ocupação mede apenas a projeção da edificação sobre o terreno. (Fonte: Saboya, 2007).	698
Figura 14.2. A TO apenas muda com o número de pavimentos se houver elementos que se projetam para além dos limites do pavimento térreo.	699
Figura 14.3. Parâmetros de referência para a TO.	699
Figura 14.4. Variações do número de pavimentos e da TO, mantendo o mesmo CA.	700
Figura 14.5. Praça dos Três Poderes, Brasília – DF.	703
Figura 14.6. Maquete digital da Praça do PAC que será construída em Teresina (FONTE: Teresina, 2010).	704
Figura 14.7. Cemitério de Teresina (FONTE: Teresina, 2010).	705
Figura 14.8. Hietograma de projeto de Teresina para o tempo de retorno de 2 anos.	709
Figura 14.9. Hietograma de projeto de Teresina para o tempo de retorno de 5 anos.	710
Figura 14.10. Hietograma de projeto de Teresina para o tempo de retorno de 10 anos.	710
Figura 14.11. Hietograma de projeto de Teresina para o tempo de retorno de 25 anos.	711
Figura 14.12. Hietograma de projeto de Teresina para o tempo de retorno de 50 anos.	711
Figura 14.13. Hietograma de projeto de Teresina para o tempo de retorno de 100 anos. ..	712
Figura 14.14. Relações CN x Área Impermeável para os grupos de solo do SCS (Adaptado: SCS, 1957).	713
Figura 14.15. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD01... 716	
Figura 14.16. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD02... 716	
Figura 14.17. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD03... 717	
Figura 14.18. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD04... 717	

Figura 14.19. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD05...	718
Figura 14.20. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD06...	718
Figura 14.21. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD07...	719
Figura 14.22. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD08...	719
Figura 14.23. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD09...	720
Figura 14.24. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD10...	720
Figura 14.25. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD11...	721
Figura 14.26. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD12...	721
Figura 14.27. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD13...	722
Figura 14.28. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD14...	722
Figura 14.29. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD15...	723
Figura 14.30. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD16...	723
Figura 14.31. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE01. ..	724
Figura 14.32. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE02. ..	725
Figura 14.33. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE03. ..	725
Figura 14.34. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE04. ..	726
Figura 14.35. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE05. ..	726
Figura 14.36. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE06. ..	727
Figura 14.37. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE07. ..	727
Figura 14.38. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE08. ..	728
Figura 14.39. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE09. ..	728
Figura 14.40. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE10. ..	729
Figura 14.41. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE11. ..	729
Figura 14.42. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE12. ..	730

Figura 14.43. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE13. ..	730
Figura 14.44. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE14. ..	731
Figura 14.45. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE15. ..	731
Figura 14.46. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE16. ..	732
Figura 14.47. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE17. ..	732
Figura 14.48. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE18. ..	733
Figura 14.49. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE19. ..	733
Figura 14.50. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE20. ..	734
Figura 14.51. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE21. ..	734
Figura 14.52. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE22. ..	735
Figura 14.53. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE23. ..	735
Figura 14.54. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE24. ..	736
Figura 14.55. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE25. ..	736
Figura 14.56. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE26. ..	737
Figura 14.57. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE27. ..	737
Figura 14.58. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE28. ..	738
Figura 14.59. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE29. ..	738
Figura 14.60. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE30. ..	739
Figura 14.61. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE31. ..	739
Figura 14.62. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE32. ..	740
Figura 14.63. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P01.	741
Figura 14.64. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P02.	741
Figura 14.65. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P03.	742
Figura 14.66. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P04.	742

Figura 14.67. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P05.	743
Figura 14.68. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P06.	743
Figura 14.69. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P07.	744
Figura 14.70. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P08.	744
Figura 14.71. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P09.	745
Figura 14.72. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P10.	745
Figura 14.73. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P11.	746
Figura 14.74. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P12.	746
Figura 14.75. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P13.	747
Figura 14.76. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P14.	747
Figura 14.77. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P15.	748
Figura 14.78. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P16.	748
Figura 14.79. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P17.	749
Figura 14.80. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P18.	749
Figura 14.81. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P19.	750
Figura 14.82. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P20.	750

LISTA DE QUADROS

TOMO 07

Quadro 14.1. Legislação Municipal de Teresina inventariada	684
Quadro 14.2. População, densidade populacional e crescimento de Teresina (FONTE: IBGE, 2010 e Teresina, 2010).	692
Quadro 14.3. Taxa de Ocupação e Coeficiente de Aproveitamento para cada Zona prevista no Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015.....	701
Quadro 14.4. Taxa de Ocupação e Coeficiente de Aproveitamento para cada Zona prevista no Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015.....	702
Quadro 14.5. Valores do parâmetro tempo de concentração por sub-bacia de drenagem para o cenário de prognóstico.....	707
Quadro 14.6. Valores médios do parâmetro CN por sub-bacia de drenagem para o cenário de prognóstico.....	714

13 ASPECTOS GERAIS RELATIVOS À ETAPA 3

Conforme previsto no Plano de Trabalho Consolidado do PDDrU de Teresina, para elaboração das medidas de controle foram revisitados os resultados do diagnóstico e análise integrada feitos na etapa anterior para, posteriormente, realizar as análises de cenários futuros na bacia, a partir das previsões de ocupação do território parcialmente analisadas na Etapa 2.

Assim, em etapas anteriores, em função da ocupação prevista no *Plano de Desenvolvimento Sustentável de Teresina - Teresina Agenda 2015*, foram determinados o grau de impermeabilidade e os parâmetros hidrológicos para simulação com os quais foi realizada a simulação dos hidrogramas de projeto para os diversos cenários. Com base nestes hidrogramas, nesta etapa será realizado primeiramente o prognóstico mediante a modelagem hidrodinâmica do sistema, a partir dos hidrogramas obtidos para o *Cenário Futuro* de uso e ocupação do solo e dimensionando, conseqüentemente, os cenários Alternativos de Planejamento (medidas de controle).

Os cenários alternativos de planejamento consideraram a projeção de ocupação futura para a determinação das medidas de controle a serem propostas no Plano. Os capítulos a serem apresentados neste trabalho incluem o prognóstico e seleção de intervenções (até mesmo medidas estruturais e não estruturais) e o Plano de Obras dos sistemas de drenagem.

13.1 Prognósticos e Seleção de Intervenções

O prognóstico representa uma situação crítica, onde nenhuma intervenção de melhoria no sistema de drenagem ou implantação de medidas de controle é realizada. Essa análise fornece as diretrizes para os critérios de seleção e otimização das medidas de

controle a serem avaliadas. Como já mencionado, o cenário de prognóstico foi construído considerando a ocupação futura da cidade.

A análise da situação de prognóstico foi realizada empregando as mesmas metodologias e ferramentas hidrológicas e hidráulicas apresentadas nos volumes anteriores. Nessas condições, os hidrogramas do cenário futuro de uso e ocupação do solo (cenário de prognóstico) foram propagados nas redes de drenagem estimadas necessárias para o controle das enchentes. O dimensionamento das redes foi realizado em forma concentrada para áreas cuja capacidade hidráulica é suprida por seções de diâmetro igual a 1,5m ou equivalente.

Como resultado desta etapa se fornece a capacidade hidráulica necessária para o correto funcionamento da rede de drenagem.

13.2 Medidas Estruturais e Não Estruturais para a Drenagem Urbana

Com base na análise dos pontos críticos identificados no cenário de prognóstico, as medidas para o controle do escoamento são avaliadas de acordo com o tipo de ocupação urbana, ou seja, em locais onde a urbanização já está consolidada e locais onde ainda há espaço para a expansão urbana. Portanto, em função das características de cada sub-bacia da área urbana de Teresina, poderão ser adotadas diferentes medidas de controle.

Em locais onde a ocupação urbana já está consolidada, não havendo previsão de aumento de impermeabilidade do solo, são avaliadas as seguintes medidas de controle do escoamento: i) unicamente uso de reservatórios de amortecimento, sempre que possível, em áreas públicas; e ii) combinação de uso de reservatórios de amortecimento e ampliação das redes de drenagem. São basicamente medidas estruturais.

Em locais onde ainda existem espaços para a expansão urbana, são avaliadas as seguintes medidas de controle: i) legislação municipal que regulamenta a drenagem urbana em novos empreendimentos (conforme decreto municipal); ii) legislação municipal que regulamenta a drenagem urbana em novos empreendimentos (conforme proposta de

decreto ou norma municipal), associado ao uso de reservatórios de amortecimento, sempre que possível, em áreas públicas; e ii) legislação municipal que regulamenta a drenagem urbana em novos empreendimentos, associado ao uso de reservatórios de amortecimento, sempre que possível, em áreas públicas, e ampliação das redes de drenagem. Portanto, são basicamente medidas não estruturais.

13.2.1 Medidas estruturais para o sistema de drenagem urbana

Os resultados das simulações para todos os cenários avaliados e as características das medidas de controle analisadas são apresentados no capítulo correspondente, onde constam os aspectos negativos e positivos de cada solução encontrada. A Concremat acredita que a formulação e comparação de alternativas é passo importante na elaboração de um Plano Diretor. Essa etapa constitui um esforço criativo e sistemático, onde as alternativas são elaboradas conceitualmente, analisadas e desenvolvidas, quando consideradas promissoras.

Ressalte-se que o dimensionamento está sendo realizado conforme acordado com a equipe de acompanhamento em Agosto de 2010. Na indisponibilidade de cadastro da rede de drenagem pluvial em Teresina, e na previsão dentro do Edital e Plano de Trabalho consolidado de um levantamento ínfimo em relação à rede de drenagem pluvial existente em Teresina, a solução encontrada foi o dimensionamento, em nível de gestão, da rede de drenagem que deveria existir dentro de cada sub-bacia. A rede de drenagem assim determinada, quando da disponibilidade de cadastro, seria comparada com a existente e determinada sua eventual complementação. Ainda, o custo aproximado a ser solicitado (custo máximo) aos organismos de financiamento seria determinado, facilitando a concessão de créditos, uma vez que, a concepção em nível de gestão estaria pronta e o projeto se insere dentro de um Plano Diretor de Drenagem Urbana dentre os mais modernos do Brasil.

Para fins de análise das alternativas de controle contempladas, será utilizada a otimização das estruturas mediante soluções já testadas e verificadas pela equipe da Concremat em outros locais (CONCREMAT, 2009).

Para os reservatórios de detenção, serão apresentados os seguintes elementos: volume necessário; área necessária; diâmetro do descarregador de fundo; vazão máxima admissível na saída do reservatório; tipo de manutenção necessária. Essas informações serão acompanhadas de um estudo de viabilidade que inclui uma proposta modelo simplificada de paisagismo, visando ao uso múltiplo dos reservatórios, que promove uma maior aceitação por parte da população.

Para cada sub-bacia considerada e conjunto de alternativas eleitas foi feita uma estimativa de investimento das intervenções propostas, baseada em planilhas de custo que contém os itens considerados nos cálculos.

13.2.2 Medidas não estruturais para o controle da drenagem urbana

Como já mencionado em itens anteriores, as medidas não estruturais que contribuirão para o controle e gestão do sistema de drenagem urbana conterão diversas diretrizes de forma de abordagem dos problemas sob a ótica do planejamento, isto é, com a finalidade principal de prevenir futuros problemas e assegurar que o ônus do controle de problemas na drenagem seja responsabilidade dos causadores.

Entre as principais medidas a ser consideradas podem ser mencionadas:

- Medidas de caráter legal/institucional: análise de leis e decretos das legislações municipais vigentes (Plano Diretor, Código de Obras, Código de Meio Ambiente, Código de Limpeza Pública, Lei de Licenciamento Ambiental, Lei Orgânica do Município, etc.) para sugestão de modificações;
- Planejamento urbano: ações de integração dos diferentes planos da cidade (plano de Desenvolvimento Urbano, Plano Viário, Plano Diretor de Resíduos Sólidos e outros) e zoneamento das áreas críticas do município, propícias à inundação e deslizamentos. Propor e recomendar critérios para o uso e ocupação do solo. Em particular se recomendará a adequação à lei Nº 11.445 que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico;

- Programas e medidas de caráter educativo: ações educativas de uso e conservação do sistema de drenagem junto à população; campanhas de esclarecimento quanto à destinação adequada de lixo; seminários de treinamento e atualização de profissionais e administradores públicos que atuam no setor;
- Programa de atualização do cadastro e de manutenção preventiva;
- Elaboração de manual de atualização do cadastro do sistema de drenagem, incorporando medidas de manutenção e limpeza preventiva;
- Manual de inspeção periódica do sistema de drenagem (rede, galerias, estações elevatórias);
- Programa para a manutenção das medidas de controle apresentadas no Cenário Proposto. O programa de manutenção será elaborado por estrutura e por sub-bacia, e incluirá: tipo de manutenção, equipamento necessário, cuidados especiais, frequência estimada de limpeza anual, custo anual estimado para a manutenção;
- Programa de monitoramento: será sugerido um programa de monitoramento considerando a diversidade de condicionantes encontrados nas bacias urbanas de Teresina, e, a partir da análise das informações hidrológicas levantadas durante esse estudo, será apresentado o dimensionamento e plano de gestão de uma rede de monitoramento hidrológico.

No dimensionamento será apresentado o número de equipamentos (pluviógrafos, linígrafos, etc.), necessários para uma boa cobertura e captação de informações, além da locação desses equipamentos no interior da bacia.

O dimensionamento apresentará um orçamento complementar, apresentando os custos associados à aquisição desses equipamentos, bem como uma estimativa das despesas anuais relacionadas com o monitoramento, manutenção e reposição de equipamentos.

O plano de gestão da rede de monitoramento hidrológico sugerirá as entidades adequadas para o monitoramento, para a manutenção, para o processamento dos dados e para a divulgação dos dados obtidos. Nesse plano também serão feitas as recomendações com relação às atividades relacionadas às especificações para o monitoramento propriamente, como, por exemplo, o intervalo de tempo em que deve ser feita a leitura de níveis nos linígrafos.

A criação de um banco de dados com informações hidrológicas consistentes permitirá que o PDDrU possa ser revisado no futuro, além de permitir avaliar a efetividade das medidas de controle propostas. As informações hidrológicas também poderão ser utilizadas em uma melhor análise da relação custo x benefício para as medidas de controle propostas, permitindo, inclusive, um melhor critério para a seleção dos riscos de projeto.

As medidas são apresentadas preliminarmente para a equipe de acompanhamento da PMT, para que se estabeleça em forma conjunta a sugestão de um cronograma de implementação das mesmas.

13.3 Plano de Obras dos Sistemas de Drenagem

Definidas as melhores alternativas para cada sub-bacia hidrográfica, foi elaborado o plano de implantação das respectivas medidas estruturais, incluindo a prioridade de implantação. O plano de obras incorpora o cronograma de implantação das intervenções.

14 PROGNÓSTICOS E SELEÇÃO DAS INTERVENÇÕES

O presente capítulo aborda os prognósticos em relação ao sistema de drenagem da cidade de Teresina. O prognóstico representa uma situação crítica, na qual nenhuma intervenção de melhoria no sistema de drenagem ou implantação de medidas de controle é realizada. Desta maneira, o cenário de prognóstico é construído considerando a ocupação futura da cidade.

O objetivo desta análise é fornecer diretrizes para os critérios de seleção e otimização das medidas de controle a serem avaliadas.

Assim, primeiramente é apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento desta atividade e, na sequência, os resultados obtidos desta análise.

A análise da situação de prognóstico foi realizada empregando as mesmas metodologias e ferramentas de simulação hidrológicas e hidráulicas, conforme apresentado no diagnóstico. Nessas condições, foram gerados novos hidrogramas para o cenário futuro de uso e ocupação do solo, que foram propagados nas redes de drenagem.

Com a finalidade de permitir uma leitura mais fluida deste relatório, a seguir, se resume brevemente alguns aspectos metodológicos já abordados.

14.1 Procedimento Metodológico

Os procedimentos básicos desenvolvidos para o diagnóstico do sistema de drenagem atual, e que praticamente se repetem para o desenvolvimento do prognóstico, consistem em: i) discretização do sistema de drenagem urbana; ii) definição de riscos a serem considerados; iii) escolha das metodologias e modelos de simulação a serem utilizados; iv) estimativa dos hidrogramas de projeto; v) modelagem e diagnóstico do sistema de drenagem.

14.1.1 Discretização das bacias hidrográficas da área urbana de Teresina

Para a apresentação do diagnóstico da rede de drenagem, foram delimitadas as sub-bacias ou unidades de gerenciamento da drenagem urbana. As unidades foram definidas levando em consideração a relação entre as características físicas, os recursos hídricos e os aspectos políticos e socioeconômicos. A mesma discretização é adotada para a realização do prognóstico.

14.1.2 Riscos de projeto

Conforme visto anteriormente, o risco de projeto adotado para o dimensionamento de redes de drenagem define a dimensão dos investimentos envolvidos e a segurança quanto às enchentes. A definição adequada do risco de projeto envolve um estudo de avaliação econômica e social dos impactos das enchentes. Assim, neste estudo são considerados hietogramas de projeto com 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos de período de recorrência para a obtenção dos hidrogramas de projeto. Já para dimensionamento de estruturas, em nível de gestão abordado neste Plano, será utilizado o risco de projeto de 10 anos com urbanização futura.

14.1.3 Determinação dos Hidrogramas de Projeto para o Cenário Futuro

Para representar o processo de transformação chuva-vazão em sub-bacias foram adotados os seguintes modelos hidrológicos: i) método do SCS (SCS/TR55, 1986) para a determinação da precipitação efetiva; ii) método do Hidrograma Unitário Sintético do SCS (HUS-SCS, 1957) para a propagação do escoamento superficial. Essas metodologias têm sido amplamente utilizadas no Brasil e no mundo, em vários estudos envolvendo o dimensionamento e verificação das redes de drenagem urbana.

Para a determinação da precipitação efetiva no SCS, é necessária a definição de um único parâmetro: o CN (*Curve Number*). O CN depende do tipo de solo, condições de uso, da umidade antecedente (AMC – *Antecedent Moisture Condition*) e ocupação do solo, refletindo, portanto, as condições de urbanização do local, existentes, no caso do diagnóstico, ou previstas para o futuro, no caso de prognóstico. Assim, foi necessário

estabelecer a impermeabilização para o cenário futuro com base nas diretrizes de ocupação previstas no Plano Diretor da cidade.

Para a transformação da chuva em vazão, com o uso do Hidrograma Unitário Sintético do SCS, é necessário determinar apenas o tempo de concentração da bacia hidrográfica. O tempo de concentração, que é uma característica de cada sub-bacia, será determinado conforme discretização em sub-bacias estabelecida.

No caso do cenário futuro de urbanização, há um aumento da impermeabilização, o que consequentemente tende a diminuir o tempo de concentração.

14.2 Determinação da Impermeabilidade do Solo no Cenário Futuro

O cenário de prognóstico ou futuro de ocupação do solo, de acordo com crescimento previsto no Plano Diretor ou legislação da cidade, é utilizado para fins de dimensionamento das medidas de controle do escoamento. Ele é o cenário de uso de solo utilizado para avaliar os impactos que a população pode sofrer caso o processo de urbanização continue e nenhuma obra de drenagem, ou medida para o controle do escoamento, seja implantada.

Uma primeira medida consistiu na análise da legislação relacionada aos aspectos de ocupação do território em nível municipal, mostradas no Quadro 14.1.

Assim, foi determinado que no cenário de prognóstico a ocupação do solo é definida com base no Plano Diretor de Teresina, denominado Plano de Desenvolvimento Sustentável - Teresina Agenda 2015, instrumento normativo e orientador dos processos de transformação urbana, nos seus aspectos político-sociais, físico-ambientais e administrativos, implementado através da Lei Municipal Nº 3.558, de 20 de outubro de 2006.

O próprio Plano fixa objetivos políticos, administrativos, econômicos, sociais e físico-ambientais que devem orientar o desenvolvimento sustentável do município. Especifica ainda que:

Quadro 14.1. Legislação Municipal de Teresina inventariada.

INSTRUMENTO	No.	DATA	EMENTA
LEI	2.536	11.06.97	“Dispõe sobre o plantio de árvores frutíferas nas vias e logradouros públicos do Município de Teresina”.
LEI	2.608	10.12.97	“Dá nova redação ao artigo 28 da Lei que define as diretrizes para o uso do solo urbano e dá outras providências”.
LEI	2.613	10.12.97	“Dá nova redação ao artigo 22 da Lei nº 2.266, de 16.12.93, embora tenha a seguinte ementa: “Dá nova redação ao Código de Obras e Edificações de Teresina.”
LEI	2.618	26.12.97	“Modifica o uso do solo urbano correspondente às áreas das zonas ZE6/02, ZP6/07 e ZP8/13 , prescritas pela Lei nº 2.265, de 16.12.1993”.
LEI	3.558	20.10.2006	Plano Diretor
LEI	3.559	20.10.2006	Perímetro Urbano
LEI	3.560	20.10.2006	Uso do Solo
LEI	3.561	20.10.2006	Parcelamento do Solo
LEI	3.562	20.10.2006	Ocupação do Solo
LEI	3.563	20.10.2006	Preservação Ambiental
LEI	3.602	27.12.2006	Preservação e tombamento
LEI	3.603	27.12.2006	Pólo gerador de tráfego
LEI	3.608	04.01.2007	Código de obras e edificações
LEI	3.789	18.07.2008	Altera o perímetro urbano
LEI	3.790	18.07.2008	Cria a ZEIS Árvores Verdes

Constituem objetivos políticos:

I - a participação do cidadão nas decisões relativas à prestação de serviços públicos, organização do espaço e qualidade do ambiente urbano;

II - a transparência da ação do governo e a ampliação do acesso à informação;

III - a desconcentração do poder político e a descentralização dos serviços públicos;

IV - a melhoria da qualidade de vida da população e a redução das desigualdades sociais;

V - o estímulo ao exercício da cidadania e solidariedade entre os cidadãos;

VI - o apoio e incentivo ao processo de organização comunitária;

VII - as transformações urbanas, através da atuação conjunta;

VIII - a coibição da especulação imobiliária.

Constituem objetivos administrativos:

I - a otimização da eficiência e da eficácia social dos serviços públicos;

II - o incentivo aos programas de modernização e estruturação administrativa;

III - a obtenção de recursos financeiros que permitam resgatar o déficit de equipamentos sociais e de serviços;

IV - a integração das ações setoriais;

V - a ampliação do planejamento integrado da ação municipal;

VI - a descentralização gradual e contínua dos serviços públicos;

VII - a participação do município nos benefícios decorrentes da valorização imobiliária resultante dos investimentos públicos realizados.

Constituem objetivos econômicos:

I - o apoio a empreendimentos econômicos sediados em Teresina, prioritariamente em setores nos quais a cidade constitui um pólo regional;

II - a criação de ambiência favorável para a competitividade de pequenos e médios negócios, mediante ações articuladas de formação de recursos humanos, empreendedorismo, inovações tecnológicas e fomento econômico;

III - a articulação e a integração das políticas públicas voltadas para a geração de trabalho e renda (crédito, capacitação, intermediação de pessoal, assistência técnica e informações sobre o mercado de trabalho), priorizando os pequenos negócios com maior potencial de ocupação profissional;

IV - a diversificação e fortalecimento da economia com base na expansão do setor privado;

V - o fortalecimento de Teresina como capital regional, centro político, de comércio (atacadista e varejista) e de serviços em geral, especialmente nos setores de saúde, educação, moda e turismo (negócios e eventos);

VI - a promoção de inovações tecnológicas;

VII - a consolidação do Pólo de Saúde de Teresina enquanto atividade econômica - Cluster de Saúde;

VIII - consolidação e fortalecimento da zona rural, com arranjos produtivos em avicultura, fruticultura, floricultura, ovinocaprinocultura, piscicultura, olericultura e apicultura;

IX - o estímulo ao espírito empreendedor de produtores, trabalhadores e empresários rurais.

Constituem objetivos sociais:

I - a universalização da educação básica infantil e fundamental;

II - o fortalecimento dos mecanismos de controle social da educação;

III - o oferecimento de oportunidades educacionais permanentes para toda a população de jovens e adultos;

IV - a consolidação de Teresina a pólo de ensino superior na região;

V - a melhoria da resolutividade e da qualidade das ações e serviços de saúde pública;

- VI - a promoção do desenvolvimento de recursos humanos em saúde pública;
- VII - a promoção do desenvolvimento institucional e a modernização gerencial dos serviços de saúde pública;
- VIII - o desenvolvimento de programas de educação, nos aspectos referentes à saúde pública;
- IX - a consolidação e universalização do PSF;
- X - o reforço á qualidade da atenção integral a saúde da mulher e da criança;
- XI - a melhoria da capacidade resolutiva do nível secundário;
- XII - a atenção integral à saúde de adolescentes e jovens;
- XIII - a redução da desnutrição infantil;
- XIV - o controle de endemias prevalentes, agravos à saúde e problemas mentais e ocupacionais;
- XV - a ampliação da assistência farmacêutica e laboratorial;
- XVI - a participação orgânica da sociedade na gestão e no controle da política de assistência social;
- XVII - a articulação e a integração das políticas públicas no sentido de potencializar o atendimento às famílias em processo de exclusão e / ou em situação de extremo risco social;
- XVIII - a redução dos índices de mortalidade infantil e de violência doméstica;
- XIX - a oferta adequada dos serviços de creche;
- XX - a ampliação do atendimento à gestante;
- XXI - a assistência integrada ao menor carente;
- XXII - a integração dos idosos e dos deficientes físicos na sociedade;

XXIII – a redução do desemprego;

XXIV – a melhoria da distribuição de renda;

XXV - a melhoria da qualidade da ocupação informal;

XXVI - o acesso da população de baixa renda aos programas habitacionais;

XXVII - a elevação da auto-estima da população;

XXVIII - a valorização da cultura local, tradicional e moderna, com adaptação ao processo de globalização;

XXIX - o incentivo à instalação de empresas prestadoras de serviços culturais, com estímulo à aplicação de leis de incentivo fiscal;

XXX - o incentivo ao esporte comunitário e escolar;

XXXI - o fortalecimento do esporte de competição/performance;

XXXII - o desenvolvimento de ações integradas referentes às atividades de educação, cultura, esporte, lazer e turismo;

XXXIII - a melhoria dos níveis sócio-econômico e educacional de trabalhadores e produtores rurais;

XXXIV - a ampliação do acesso de comunidades rurais aos serviços sociais oferecidos;

XXXV - a articulação dos diversos serviços para os produtores rurais.

Constituem objetivos físico-ambientais:

I - a estruturação do poder público para execução da política municipal de meio ambiente;

II - o aprimoramento e divulgação da legislação ambiental;

III - a promoção da educação ambiental;

- IV - a gestão ambiental nos empreendimentos econômicos;
- V - a reabilitação da paisagem urbana;
- VI - a preservação do patrimônio histórico e cultural;
- VII - o resgate da relação homem-rio, com maior integração dos rios à paisagem urbana;
- VIII - o monitoramento da disponibilidade e da qualidade dos recursos hídricos;
- IX - a ampliação e melhoria da infra-estrutura e incentivo ao uso dos rios, ao lazer, ao esporte e ao turismo;
- X - a promoção do zoneamento ambiental urbano e rural, estabelecendo parâmetros de uso do solo e dos recursos naturais;
- XI - o aumento da cobertura vegetal e a recuperação das áreas degradadas, com plantio de espécies nativas;
- XII - o estímulo à visitação e a implementação de planos de manejo das unidades de conservação;
- XIII - o aperfeiçoamento da gestão dos resíduos sólidos e dos serviços de limpeza urbana;
- XIV - o desenvolvimento de programas de educação sanitária;
- XV - a implantação gradual das redes de esgotos sanitários e de drenagem urbana;
- XVI - a melhoria do atendimento nos serviços cemiteriais;
- XVII - a garantia da qualidade da iluminação pública e da distribuição de energia elétrica;
- XVIII - a revisão e atualização da legislação urbana, considerando as prescrições do Estatuto da Cidade;

XIX - a melhoria das condições de estruturação e de gerenciamento do espaço urbano;

XX - a organização espacial das atividades econômicas consideradas estratégicas para a cidade, buscando uma melhor condição de suporte e competitividade;

XXI - o zoneamento mais adequado às atividades de polarização urbana, evitando a saturação do centro;

XXII - a atuação do poder público sobre os processos de especulação imobiliária;

XXIII - o aumento de áreas destinadas ao uso coletivo e às áreas verdes, associado às condições de adensamento;

XXIV - a recuperação de áreas urbanas em processo de deterioração;

XXV - a extensão do processo de estruturação urbana à zona rural do município;

XXVI - a redução das situações de lotes irregulares e clandestinos;

XXVII - o fortalecimento do Sistema Municipal de Habitação e do Conselho Municipal de Habitação;

XXVIII - a continuidade e a ampliação dos programas habitacionais vigentes - Projeto Minha Casa, Lotes Urbanizados, Projeto Casa Melhor e Projeto Vila-Bairro;

XXIX - a ampliação do estoque do Banco de Terras Municipais;

XXX - o ordenamento e a racionalização do uso das vias, da ocupação do espaço e do estacionamento no Centro;

XXXI - a organização das atividades comerciais no Centro;

XXXII - a integração da sociedade civil às políticas públicas, buscando parcerias interinstitucionais, que visem o desenvolvimento sócio-econômico e cultural do Centro;

XXXIII - a modernização gerencial do transporte coletivo;

XXXIV - a melhoria do transporte coletivo, garantindo ao usuário maior cobertura, frequência, pontualidade, segurança, conforto e tarifa justa;

XXXV - a interligação das vias estruturais e a implantação de novos corredores de tráfego;

XXXVI - o aumento da fluidez do tráfego, com novas pontes sobre o Rio Poti e novos viadutos sobre a ferrovia;

XXXVII - a implantação da malha viária de articulação e integração dos diversos pólos urbanos;

XXXVIII - a projeção de sistema viário para estruturação das áreas de expansão urbana;

XXXIX - melhoria e incentivo ao sistema ciclovitário que norteia o desenvolvimento da cidade, estabelecendo limites máximos para a densificação urbana.

Assim, é de se observar neste último item que o Plano de Desenvolvimento Sustentável - Teresina Agenda 2015 estabeleceu os limites máximos para densificação urbana e consequentemente de impermeabilização do território. Em particular, no Art. 15. (constituem diretrizes relativas ao uso e ocupação do solo urbano) do Plano, está indicado que estará dirigido a desestimular a ocorrência de vazios urbanos de caráter especulativos através da determinação de parâmetros de adensamento demográfico e de usos do solo, conforme respectivas atividades, para aplicação das prescrições do Estatuto da Cidade e que irá implementar instrumentos legais que evitem a expansão descontrolada da zona urbana, visando atingir taxa média de densidade urbana acima de 100 hab ha⁻¹.

Analisando os dados demográficos de Teresina (Quadro 14.2) é possível observar que a densidade populacional atual é de 585 hab.km⁻² ou 5,85 hab.ha⁻¹. Desta forma, os valores atuais estão muito distantes do previsto no Plano. Esta questão terá implicações a serem abordadas posteriormente.

Quadro 14.2. População, densidade populacional e crescimento de Teresina (FONTE: IBGE, 2010 e Teresina, 2010).

Ano	População	Densidade (Hab/km ²)	Crescimento (%)
1940	67.641	40,29	-
1950	90.723	54,05	34,12%
1960	142.691	85,01	57,28%
1970	220.487	131,36	54,52%
1980	377.774	225,06	71,34%
1991	599.272	357,02	58,63%
2000	655.473	390,51	9,38%
2006	715.360	426,19	9,14%
2007	779.939	464,66	9,03%
2010	814.439	585,09	24,25%

Outra legislação importante foi a Lei Nº 3.559, de 20 de outubro de 2006 que delimita o perímetro da zona urbana de Teresina, tendo em vista as expectativas de assentamento urbano, objetivando assegurar melhores condições de habitabilidade e conforto para a população e, também, a otimização e economia dos serviços públicos de infraestrutura urbana, **propiciando crescimento urbano racional, com a preservação do meio ambiente e dos bens culturais, aumento das taxas de área verde, e ocupação adequada do solo urbano**¹. O perímetro da zona urbana constitui o limite de aplicação deste Plano.

No entanto, para a real aplicação do Plano Diretor de Teresina, foi elaborada uma série de Leis Complementares, que, como seu nome indica, tem como finalidade definir as diretrizes para o uso do solo urbano do Município. Provavelmente, a mais importante destas leis seja a Lei Complementar Nº 3.560, de 20 de outubro de 2006, que define a organização do espaço urbano de Teresina, tendo em vista os seguintes objetivos:

I - orientar a utilização do solo quanto ao uso, quanto à distribuição da população e quanto ao desempenho das funções urbanas;

II - promover uma estruturação urbana, visando melhorar a distribuição e a articulação dos pólos de dinamização; e

¹ Nota: o negrito não consta no original.

III - preservar os elementos naturais da paisagem urbana e os sítios de valor histórico e cultural.

A referida Lei é de aplicação direta no Plano Diretor de Drenagem Urbana, já que claramente no Art. 3 indica que: As disposições desta Lei Complementar aplicam-se à execução de **planos**, programas, projetos, obras e serviços referentes:

I - à construção, reconstrução, reforma e ampliação de edificações de qualquer natureza;

II - à infraestrutura urbana;

III - ao sistema viário; e

IV - à urbanização e reurbanização de áreas.

A Lei Complementar N° 3.560 estabeleceu que para efeito de uso do solo, a área urbana de Teresina fica dividida nas seguintes zonas (conforme ilustrado no mapa do Anexo 40):

I - zonas residenciais;

II - zonas comerciais;

III - zonas de serviços;

IV - zonas industriais;

V - zonas especiais;

VI - zonas de preservação ambiental; e

VII - zonas de especial interesse social.

As Zonas residenciais são áreas destinadas, predominantemente, ao uso habitacional, sendo classificadas, em função dos parâmetros de densidade populacional e das tipologias de assentamentos predominantes, nas seguintes categorias:

I - Zona Residencial ZR1, caracterizada por ocupação de baixa densidade, em lotes adequados para programas de interesse social;

II - Zona Residencial ZR2, caracterizada por ocupação de baixa densidade, em lotes de médio porte;

III - Zona Residencial ZR3, caracterizada por ocupação de média densidade, em lotes de médio porte; e

IV - Zona Residencial ZR4, caracterizada por ocupação de alta densidade em lotes de médio/grande porte.

As Zonas comerciais são áreas onde se concentram atividades urbanas diversificadas, notadamente as de comércio e serviços, sendo classificadas, em função dos parâmetros de tipologia e densidade, nas seguintes categorias:

I - Zona de Comércio ZC1, centro de média densidade caracterizado pelas atividades de comércio e serviços, correspondente à área mais antiga da cidade;

II - Zona de Comércio ZC2, caracterizada por centros de atividades de comércio e serviços de média densidade;

III - Zona de Comércio ZC3, caracterizada por áreas situadas ao longo de eixos de atividades plenas de comércio e serviços;

IV - Zona de Comércio ZC4, caracterizada por centros de média densidade para uso de comércio e serviços diversificados, uso misto ou habitacional;

V - Zona de Comércio ZC5, caracterizada por centros de alta densidade para uso de comércio e serviços diversificados, uso misto ou habitacional; e

VI - Zona de Comércio ZC6, caracterizada por áreas situadas ao longo de eixos de comércio e serviços diversificados e uso misto ou habitacional de densidade variável, conforme prescrições das zonas vizinhas.

As Zonas de Serviços ZS1 são áreas onde se concentram atividades de serviços e comércio atacadista, relacionadas à necessidade de tráfego pesado.

Já as Zonas Industriais são áreas destinadas especialmente à localização de atividades industriais, sendo classificadas, em função do tipo de indústria, nas seguintes categorias:

I - Zona Industrial ZI1, caracterizada por áreas de concentração de atividades industriais de baixo ou médio nível de desconforto ambiental; e

II - Zona Industrial ZI2, caracterizada por áreas de concentração de atividades industriais de baixo, médio ou alto nível de desconforto ambiental.

Finalmente, as Zonas Especiais são áreas com definições específicas de parâmetros reguladores de uso e ocupação do solo, sendo classificadas nas seguintes categorias:

I - Zona Especial de Concentração de Serviços de Administração Pública - ZE1;

II - Zona Especial de Serviços de Infraestrutura de Transportes Aeroviários, Rodoviários e Ferroviários - ZE2;

III - Zona Especial de Concentração de Atividades Educacionais e de Pesquisas Científicas e Tecnológicas - ZE3;

IV - Zona Especial de Experimentação Agrícola - ZE4;

V - Zona Especial de Concentração de Atividades Médico-hospitalares - ZE5;

VI - Zona Especial de Reserva de Área Urbana - ZE6;

VII - Zona Especial de Serviços de Saneamento Urbano - ZE7; e

VIII - Zona Especial de Serviços de Sepultamentos (cemitérios) - ZE8.

A Lei especifica ainda que as Zonas de Preservação Ambiental são áreas de urbanização limitada em decorrência do interesse de preservação de espaços verdes e sítios históricos e/ou culturais, sendo classificadas nas seguintes categorias de acordo com a Lei Complementar 3.563:

I - A Zona de Preservação Ambiental 1 (ZP1) compreende a Praça Marechal Deodoro e várias quadras próximas;

II - A Zona de Preservação Ambiental 2 (ZP2) compreende os lotes lindeiros à Avenida Frei Serafim, entre a Igreja São Benedito e a Avenida Marechal Castelo Branco.

III - As Zonas de Preservação Ambiental 3 (ZP3) compreendem imóveis individualizados, situados no território do município.

IV - As Zonas de Preservação Ambiental 4 (ZP4) compreendem as praças e parques do município.

V - As Zonas de Preservação Ambiental 5 (ZP5) compreendem:

- a. as encostas com declividades superiores a 30% (trinta por cento);
- b. as áreas marginais ao Rio Parnaíba, correspondentes a uma faixa com largura de 200 m (duzentos metros), salvo quando já estejam ocupadas, caso em que a faixa tem a largura da área ainda não ocupada;
- c. as áreas marginais ao Rio Poti, correspondentes a uma faixa com largura de 100m (cem metros), salvo quando já estiverem ocupadas, caso em que a faixa tem a largura da área ainda não ocupada; e
- d. as áreas das lagoas e respectivas margens, correspondentes a uma faixa de 30m (trinta metros).

VI - As Zonas de Preservação Ambiental 6 (ZP6) compreendem as áreas de interesse paisagístico, de propriedade privada, que devem ser utilizadas para implantação de parques.

VII - As Zonas de Preservação Ambiental 7 (ZP7) compreendem os terrenos destinados à implantação de praças, nos loteamentos aprovados pela Prefeitura Municipal.

VIII - As Zonas de Preservação Ambiental 8 (ZP8) compreendem áreas próximas aos rios, não integrantes das Zonas de Preservação Ambiental – ZP5.

Importante destacar que na Lei Complementar Nº 3.560, não foram definidos os critérios para o uso do solo, nas zonas de preservação. Estes critérios seriam definidos na Lei de Preservação Ambiental (Lei Complementar Nº 3.563).

Finalmente, a Lei indica que as Zonas de Especial Interesse Social compreendem os terrenos não utilizados, subutilizados e não edificadas, considerados necessários à implantação de programas habitacionais para a população de baixa renda, ou ainda, regiões de ocupação e loteamentos irregulares de baixa renda, que devem ser objeto de programas específicos de urbanização, regularização fundiária, recuperação ambiental e reflorestamento com espécies nativas. Embora esteja ainda claro na legislação que áreas cuja ocupação não seja recomendável (como por exemplo, zonas inundáveis, não podem ser consideradas como Áreas de Especial Interesse Social).

A Lei Complementar Nº 3.560 ainda estabelece disposições sobre a estrutura viária urbana e dos usos e atividades urbanas assim como sua localização, que não serão comentados em detalhe neste Plano.

No entanto, quanto à drenagem, ainda não foram especificadas as taxas de ocupação do território. As diretrizes para a ocupação do solo urbano, que consequentemente complementam o Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015 (Lei Nº 3.558) e as diretrizes gerais de uso do solo em Teresina (Lei Complementar Nº 3.560 que define as zonas, usos, rede viárias, etc.) são dadas na Lei Complementar Nº 3.562, de 20 de outubro de 2006.

Na Lei Complementar Nº 3.562 são definidas as diretrizes para a ocupação efetiva do solo urbano de Teresina, tendo em vista os seguintes objetivos:

I - orientar a ocupação do solo quanto ao adensamento, estruturação e desempenho das funções urbanas;

II - melhorar as condições de conforto ambiental, garantindo um nível adequado de bem-estar à população; e

III - garantir um padrão estético harmonioso e equilibrado ao desenho urbano da cidade.

Em outras palavras, nesta lei são definidas, em função das diretrizes contidas no o Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015, para cada uma das zonas definidas na Lei de Uso do Solo (Lei Complementar Nº 3.560) a forma como o solo pode ser utilizado em cada parcela.

Para entender o conteúdo desta Lei é importante destacar a taxa de ocupação e o índice de aproveitamento.

14.2.1 Taxa de Ocupação – TO

De acordo com Saboya (2007) a TO é a relação percentual entre a projeção da edificação e a área do terreno. Ou seja, ela representa a porcentagem do terreno sobre o qual há edificação (Figura 14.1).

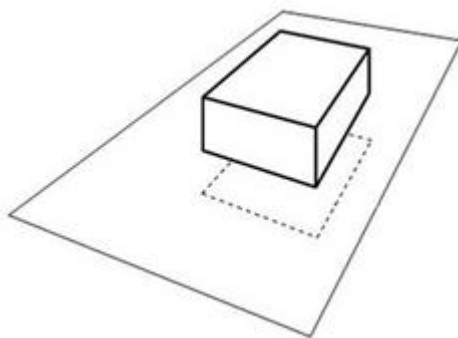


Figura 14.1. A Taxa de ocupação mede apenas a projeção da edificação sobre o terreno. (Fonte: Saboya, 2007).

Por isso, a TO não está diretamente ligada ao número de pavimentos da edificação. Na realidade, se os pavimentos superiores estiverem contidos dentro dos limites do pavimento térreo, o número de pavimentos não fará diferença nenhuma na TO. Se, ao contrário, um ou mais pavimentos tiverem elementos que se projetam para fora, então a TO será alterada, conforme pode ser visto na Figura 14.2.

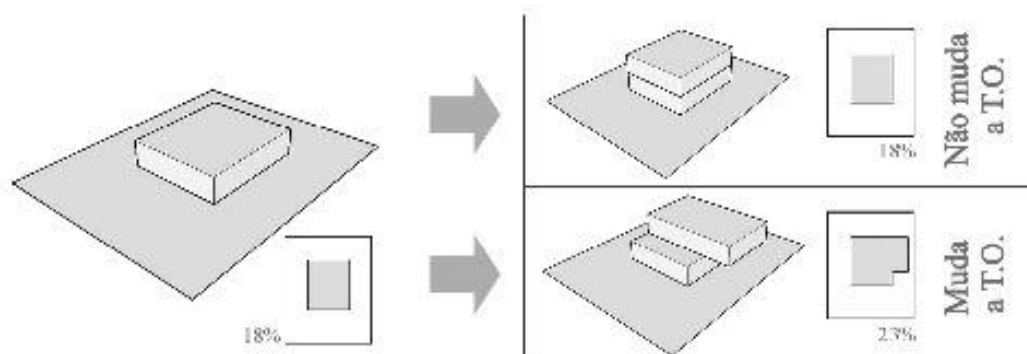


Figura 14.2. A TO apenas muda com o número de pavimentos se houver elementos que se projetam para além dos limites do pavimento térreo.

Como padrão de referência, pode ser usada a Figura 14.3, para se ter uma idéia do que representam taxas de ocupação diferentes.

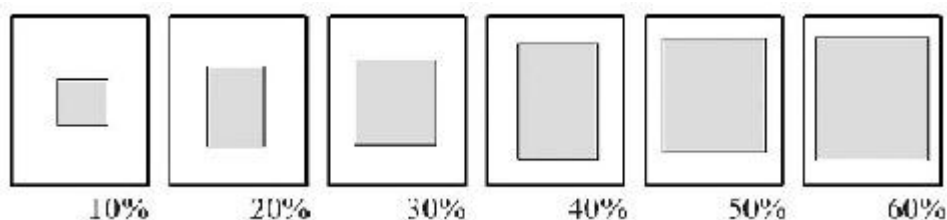


Figura 14.3. Parâmetros de referência para a TO.

Como pode ser observado nas figuras e descrição acima, a Taxa de Ocupação tem relação direta com o grau de impermeabilização de um lote, uma vez que indica a área máxima que pode ser construída, que para os fins deste Plano, se traduz em área de captação de águas de chuva.

14.2.2 Coeficiente de Aproveitamento (CA)

O Coeficiente de Aproveitamento é um número que, multiplicado pela área do lote, indica a quantidade máxima de metros quadrados que podem ser construídos em um lote, somando-se as áreas de todos os pavimentos.

Os exemplos abaixo (Figura 14.4) mostram duas possibilidades de edificação em um lote de 24 x 30m, com CA=2. A primeira, que utiliza TO igual a 50%, permite apenas 4 pavimentos. A segunda distribui a área edificada em 8 pavimentos, cada um com TO de 25%.

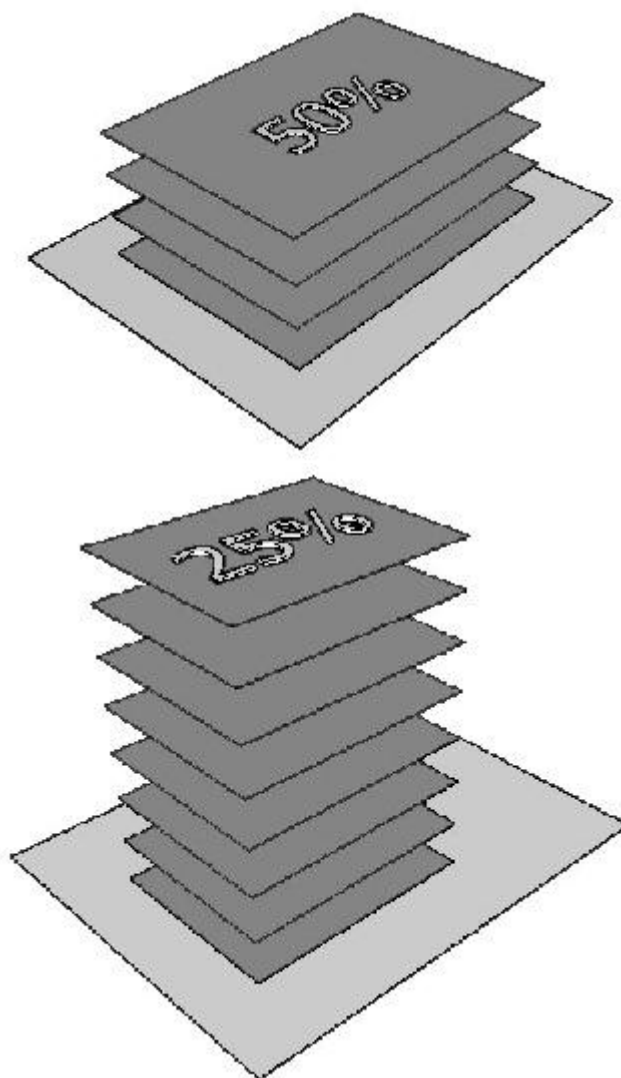


Figura 14.4. Variações do número de pavimentos e da TO, mantendo o mesmo CA.

Dessa forma, o arquiteto pode ir testando as possibilidades de edificação resultantes das diversas combinações de Taxa de Ocupação e Coeficiente de Aproveitamento, sempre levando em consideração os objetivos para cada zona (adensar, restringir a ocupação, proteger a paisagem, e assim por diante).

Tanto a Taxa de Ocupação como o Coeficiente de Aproveitamento foram definidos na Lei Complementar Nº 3.562 para cada uma das zonas definidas na Lei Complementar Nº 3.560 (exceto para a zona de Preservação Ambiental) e são reproduzidos no Quadro 14.3.

Quadro 14.3. Taxa de Ocupação e Coeficiente de Aproveitamento para cada Zona prevista no Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015.

ZONA	COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO	TAXA DE OCUPAÇÃO
ZR1	1.00	60%
ZR2	2.00	60%
ZR3	2.50	60%
ZR4	4.00	60%
ZC1	4.00	80%
ZC2	4.00	60%
ZC3	3.00	60%
ZC4	3.00	60%
ZC5	3.00	60%
ZC6	3.00	60%
ZI1	1.50	50%
ZI2	1.50	50%
ZE1	1.50	40%
ZE2	1.50	30%
ZE3	1.50	30%
ZE4	1.50	30%
ZE5	2.50	75%
ZS1	1.00	60%

Assim, para as Áreas de Preservação Ambiental, a Taxa de Ocupação e Coeficiente de Aproveitamento foram definidos na Lei Complementar Nº 3.563 e são reproduzidos no Quadro 14.4 e no mapa do Anexo 41.

É importante destacar que o Art. 16 da Lei Complementar Nº 3.563 prevê que implantado parque ou praça, aquela área da Zona de Preservação Ambiental - ZP6 ou ZP7 respectivamente se torna área da Zona de Preservação Ambiental - ZP4.

Quadro 14.4. Taxa de Ocupação e Coeficiente de Aproveitamento para cada Zona prevista no Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015.

ZONA	COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO	TAXA DE OCUPAÇÃO
ZP1	Altura máxima de 9 m	80%
ZP2¹	Variável	80%
ZP3²	-	90%
ZP4 (inclui ZP6 e ZP7)	-	Adotado 20%
ZP5	-	
ZP8	-	20%
	-	

1. Na Zona de Preservação Ambiental - ZP2, quanto à construção de novas edificações e à ampliação e/ou reforma de edificações não relacionadas na Lei Complementar 3.563 são permitidas TO de 70%, desta forma se manteve o maior valor.
2. Na Zona de Preservação Ambiental – ZP3 são permitidas TO de 70% e 90% dependendo do caso específico, desta forma se adotou o maior valor.

Para poder transformar as Taxas de Ocupação em impermeabilização prevista, ainda é necessário observar o Art. 31 da Lei Complementar Nº 3.562 que diz: “Na ocupação de qualquer lote, por edificação de uso coletivo, 25% (vinte e cinco por cento) da área relativa aos recuos deve ser mantida sem impermeabilização. Parágrafo único. Excetua-se da exigência deste artigo as ocupações na Zona de Comércio ZC1”.

Assim, uma área que tem taxa de ocupação de 60%, ou seja, com construção em 60% do lote, deverá tão somente deixar sem impermeabilização 25% dos 40% de área restante. Desta forma, resulta que a área impermeável pode chegar a 90% do lote.

Quanto às áreas de preservação ambiental, e, embora se mencione a manutenção de árvores e plantas no texto, a não definição de taxas de impermeabilização ou ocupação permitiria a construção em alguns casos de praças ou parques totalmente impermeáveis, como acontece em alguns parques na cidade de Brasília (Figura 14.5).



Figura 14.5. Praça dos Três Poderes, Brasília – DF.

Observa-se na Figura 14.6 que a impermeabilização prevista na denominada Praça do PAC chega a mais de 50% do terreno. Uma vez que esta situação não foi observada em diversos pontos de Teresina, adotou-se a taxa de ocupação de 20% e que, com uma impermeabilização de 75% do restante, indica uma impermeabilização média de 80%, valor a favor da segurança.



Figura 14.6. Maquete digital da Praça do PAC que será construída em Teresina (FONTE: Teresina, 2010).

Outra dúvida quanto à impermeabilização são os locais de sepultamento (Zonas Especiais). Locais como o cemitério Parque Jardim da Ressurreição em Teresina praticamente não possuem impermeabilização antrópica, enquanto que cemitérios como o São João Batista e outros da zona urbana (Figura 14.7) estão quase que totalmente impermeabilizados. Na dúvida, eles foram considerados com a máxima impermeabilização considerando uma TO de 75%.



Figura 14.7. Cemitério de Teresina (FONTE: Teresina, 2010).

Outro item a ser considerado na impermeabilização é a questão de que a ocupação hoje em Teresina dista muito daquela prevista no Plano Diretor da cidade (100 hab.ha^{-1}). Desta forma, em conversa com Carlos Antônio Alves Afonso, Secretário Executivo da Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação, que teve atuação destacada na elaboração do Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015 (Lei Nº 3.558) e Leis Complementares correspondentes, foi indicado que a ocupação mais provável dentro dos horizontes deste Plano deverá ser 60% da ocupação prevista no Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015. Assim, a impermeabilização obtida foi corrigida por este fator.

Ainda, com o objetivo de retratar a impermeabilidade das ruas e passeios públicos, não representados de outra forma, o valor final resultante foi majorado em 20%.

Embora existam restrições ao grau de impermeabilidade do solo no cenário futuro de ocupação, em algumas regiões pode ocorrer que esse valor já tenha sido superado para a urbanização atualmente existente. Portanto, deve ser realizada uma correção nos valores

máximos previstos, sendo que nas regiões onde atualmente o grau de impermeabilidade máxima já ultrapassou o limite previsto, foi mantida a taxa de impermeabilidade atualmente existente.

Finalmente o valor de impermeabilização média obtida para cada zona, mostrado no mapa temático do Anexo 42, foi transformado em impermeabilização média por sub-bacia utilizando técnicas de geoprocessamento. Os resultados se apresentam no mapa temático encontrado no Anexo 43.

14.3 Determinação dos parâmetros de simulação

Neste item são apresentados os parâmetros Curva Número, ou simplesmente CN, e o tempo de concentração a serem utilizados na simulação do prognóstico da rede de drenagem.

A equação utilizada para determinar o tempo de concentração foi apresentada por Schaake *et al.* (1967). A escolha desta equação foi apoiada em um trabalho (SILVEIRA, 2005) que analisou os resultados obtidos por meio da aplicação de diferentes equações para a estimativa do tempo de concentração. Considerou-se que a equação de Schaake forneceria as melhores estimativas do tempo de concentração para situações semelhantes às encontradas em Teresina. A equação de Schaake é dada pela equação 12, apresentada no Tomo 05 deste relatório.

No cálculo do tempo de concentração das sub-bacias foi utilizada toda a informação obtida a partir do processamento dos dados topográficos e de mapas. O mapa temático de áreas impermeáveis por sub-bacia de drenagem para o cenário de prognóstico (em valores percentuais) é apresentado no Anexo 43.

Os valores de tempo de concentração calculados para cada sub-bacia são apresentados no Quadro 14.5.

Quadro 14.5. Valores do parâmetro tempo de concentração por sub-bacia de drenagem para o cenário de prognóstico.

SUB-BACIA	ÁREA (km²)	Tc (min)	SUB-BACIA	ÁREA (km²)	Tc (min)
PE01	1,634	13,71	PE31	10,386	18,15
PE02	0,999	12,63	PE32	0,729	14,83
PE03	3,291	14,91	PD01	1,404	11,29
PE04	1,452	12,98	PD02	2,496	13,72
PE05	2,604	14,92	PD03	47,837	25,87
PE06	1,458	12,24	PD04	2,368	11,59
PE07	1,574	11,81	PD05	2,166	13,83
PE08	1,805	12,11	PD06	5,396	14,53
PE09	2,212	13,21	PD07	59,107	23,00
PE10	0,710	9,33	PD08	3,775	14,56
PE11	2,559	13,56	PD09	2,302	13,38
PE12	1,171	11,82	PD10	2,388	14,09
PE13	1,345	10,95	PD11	89,828	29,06
PE14	1,089	11,94	PD12	5,381	14,63
PE15	1,467	13,55	PD13	2,237	14,51
PE16	0,894	12,72	PD14	4,250	14,73
PE17	0,309	10,61	PD15	13,145	18,72
PE18	1,043	10,60	PD16	5,034	14,90
PE19	0,819	9,41	P01	9,075	16,57
PE20	0,773	11,66	P02	1,412	13,08
PE21	0,801	14,15	P03	5,325	16,02
PE22	0,478	10,45	P04	1,949	12,45
PE23	0,478	12,17	P05	2,120	14,06
PE24	1,889	13,74	P06	2,230	14,12
PE25	0,338	12,83	P07	2,658	13,11
PE26	2,051	17,51	P08	1,529	12,99
PE27	2,831	14,86	P09	3,774	14,06
PE28	2,918	15,10	P10	2,469	13,32
PE29	3,652	14,00	P11	2,386	14,24
PE30	2,222	14,94	P12	1,990	14,30

SUB-BACIA	ÁREA (km ²)	T _c (min)
P13	2,391	14,06
P14	1,685	12,12
P15	1,127	14,51
P16	3,630	16,55

SUB-BACIA	ÁREA (km ²)	T _c (min)
P17	8,120	16,30
P18	4,079	15,91
P19	9,061	16,12
P20	3,505	16,02

Portanto, com relação aos parâmetros necessários para a modelagem hidrológica, junto com o valor do tempo de concentração é necessário o valor do parâmetro CN. O valor do CN foi estabelecido para cada sub-bacia hidrográfica para o cenário de urbanização futura, a partir de metodologia descrita brevemente no item a seguir, para melhor entendimento.

Outro critério a ser definido, diz respeito à duração da chuva de projeto. Foram gerados hietogramas para chuvas com duração, no mínimo, uma vez e meia maior que o tempo de concentração da bacia analisada. No entanto, conforme Tucci (2010), quando o projeto envolve reservatórios, detenções ou outro nome utilizado para um ou mais reservatórios em uma bacia não pode ser utilizado o tempo de duração da chuva igual ao tempo de concentração, erro comum dos projetistas no Brasil. O indicado pelo mencionado autor foi corroborado pelos resultados obtidos no Distrito Federal (CONCREMAT, 2009), os quais indicaram que a análise utilizando a chuva de 24 horas de duração é a melhor opção para avaliar estruturas de armazenamento de água. Desta forma, para prognóstico foram utilizadas chuvas de projeto com duração de 24 horas em Teresina, assim como no cenário atual.

O intervalo de tempo considerado para a discretização da chuva de projeto foi determinado em função do menor tempo de concentração encontrado para as sub-bacias. Foi considerado um intervalo de tempo aproximadamente igual a um quinto do menor tempo de concentração, a saber, 2 minutos, garantindo, assim, que o hidrograma gerado possua informações antes que decorra o tempo de concentração na menor das sub-bacias e eventuais subdivisões posteriores.

Os hietogramas de projeto foram obtidos a partir da equação IDF determinada para Teresina, cuja metodologia e resultados foram anteriormente apresentados neste Plano. A seguir são apresentados os hietogramas obtidos para os tempos de retorno considerados (Figura 14.8 a Figura 14.13).

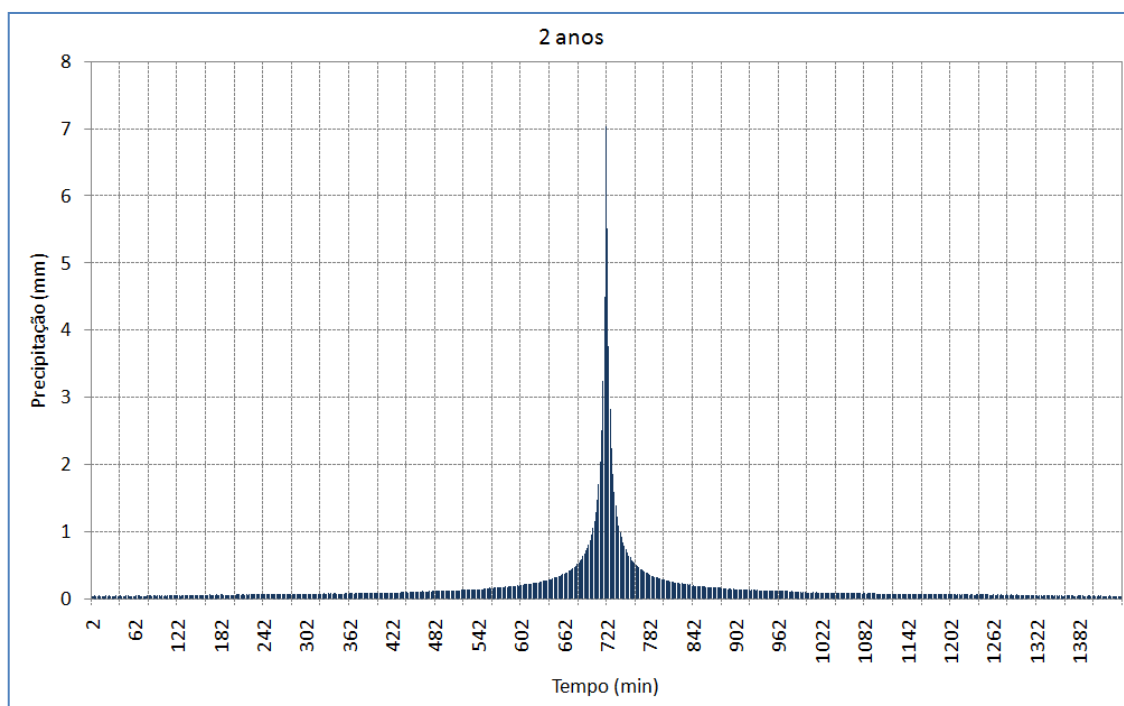


Figura 14.8. Hietograma de projeto de Teresina para o tempo de retorno de 2 anos.

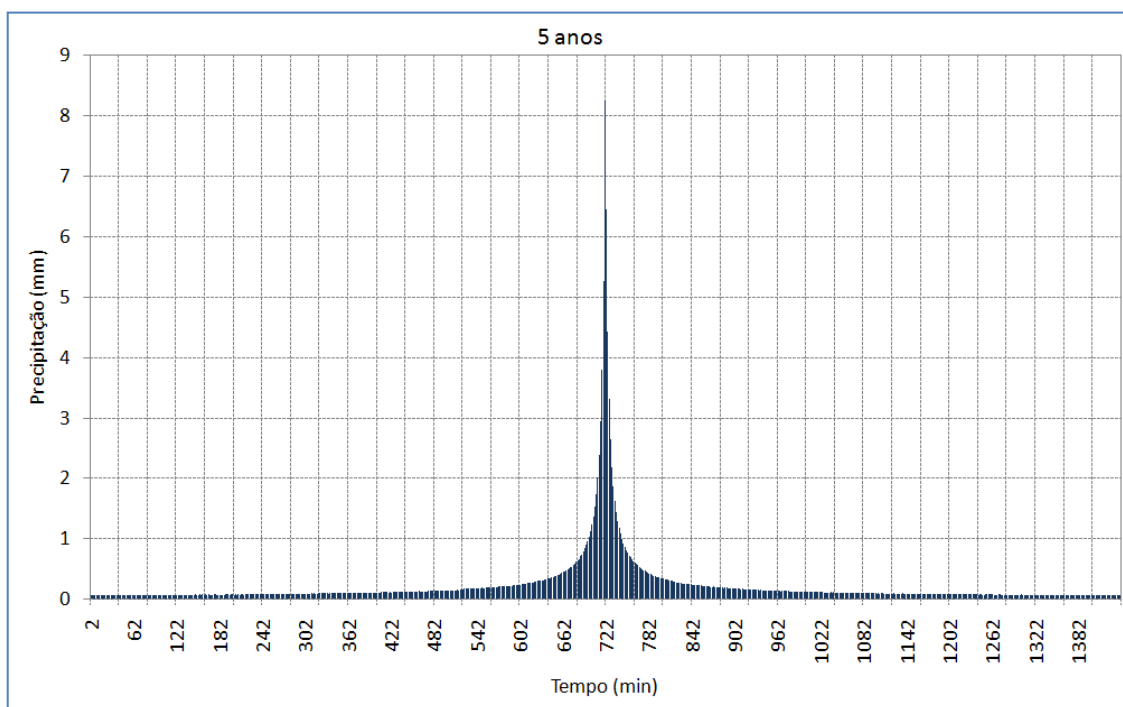


Figura 14.9. Hietograma de projeto de Teresina para o tempo de retorno de 5 anos.

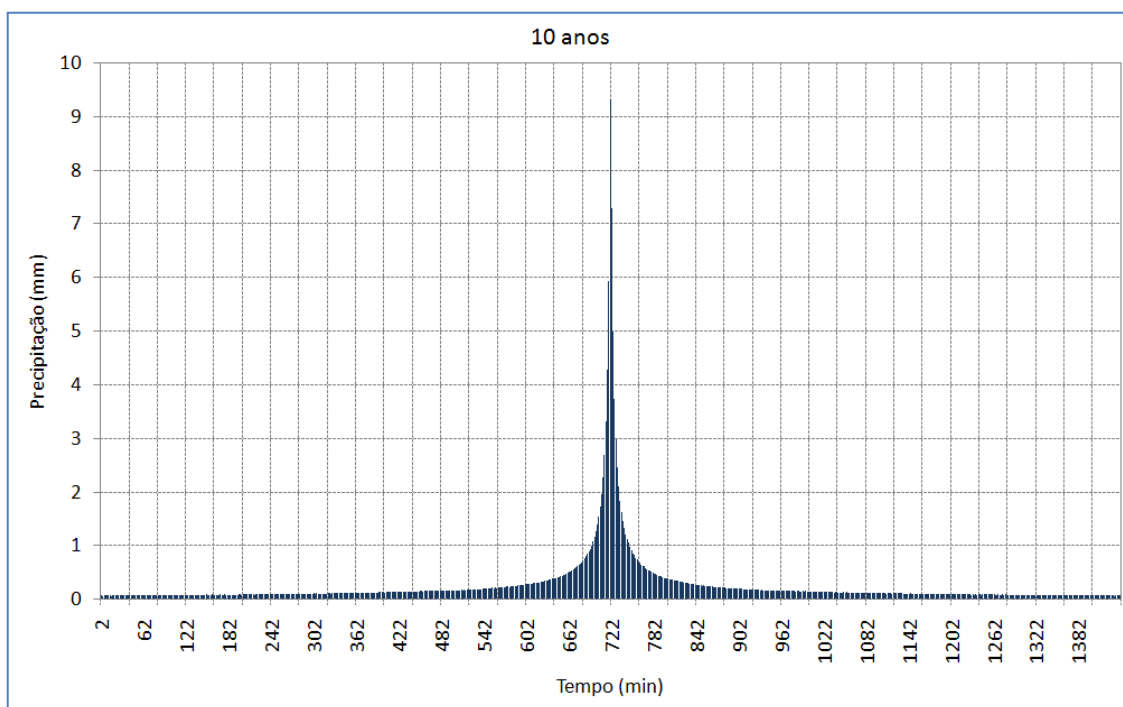


Figura 14.10. Hietograma de projeto de Teresina para o tempo de retorno de 10 anos.

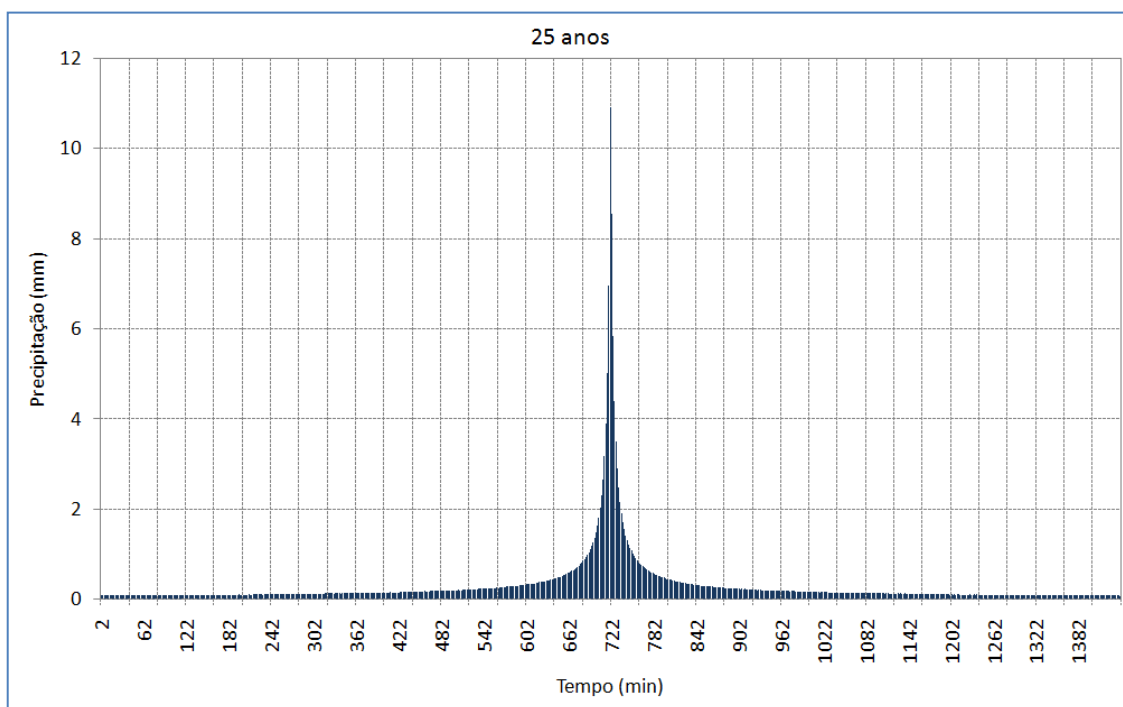


Figura 14.11. Hietograma de projeto de Teresina para o tempo de retorno de 25 anos.

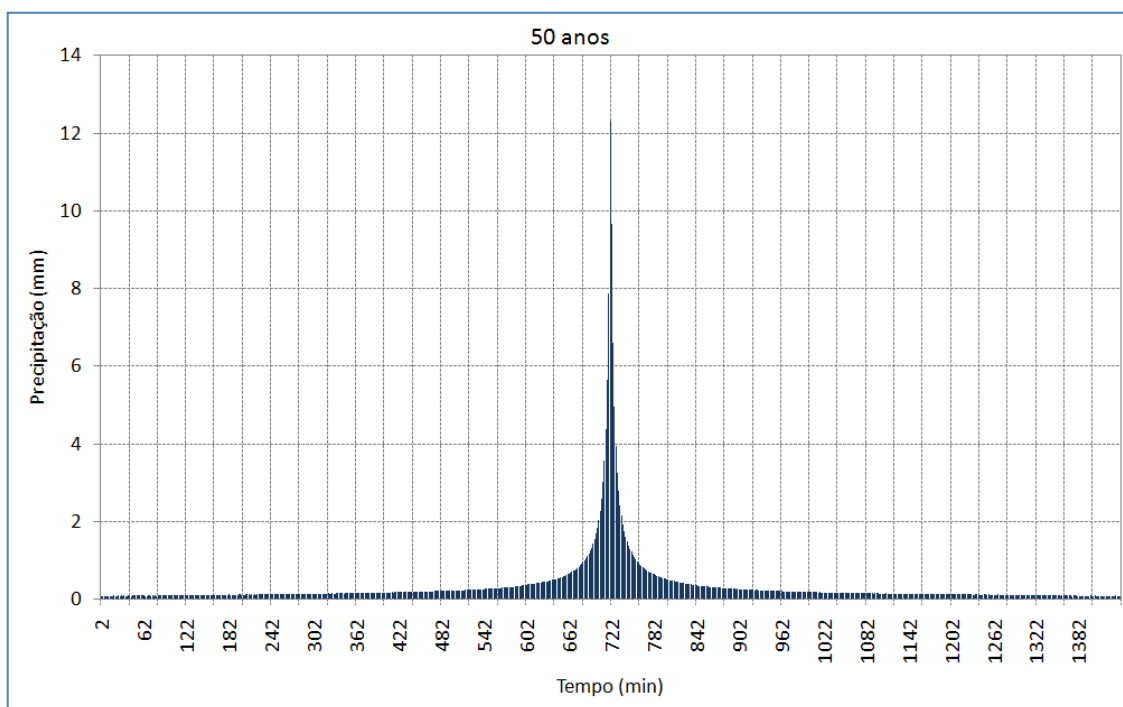


Figura 14.12. Hietograma de projeto de Teresina para o tempo de retorno de 50 anos.

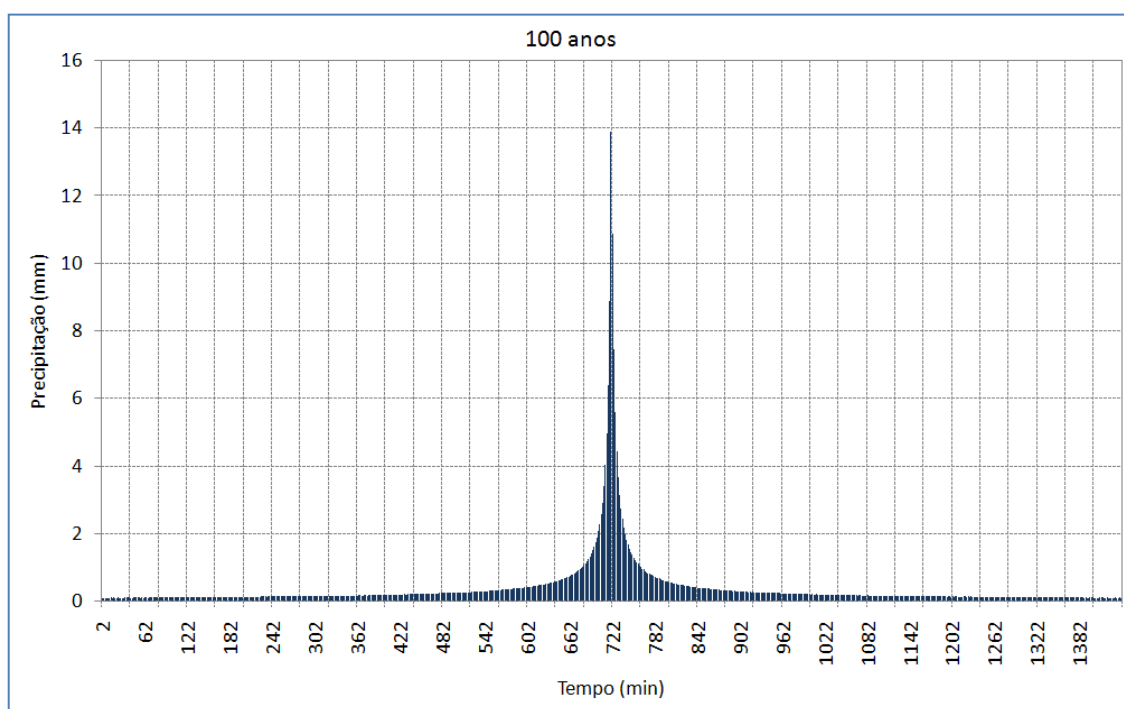


Figura 14.13. Hietograma de projeto de Teresina para o tempo de retorno de 100 anos.

14.4 Hidrogramas de Projeto – Cenário Futuro

Conforme já destacado anteriormente, visto que os hidrogramas de projeto são um reflexo do tipo e grau de impermeabilização do solo, os parâmetros necessários à simulação hidrológica chuva-vazão foram obtidos em função do cenário de ocupação do solo.

Para a determinação do valor do parâmetro CN do método do SCS, além do tipo de ocupação do solo, são necessárias as características do solo (atividade realizada na Etapa 1) e condições de umidade antecedente do solo (critério de projeto). O SCS fornece tabelas ou equações (Figura 14.14) para a obtenção do CN em áreas urbanas, onde é necessário identificar o tipo de solo e o percentual de impermeabilização do solo.

A condição de umidade antecedente adotada foi a Condição II, que consiste na situação média na época das cheias: considera que as chuvas nos últimos 5 dias totalizaram entre 15 e 40 mm (TUCCI, 1993). Esta condição é a normalmente utilizada em projetos de macrodrenagem no mundo todo.

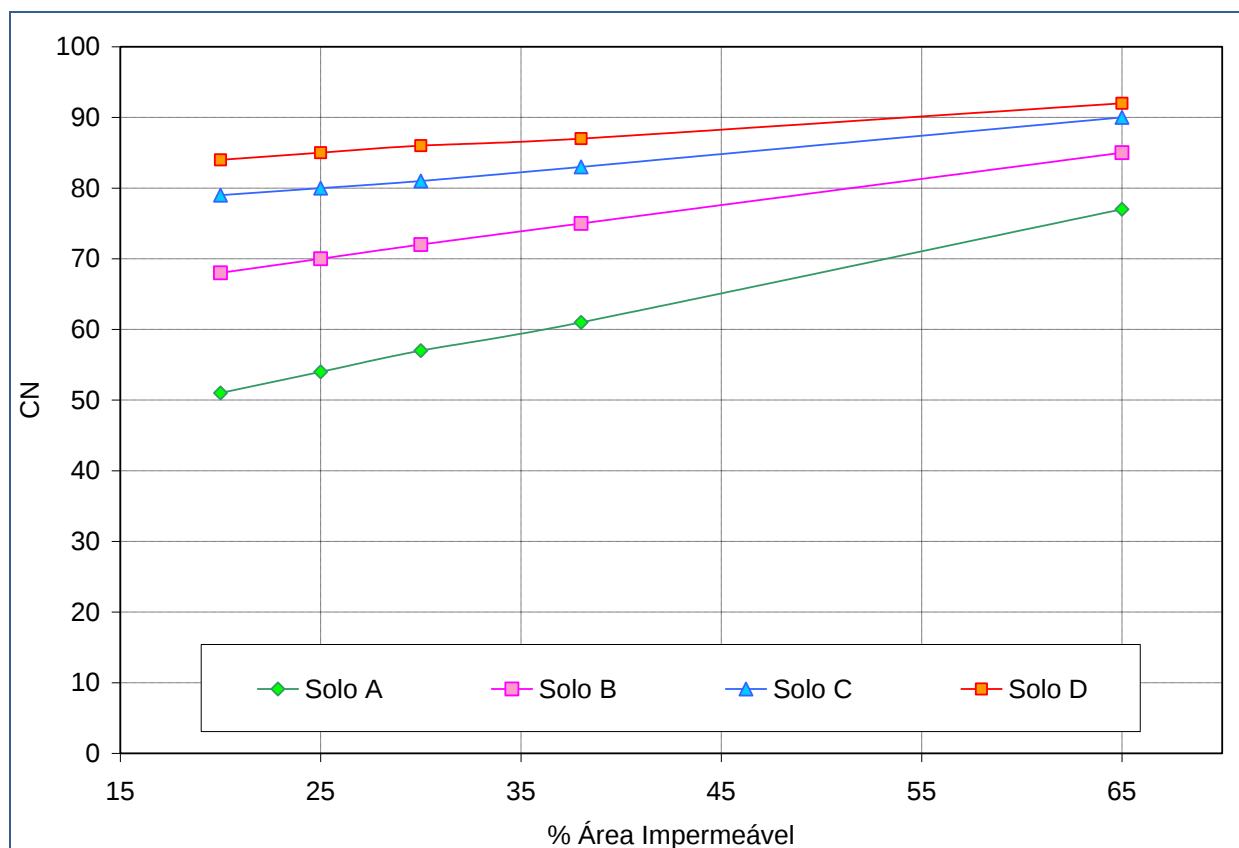


Figura 14.14. Relações CN x Área Impermeável para os grupos de solo do SCS (Adaptado: SCS, 1957).

Uma vez que todos os elementos necessários à determinação do CN foram definidos, o procedimento realizado, de forma a determinar o CN para cada sub-bacia, consistiu no cruzamento do mapa de tipo e uso do solo. O uso do solo foi obtido para a área urbana de Teresina a partir das informações contidas no Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015 (Lei Nº 3.558) e Leis Complementares correspondentes, como explicitado no item 14.2.

Visto que, em uma mesma sub-bacia podem coexistir mais de um tipo de solo e diferentes usos, esse cruzamento é realizado de forma a fornecer um valor de CN médio ponderado, considerando a área de influência do solo com relação à área do uso correspondente. Após a determinação do CN médio para cada sub-bacia, o mesmo foi corrigido para a condição de umidade antecedente adotada.

O mapa do parâmetro CN para as sub-bacias urbanas de Teresina é apresentado no Anexo 44. Os valores médios ponderados determinados para cada sub-bacia urbana são apresentados no Quadro 14.6.

Quadro 14.6. Valores médios do parâmetro CN por sub-bacia de drenagem para o cenário de prognóstico

SUB-BACIA	ÁREA (km ²)	PERÍMETRO (m)	CN	SUB-BACIA	ÁREA (km ²)	PERÍMETRO (m)	CN
PE01	1,634	7999,94	90,99	PE26	2,051	8759,78	84,29
PE02	0,999	4218,48	84,78	PE27	2,831	7826,76	79,57
PE03	3,291	7993,77	85,99	PE28	2,918	7136,82	76,00
PE04	1,452	5278,07	83,06	PE29	3,652	8259,66	83,01
PE05	2,604	8321,34	89,43	PE30	2,222	6580,51	78,00
PE06	1,458	6052,55	91,55	PE31	10,386	14481,30	79,67
PE07	1,574	5851,49	91,88	PE32	0,729	5665,43	84,05
PE08	1,805	6014,65	91,86	MOC	2,046	6415,38	90,00
PE09	2,212	6740,51	91,66	PD01	1,404	6138,89	84,02
PE10	0,710	4163,64	91,24	PD02	2,496	7302,73	84,68
PE11	2,559	6902,74	91,76	PD03	47,837	34712,40	78,00
PE12	1,171	4793,75	91,87	PD04	2,368	6884,83	84,06
PE13	1,345	4640,28	91,73	PD05	2,166	7139,36	83,26
PE14	1,089	4271,46	91,45	PD06	5,396	10472,80	84,81
PE15	1,467	6052,37	91,69	PD07	59,107	37202,50	88,00
PE16	0,894	4386,93	91,85	PD08	3,775	8466,90	83,91
PE17	0,309	2911,93	91,55	PD09	2,302	6999,65	83,85
PE18	1,043	4554,08	90,46	PD10	2,388	8350,76	88,50
PE19	0,819	3956,90	83,28	PD11	89,828	58693,90	81,00
PE20	0,773	3816,49	84,47	PD12	5,381	13537,80	88,46
PE21	0,801	3919,87	82,83	PD13	2,237	7574,85	83,16
PE22	0,478	2875,63	82,49	PD14	4,250	9828,34	88,97
PE23	0,478	2795,64	82,68	PD15	13,145	16004,00	77,34
PE24	1,889	6108,75	82,85	PD16	5,034	10812,40	83,39
PE25	0,338	4513,61	83,28	P01	9,075	13932,00	86,39

SUB-BACIA	ÁREA (km ²)	PERÍMETRO (m)	CN	SUB-BACIA	ÁREA (km ²)	PERÍMETRO (m)	CN
P02	1,412	5116,13	91,35	P12	1,990	6462,23	91,87
P03	5,325	12177,50	91,61	P13	2,391	6889,70	91,58
P04	1,949	6135,23	88,22	P14	1,685	5422,52	91,63
P05	2,120	8191,56	89,55	P15	1,127	5963,07	88,28
P06	2,230	8090,85	88,96	P16	3,630	7847,01	94,00
P07	2,658	7601,80	86,20	P17	8,120	14057,00	84,62
P08	1,529	7146,05	85,12	P18	4,079	10724,20	84,67
P09	3,774	8393,44	86,37	P19	9,061	13918,90	87,46
P10	2,469	6838,86	91,45	P20	3,505	10479,60	86,53
P11	2,386	7157,89	91,77	LDN	10,527	16350,30	90,00

Os hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico consistem em hidrógrafas, que representam a evolução da onda de cheia ao longo do tempo, estabelecidos para cada sub-bacia. A seguir, são apresentados os hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico para cada uma das sub-bacias da área urbana de Teresina, lembrando que em virtude da não existência de um cadastro sistematizado das redes de drenagem urbana de Teresina, a metodologia de trabalho para o prognóstico precisou ser alterada, conforme estabelecido em comum acordo com a equipe de fiscalização e supervisão do PDDrU, visto que inviabilizou a realização da modelagem das redes.

14.4.1 Macrobacia da margem direita do rio Poti

Na área urbana de Teresina, a bacia que drena em direção à margem direita do rio Poti foi discretizada em 16 sub-bacias. Para cada uma dessas sub-bacias foram estabelecidos os hidrogramas para o cenário de prognóstico, frente a chuvas com períodos de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos. Estes hidrogramas são apresentados por sub-bacias a seguir.

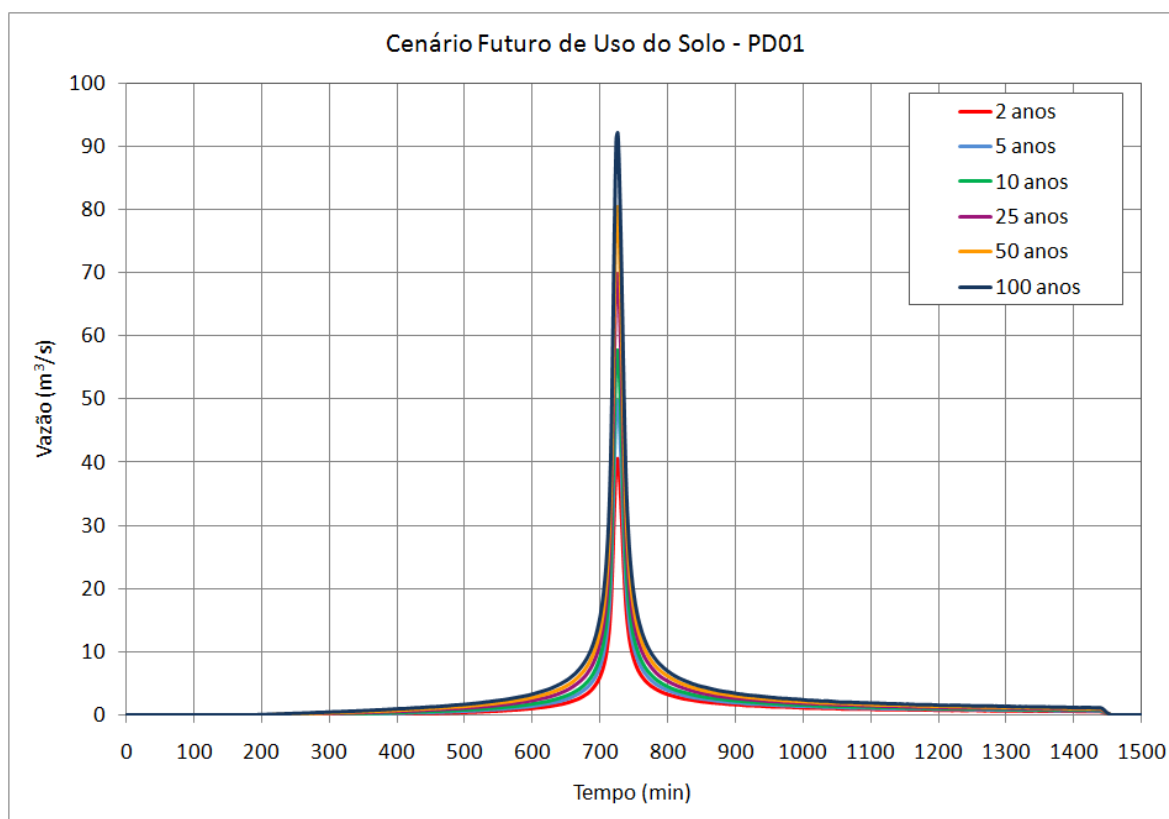


Figura 14.15. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD01.

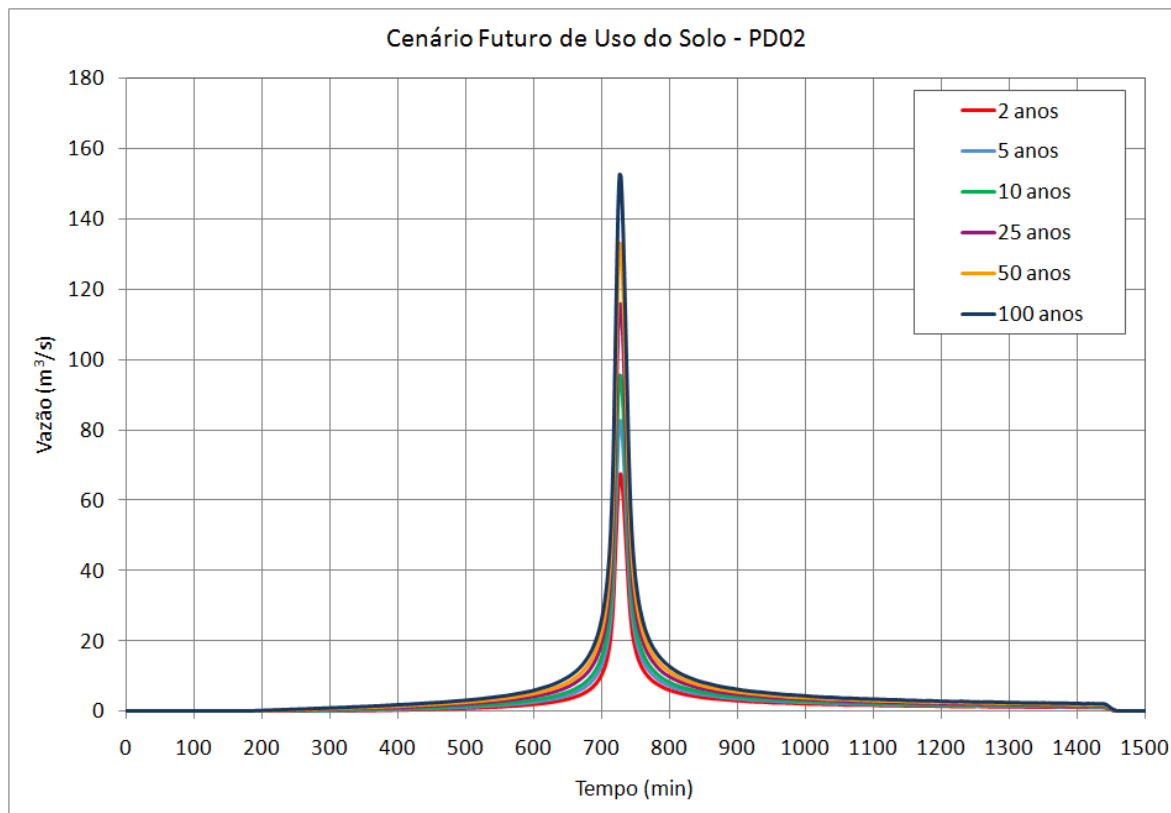


Figura 14.16. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD02.

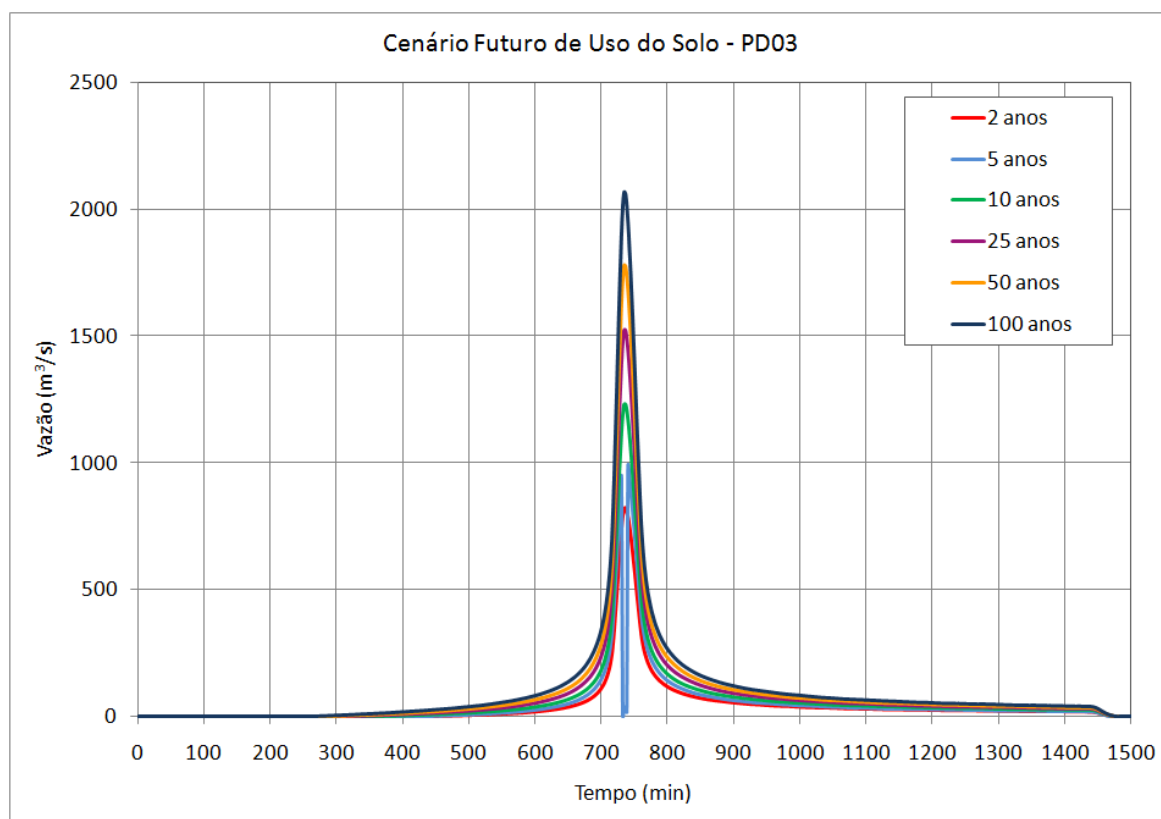


Figura 14.17. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD03.

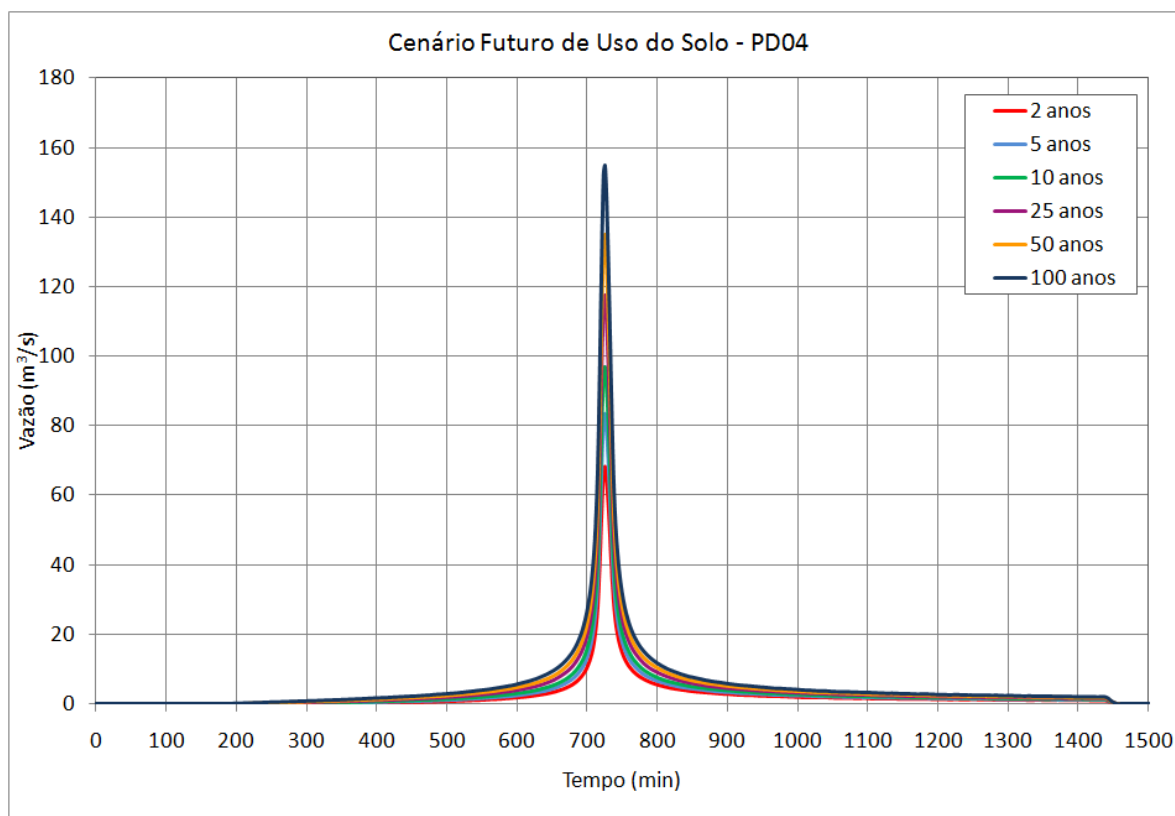


Figura 14.18. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD04.

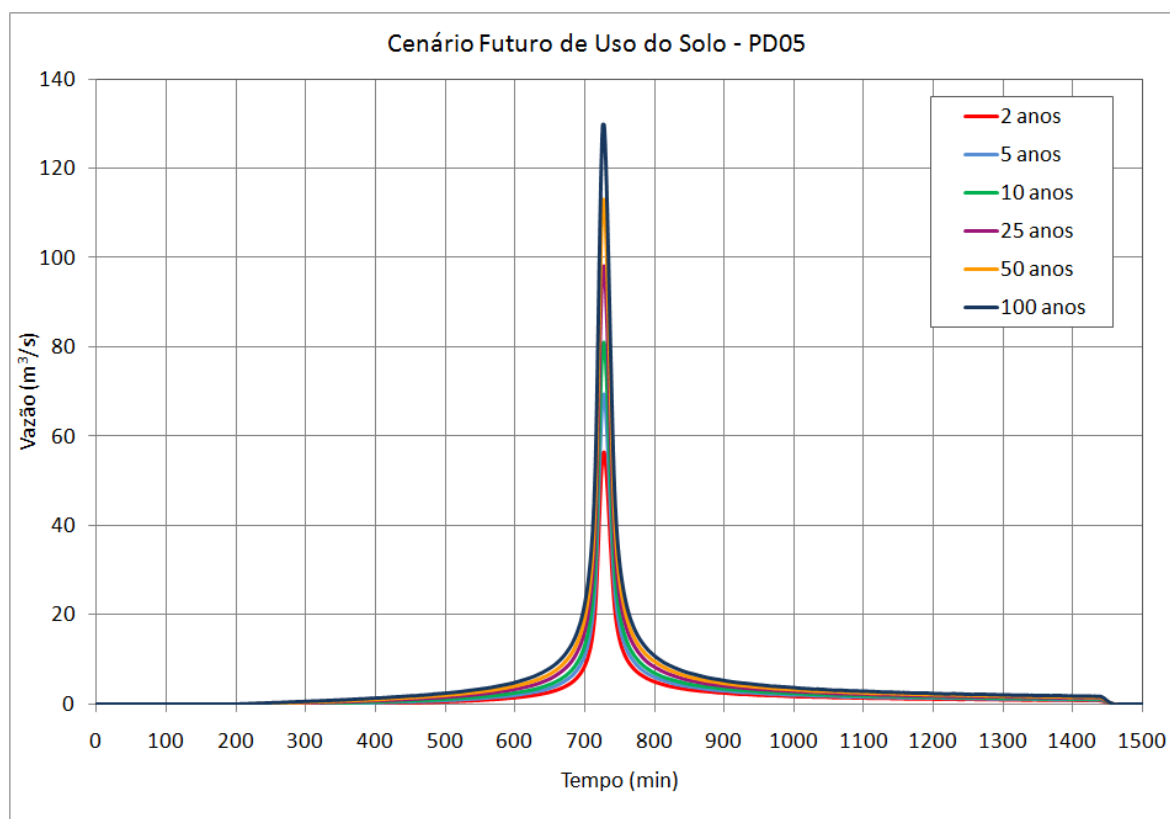


Figura 14.19. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD05.

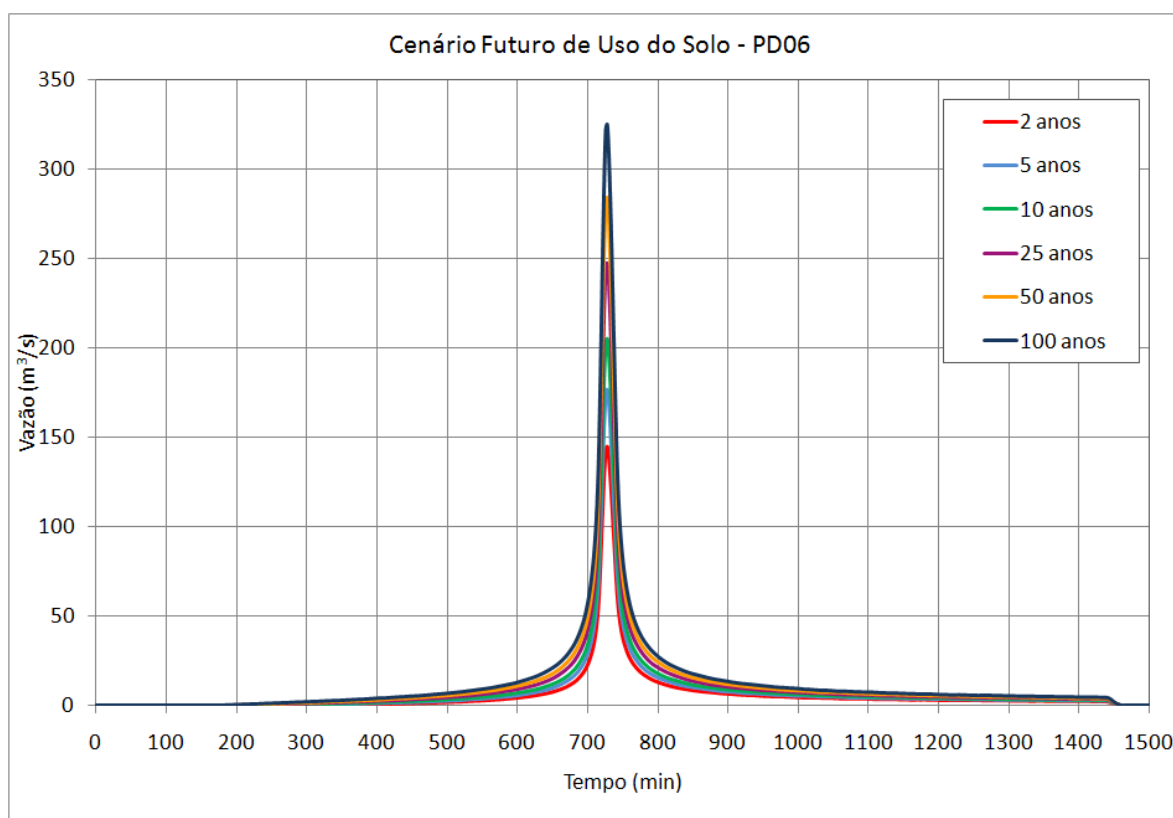


Figura 14.20. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD06.

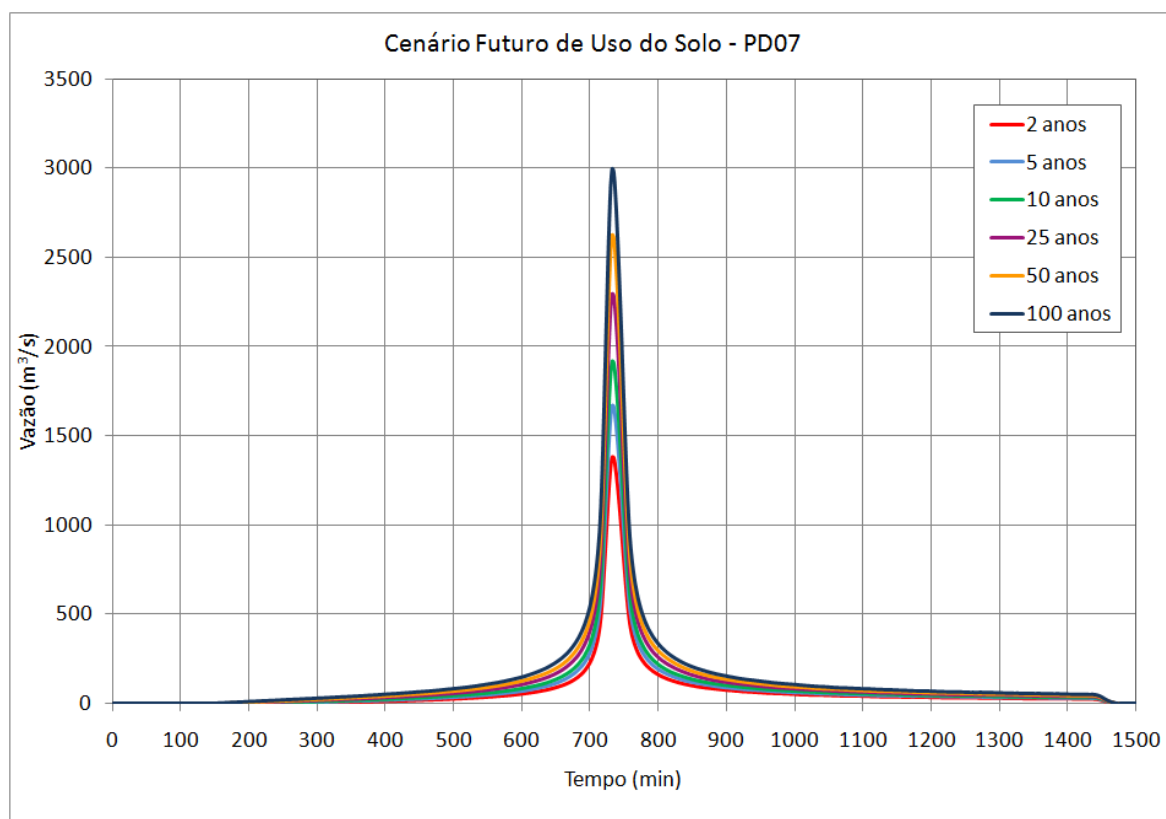


Figura 14.21. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD07.

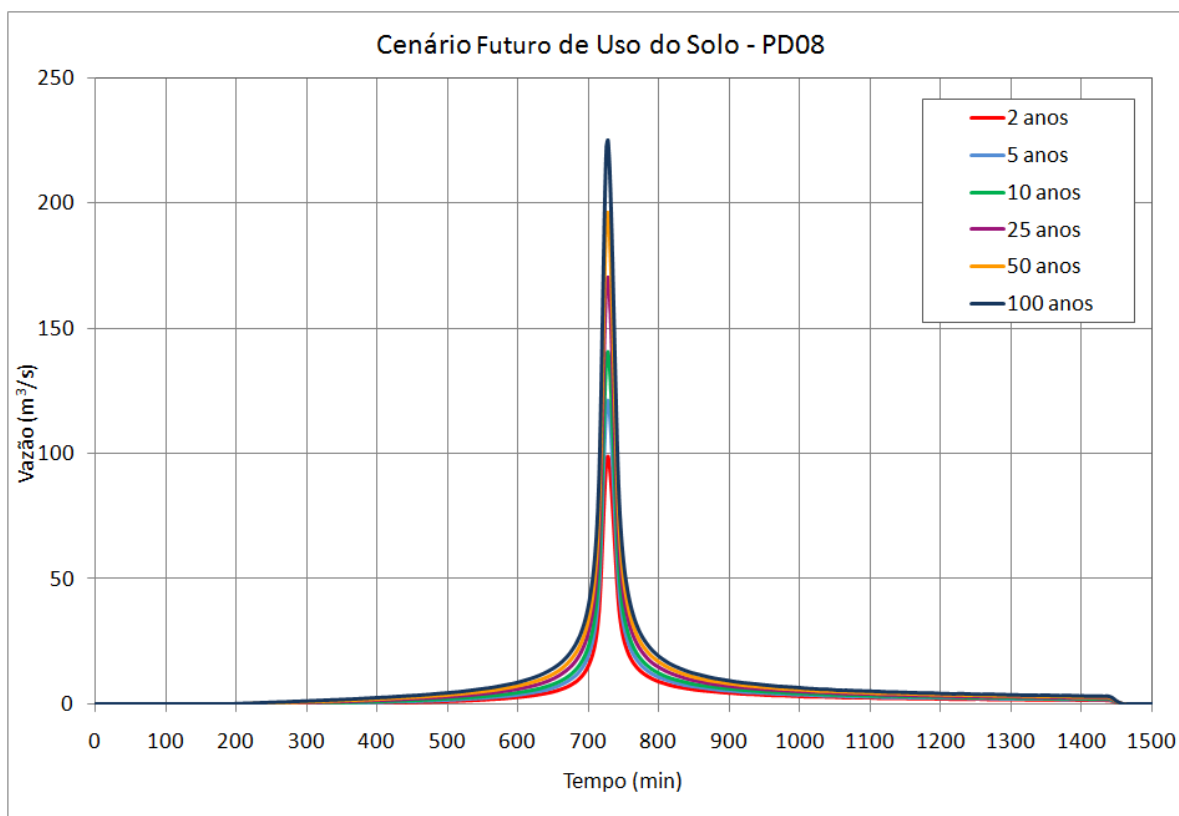


Figura 14.22. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD08.

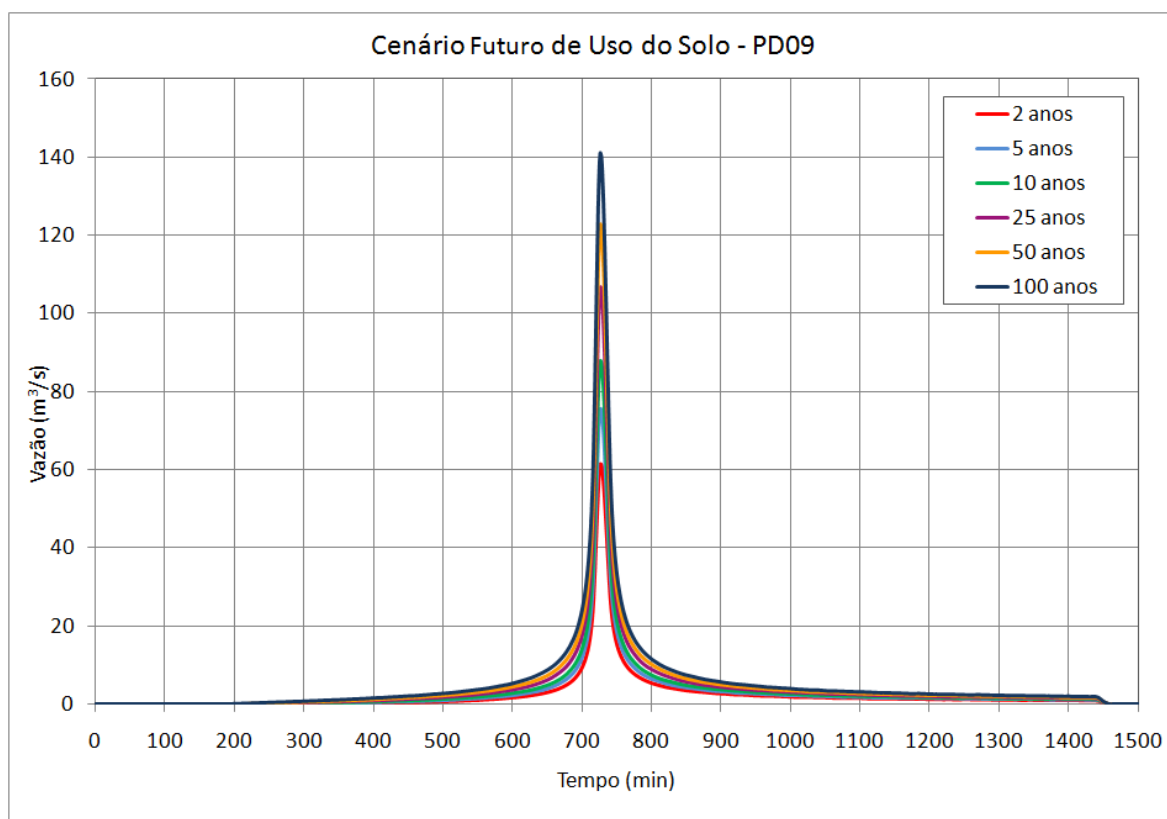


Figura 14.23. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD09.

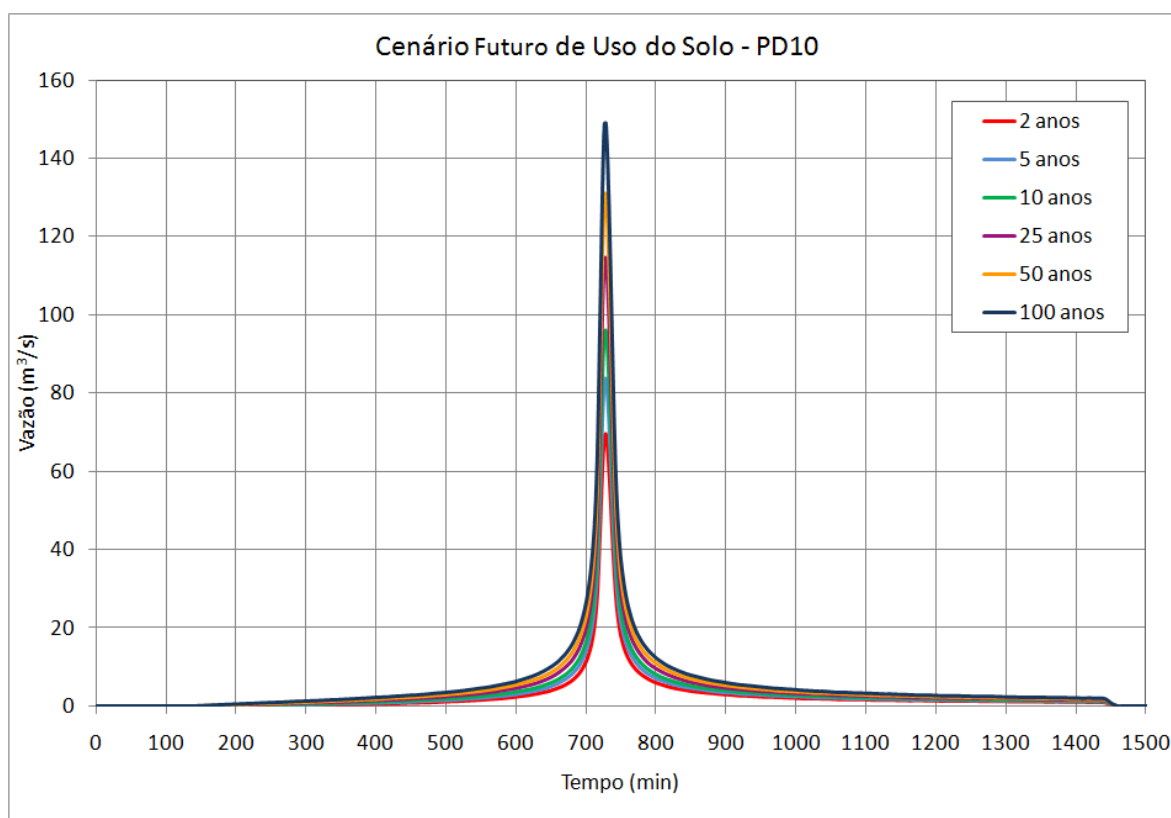


Figura 14.24. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD10.

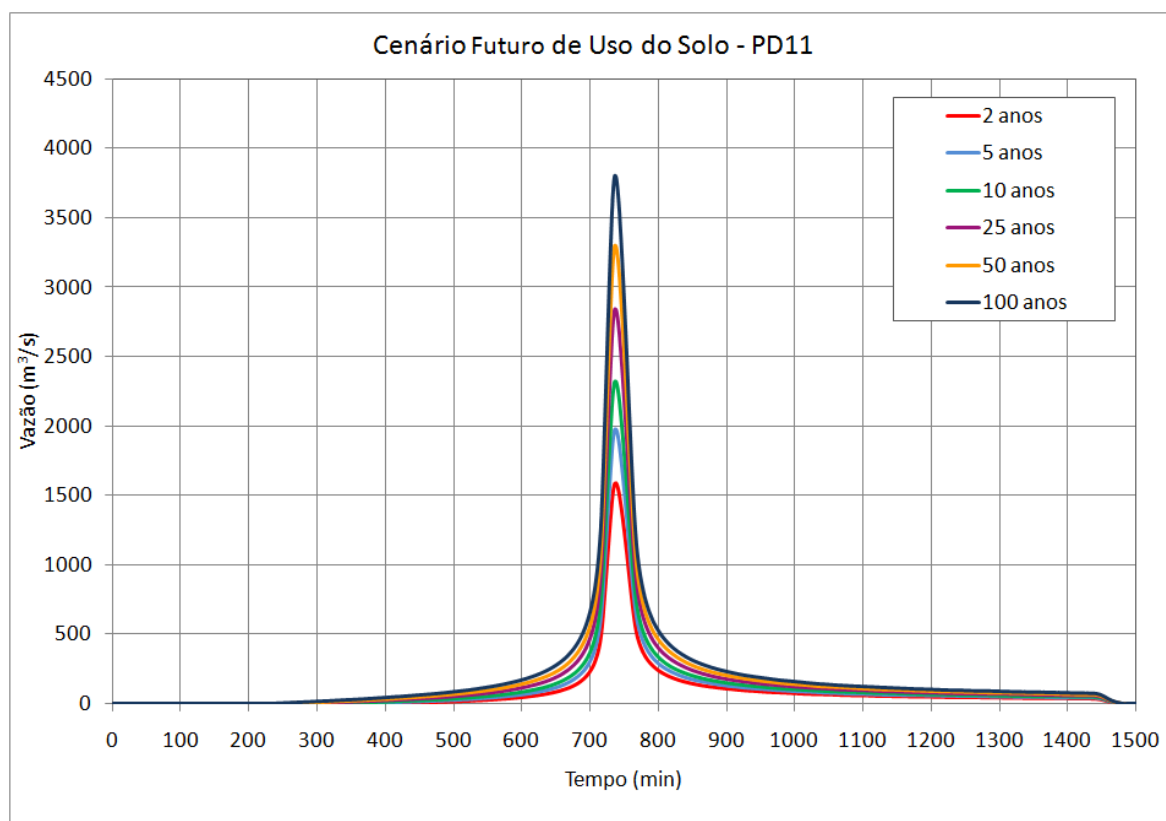


Figura 14.25. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD11.

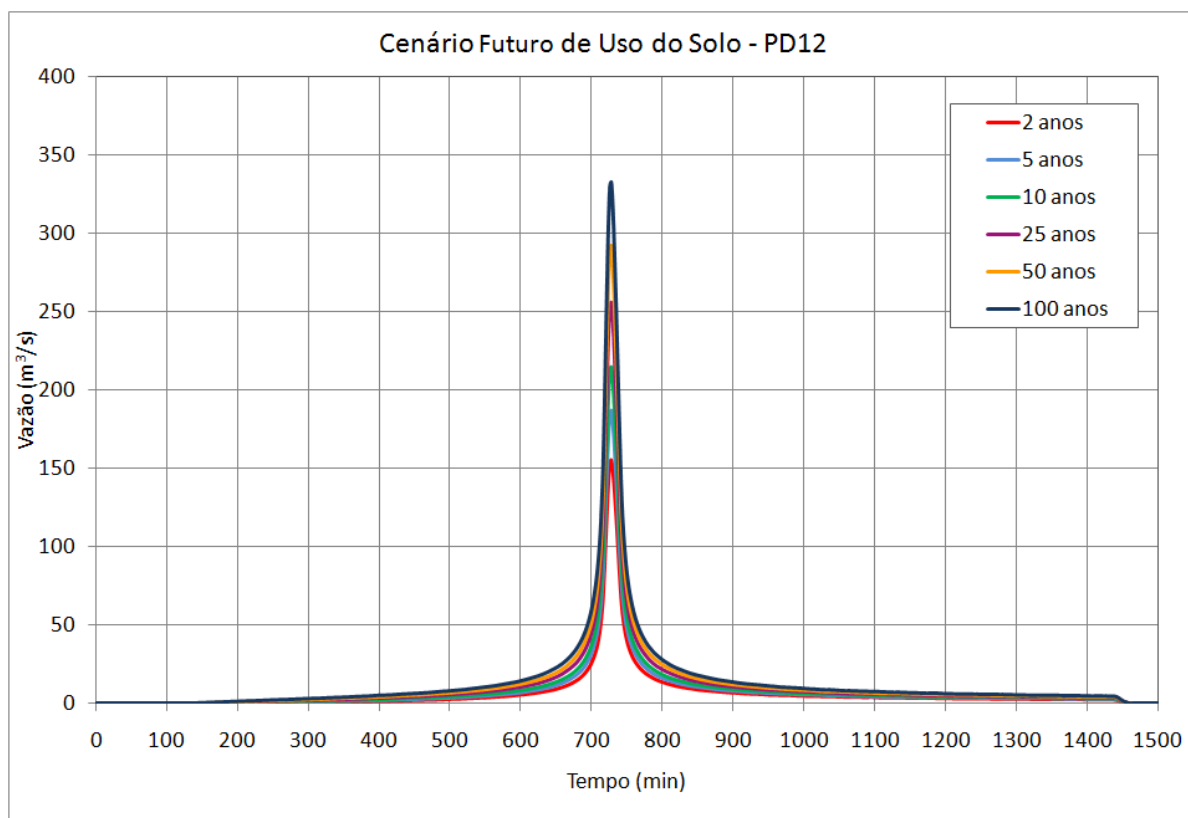


Figura 14.26. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD12.

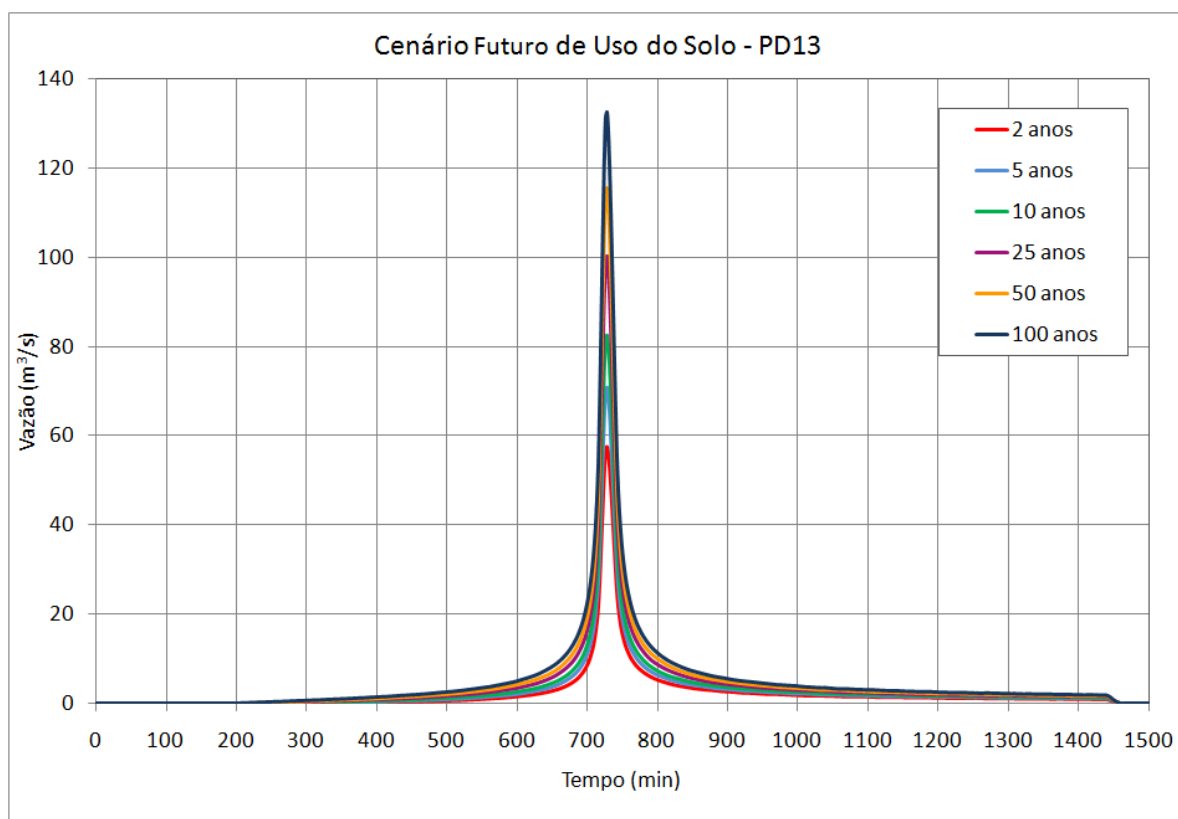


Figura 14.27. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD13.

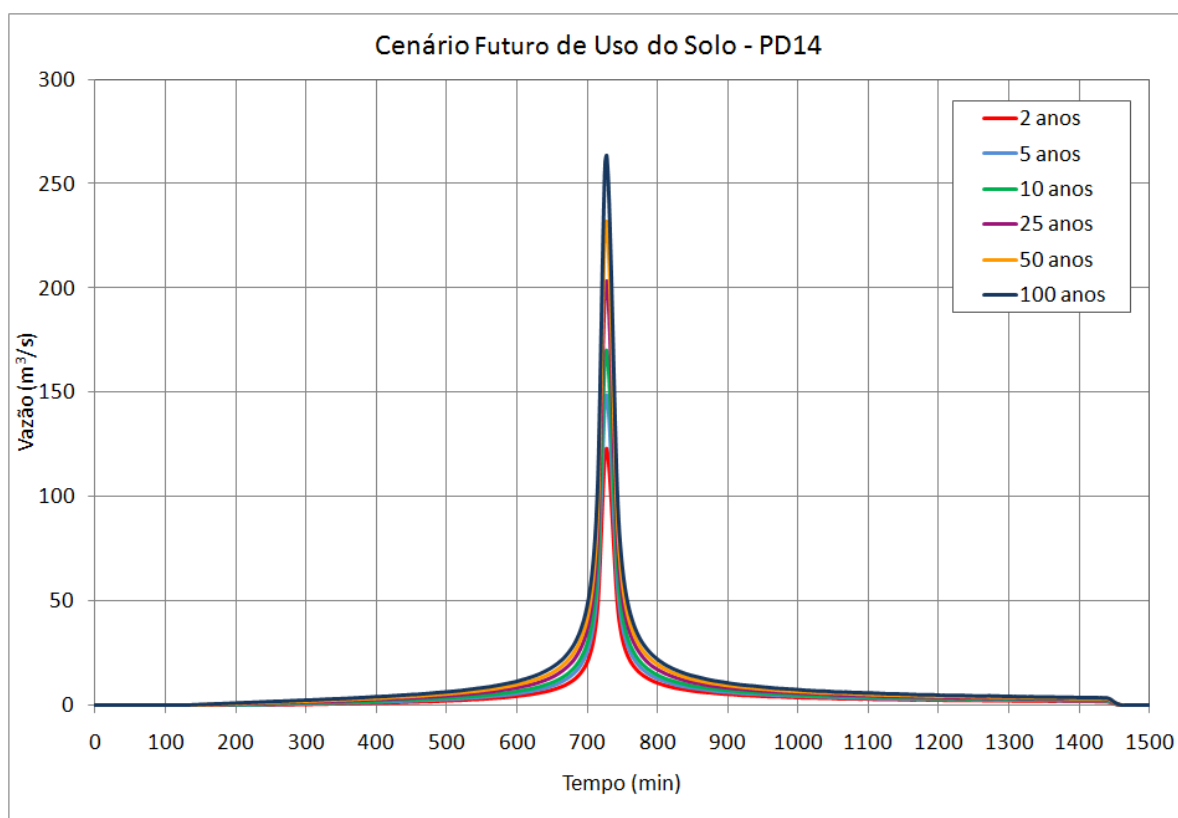


Figura 14.28. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD14.

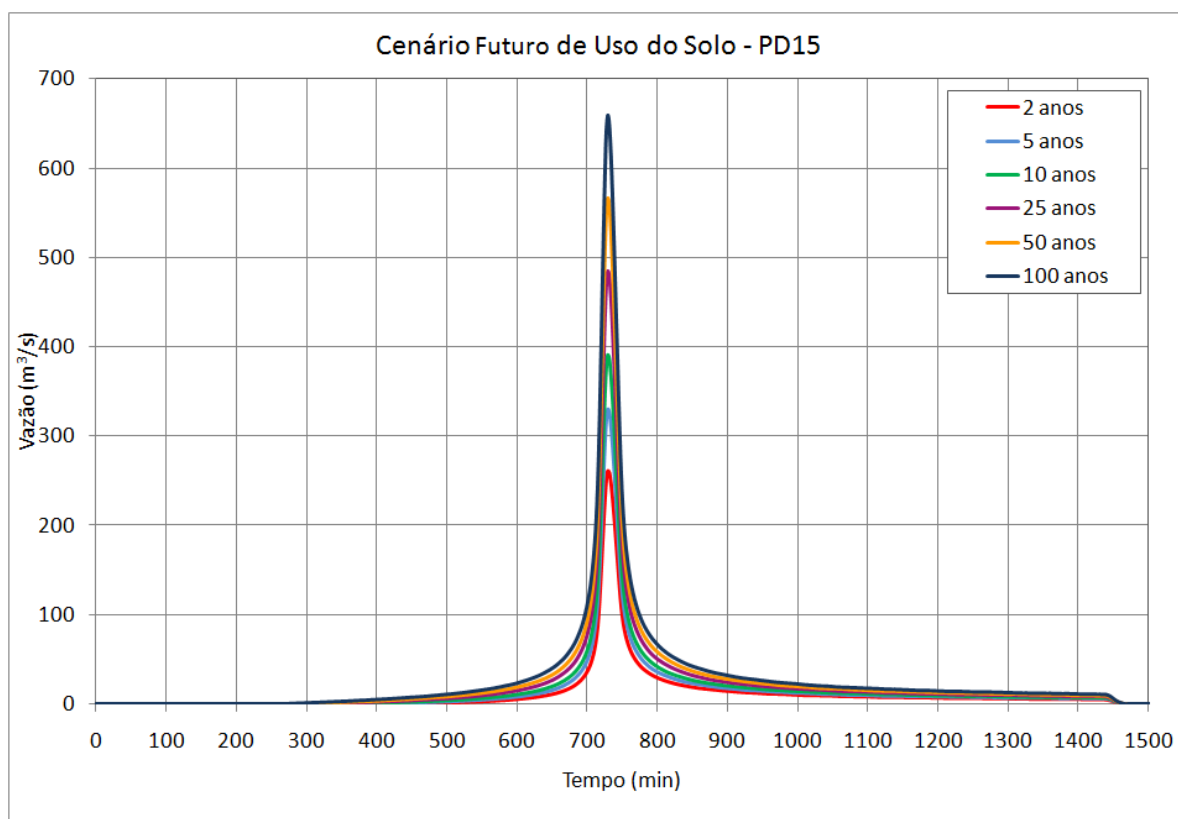


Figura 14.29. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD15.

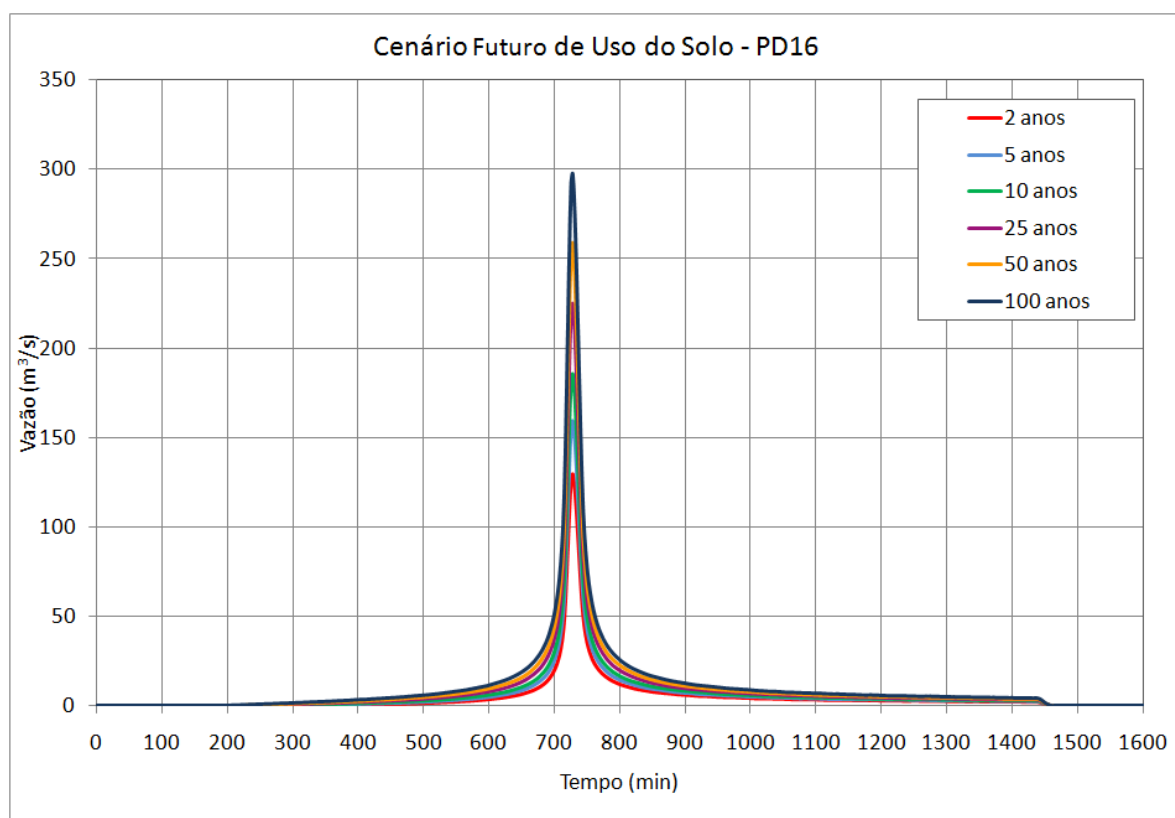


Figura 14.30. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PD16.

14.4.2 Macrobacia da margem esquerda do rio Poti

Na área urbana de Teresina, a bacia que drena em direção à margem esquerda do rio Poti foi discretizada em 32 sub-bacias. Para cada uma dessas sub-bacias foram estabelecidos os hidrogramas para o cenário de prognóstico, frente a chuvas com períodos de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos. Estes hidrogramas são apresentados por sub-bacias a seguir.

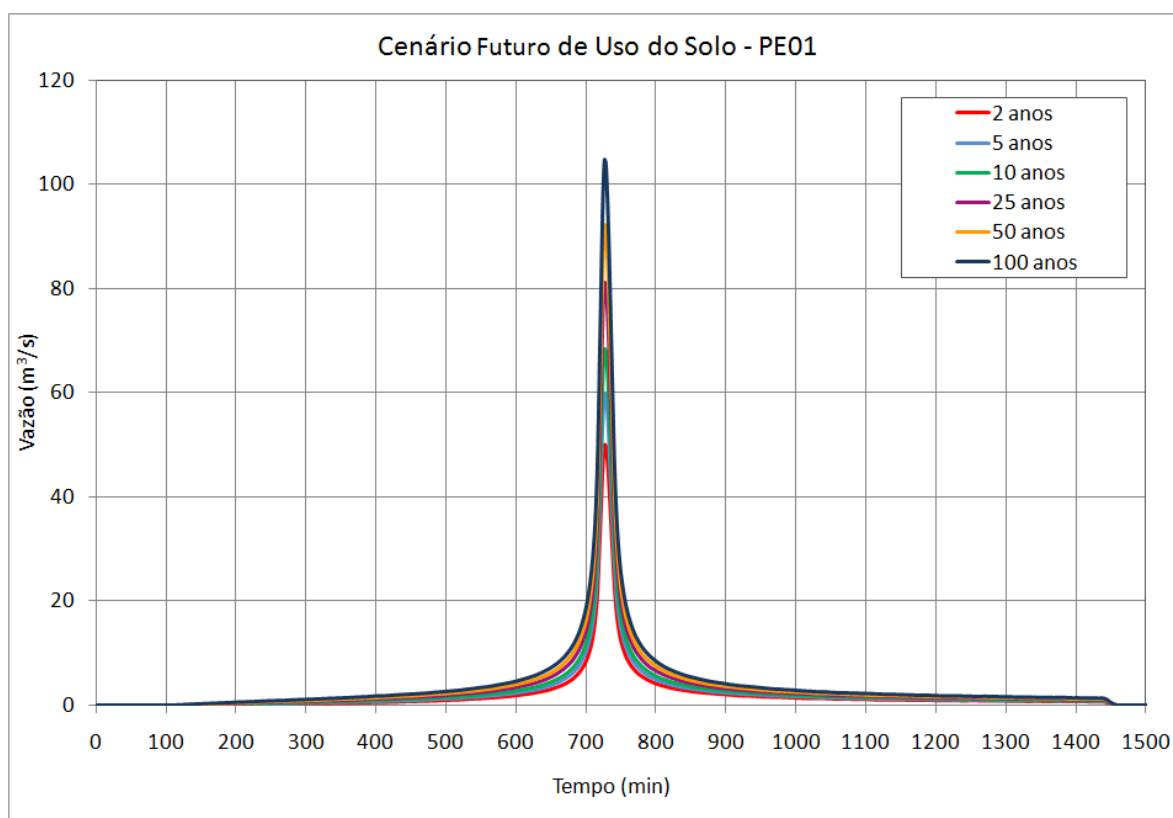


Figura 14.31. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE01.

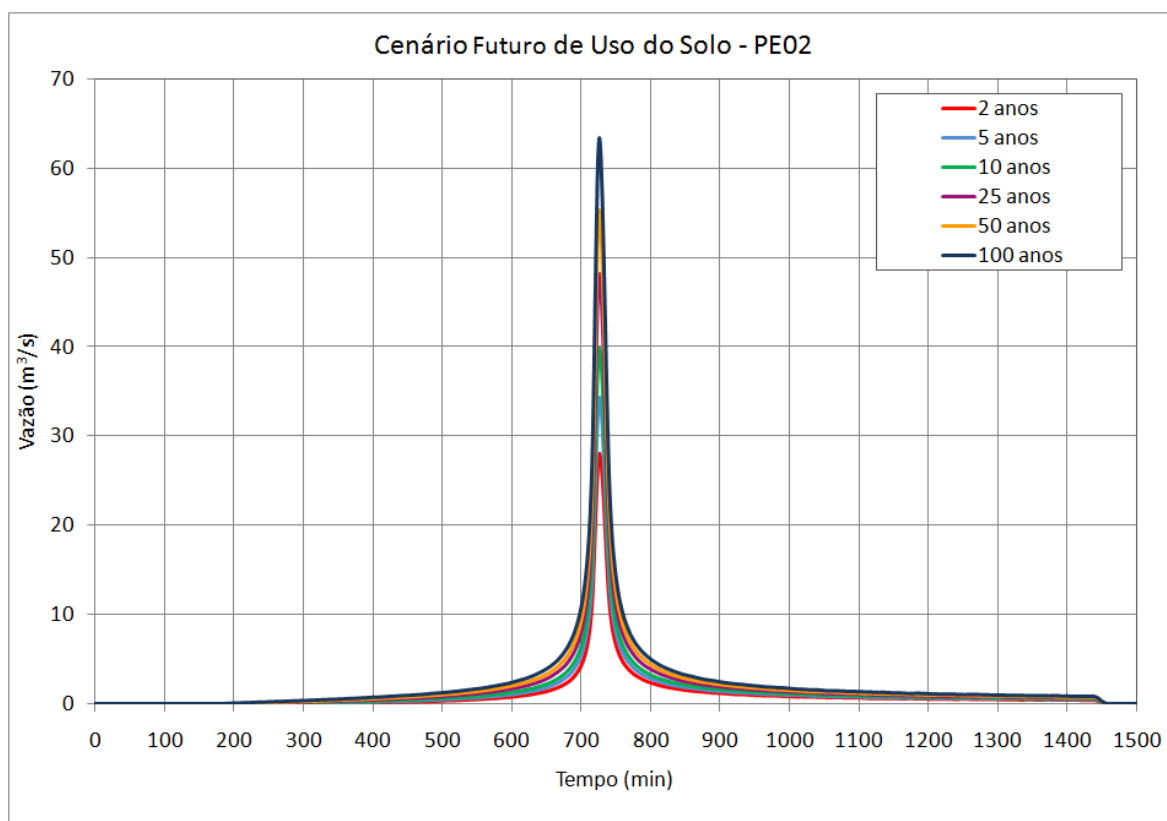


Figura 14.32. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE02.

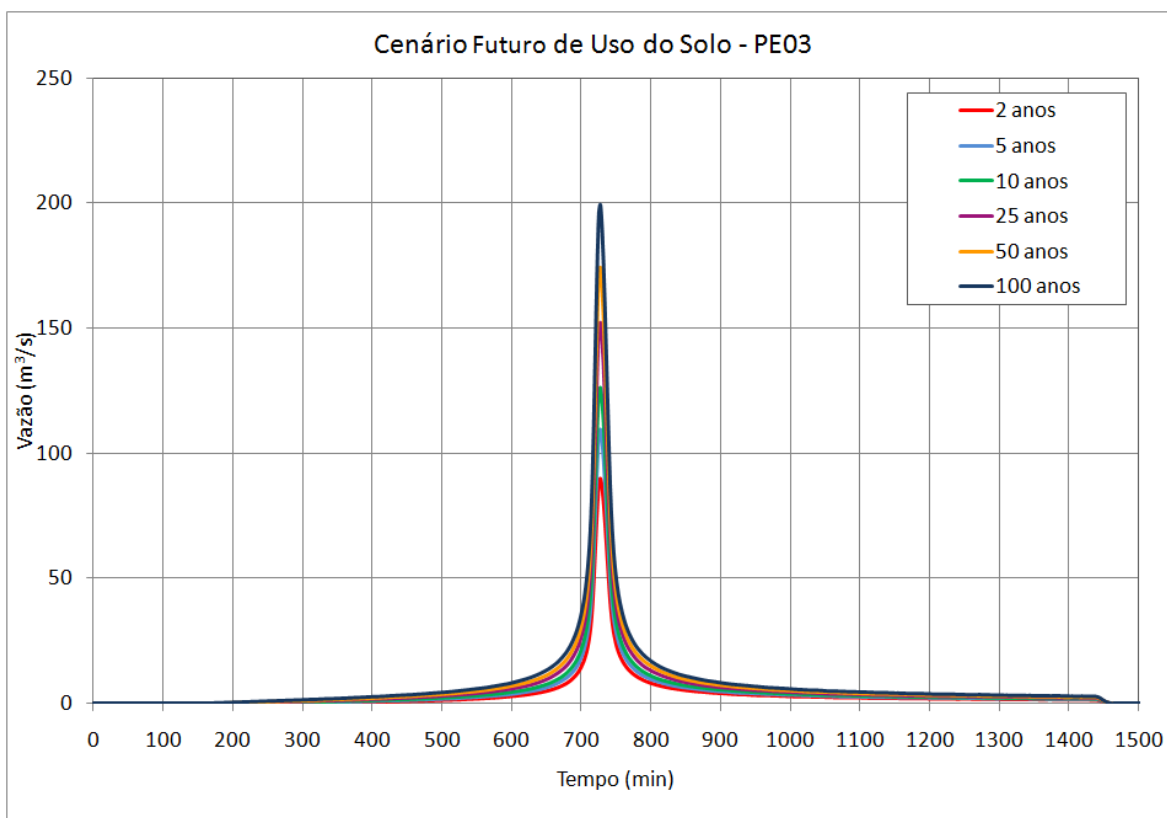


Figura 14.33. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE03.

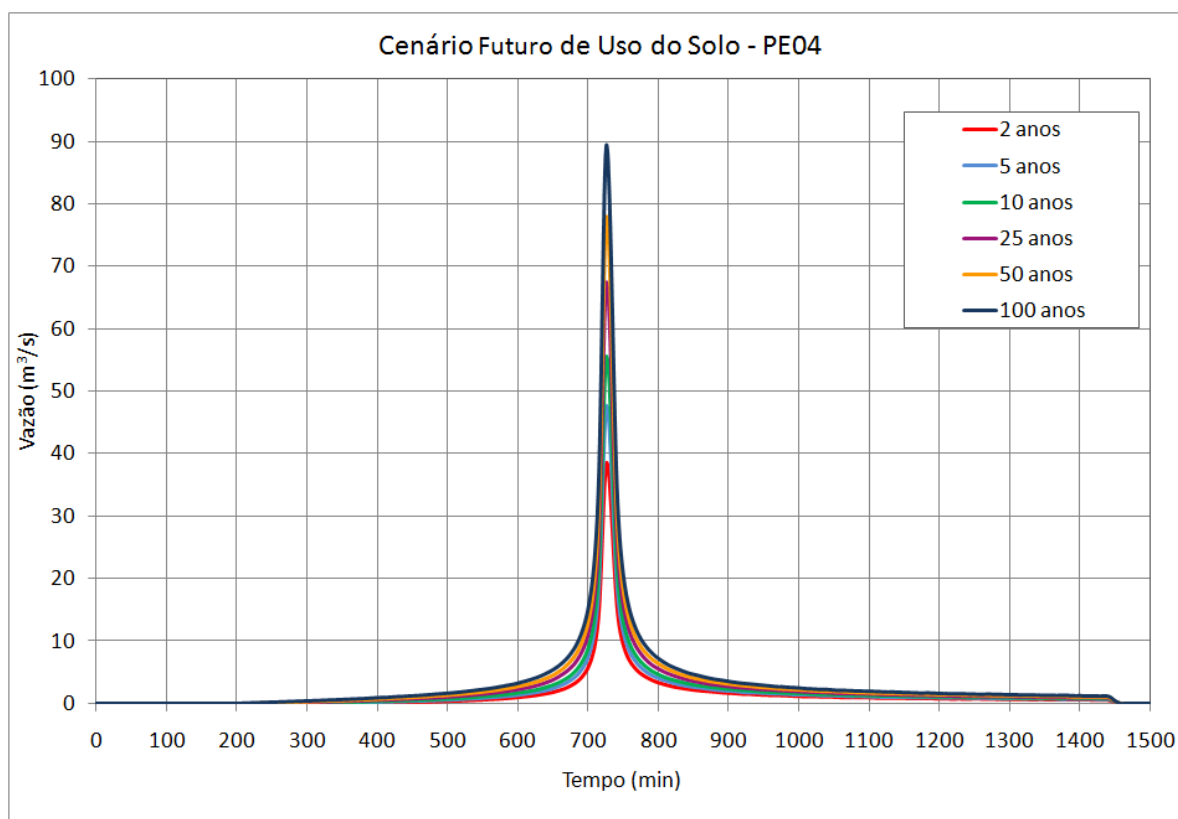


Figura 14.34. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE04.

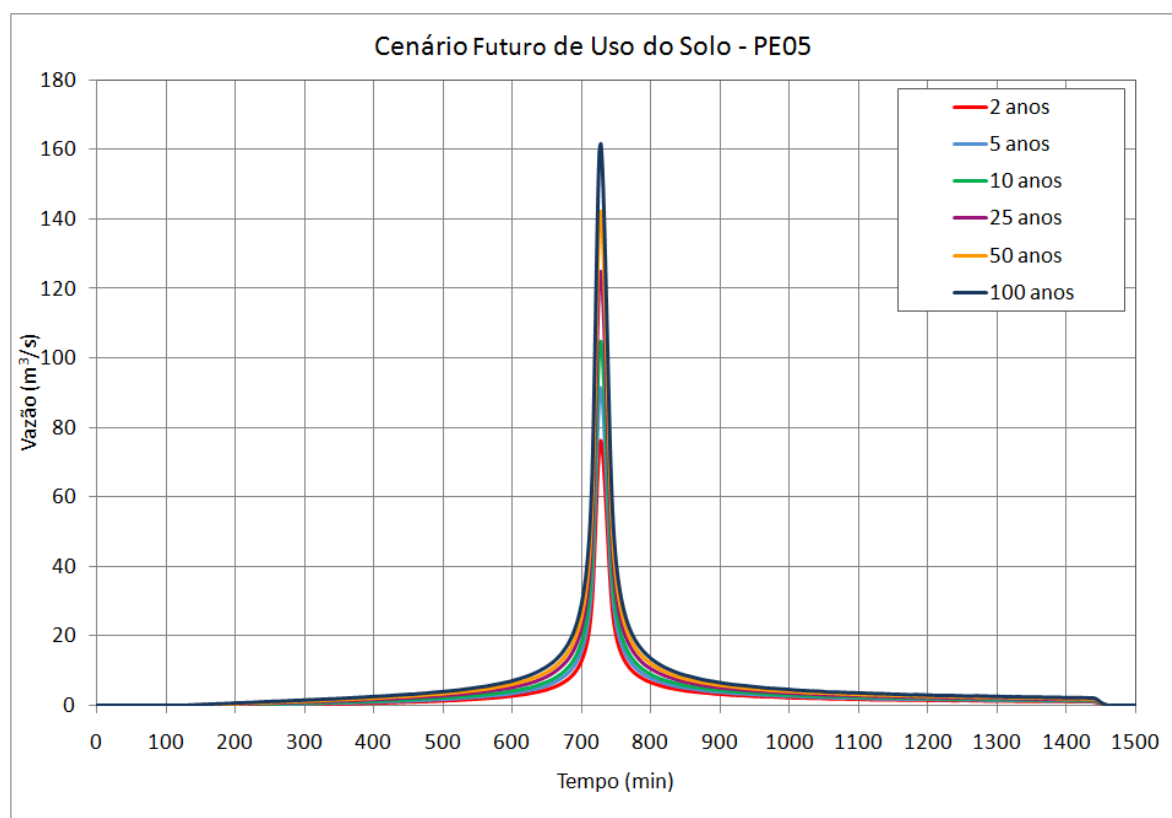


Figura 14.35. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE05.

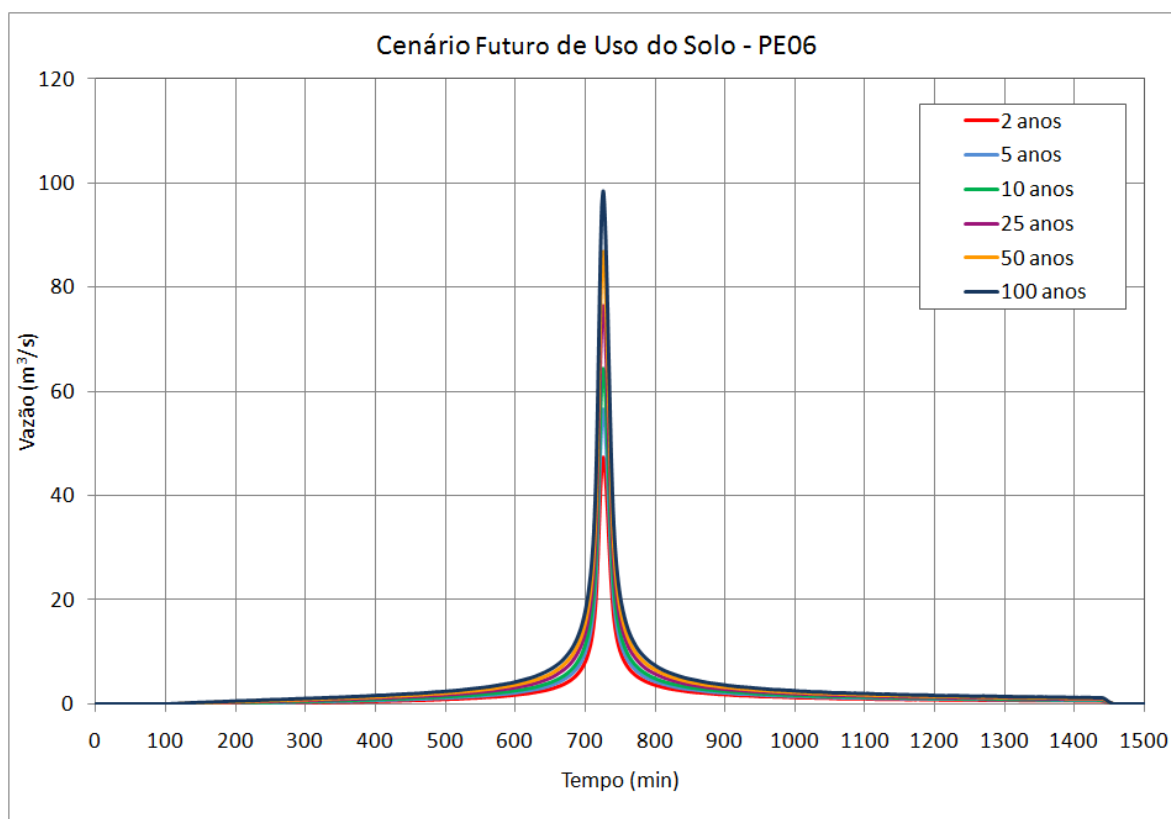


Figura 14.36. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE06.

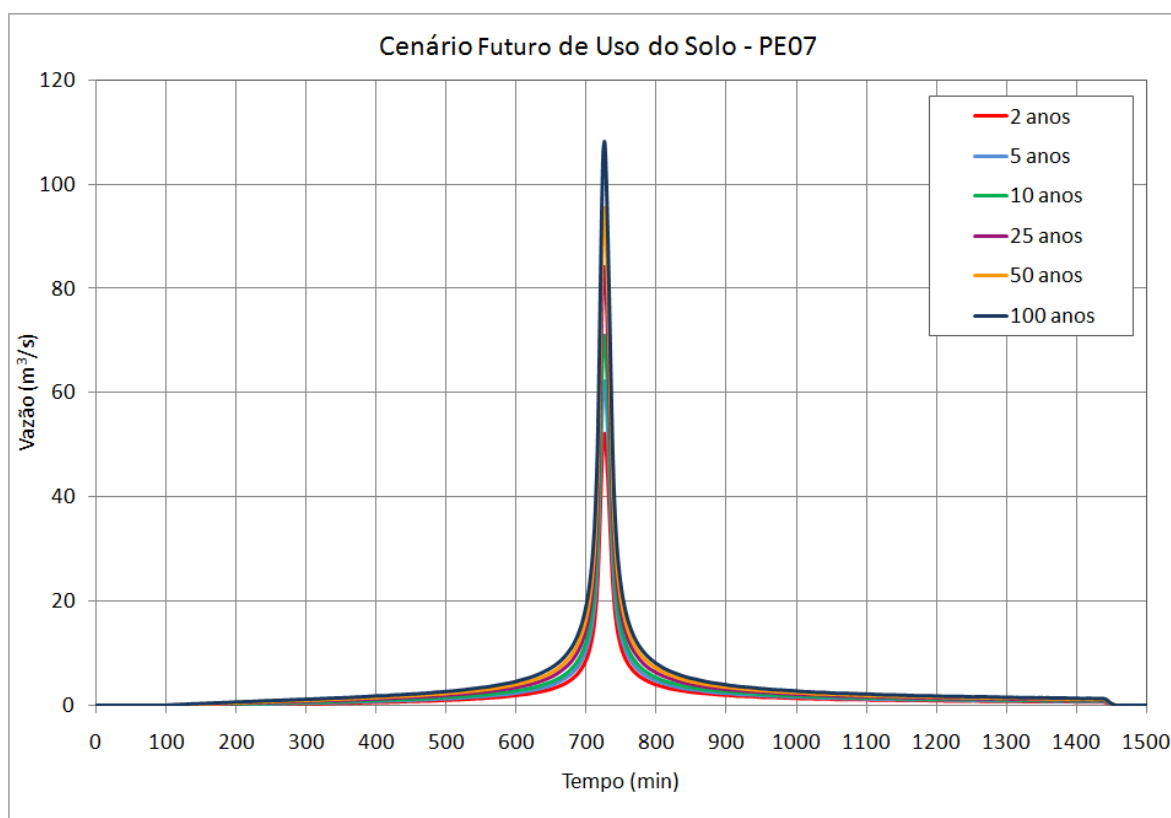


Figura 14.37. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE07.

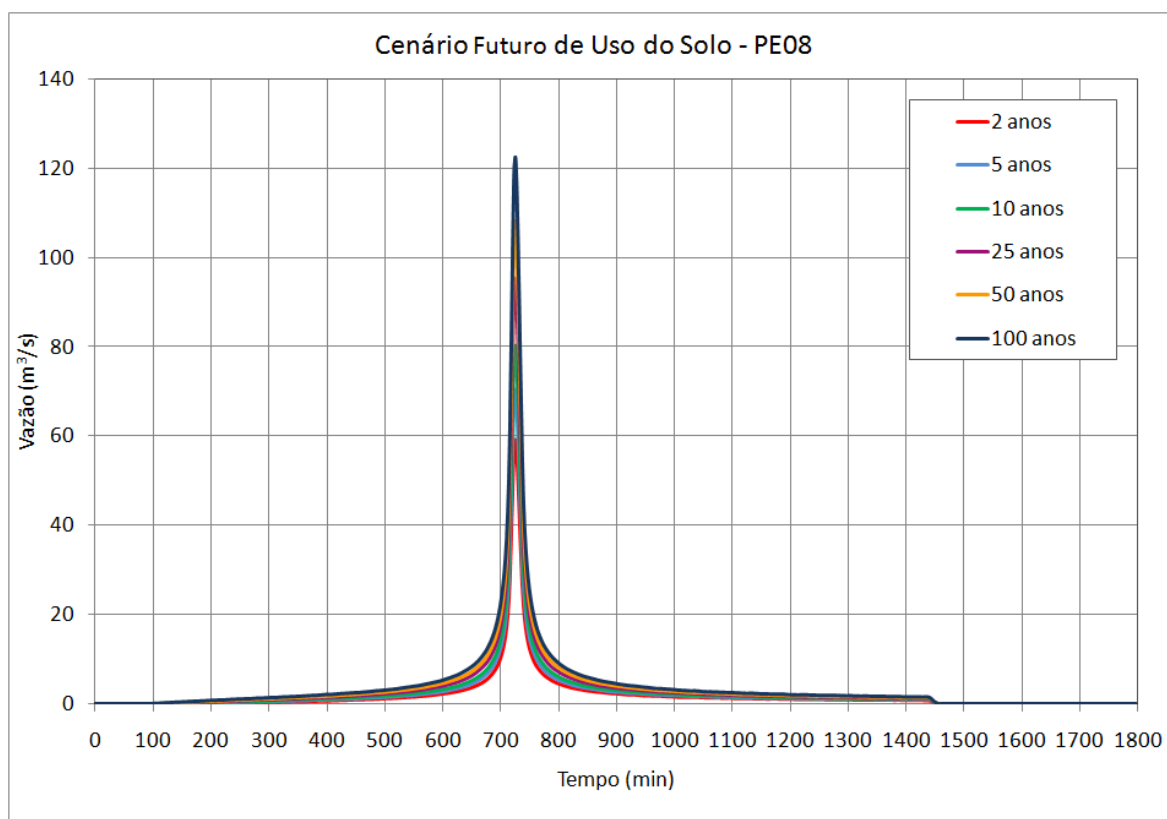


Figura 14.38. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE08.

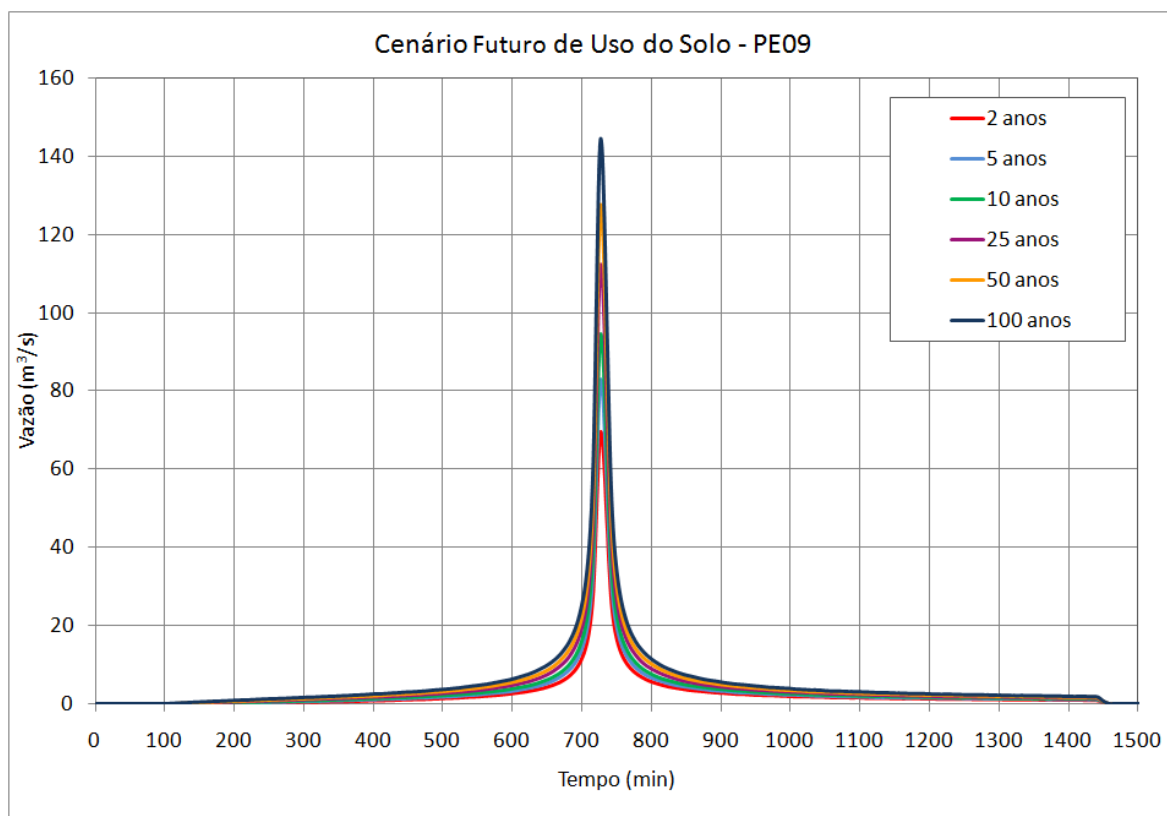


Figura 14.39. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE09.

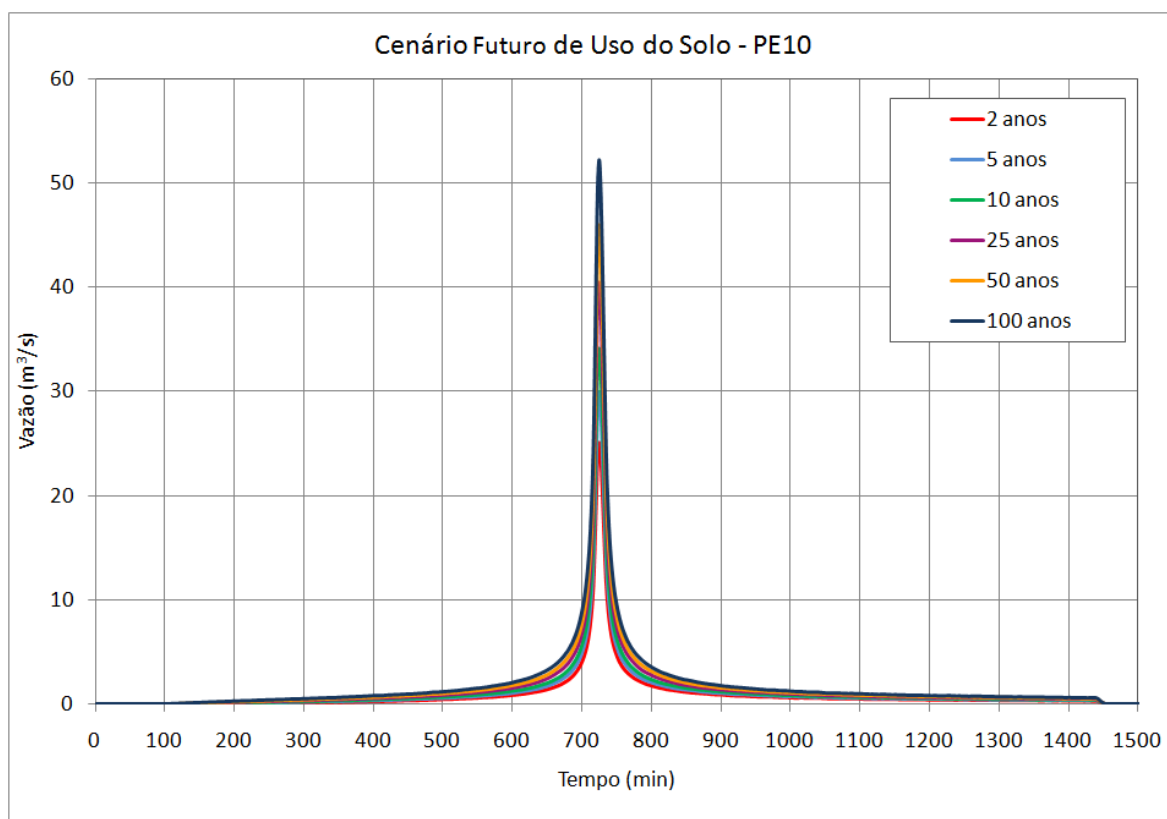


Figura 14.40. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE10.

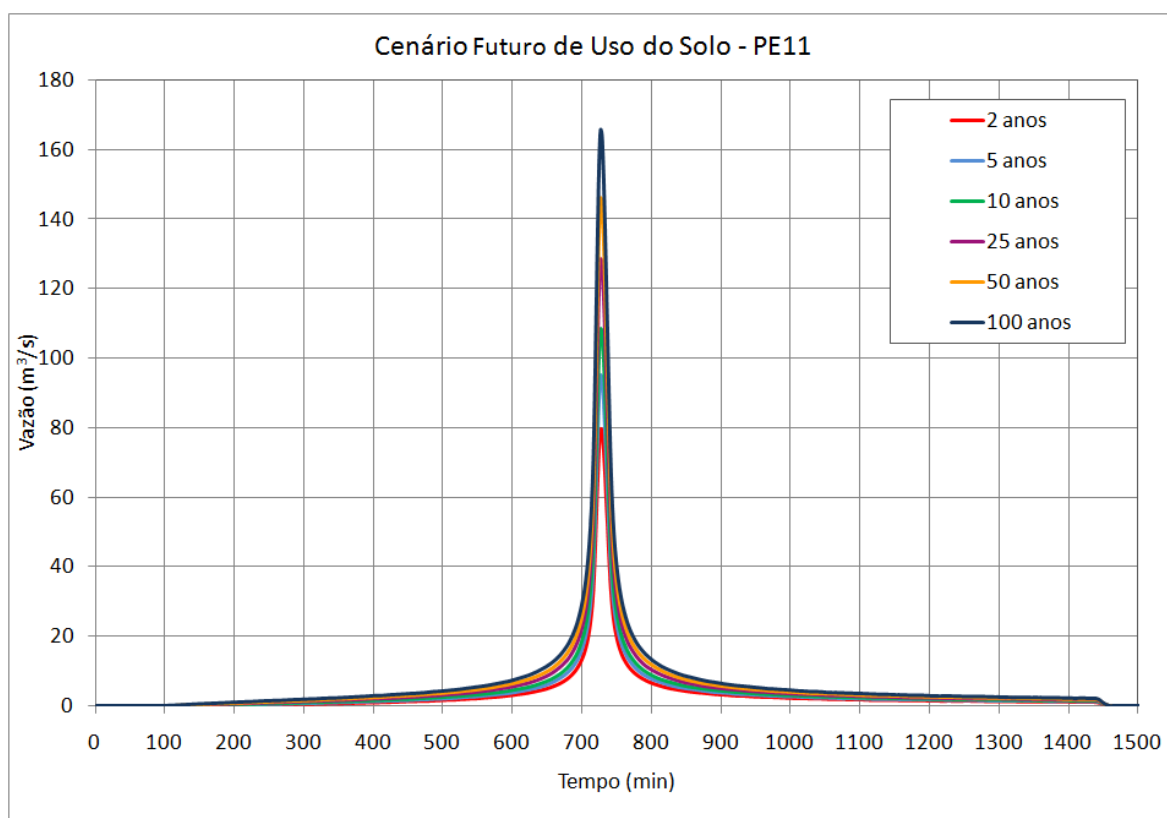


Figura 14.41. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE11.

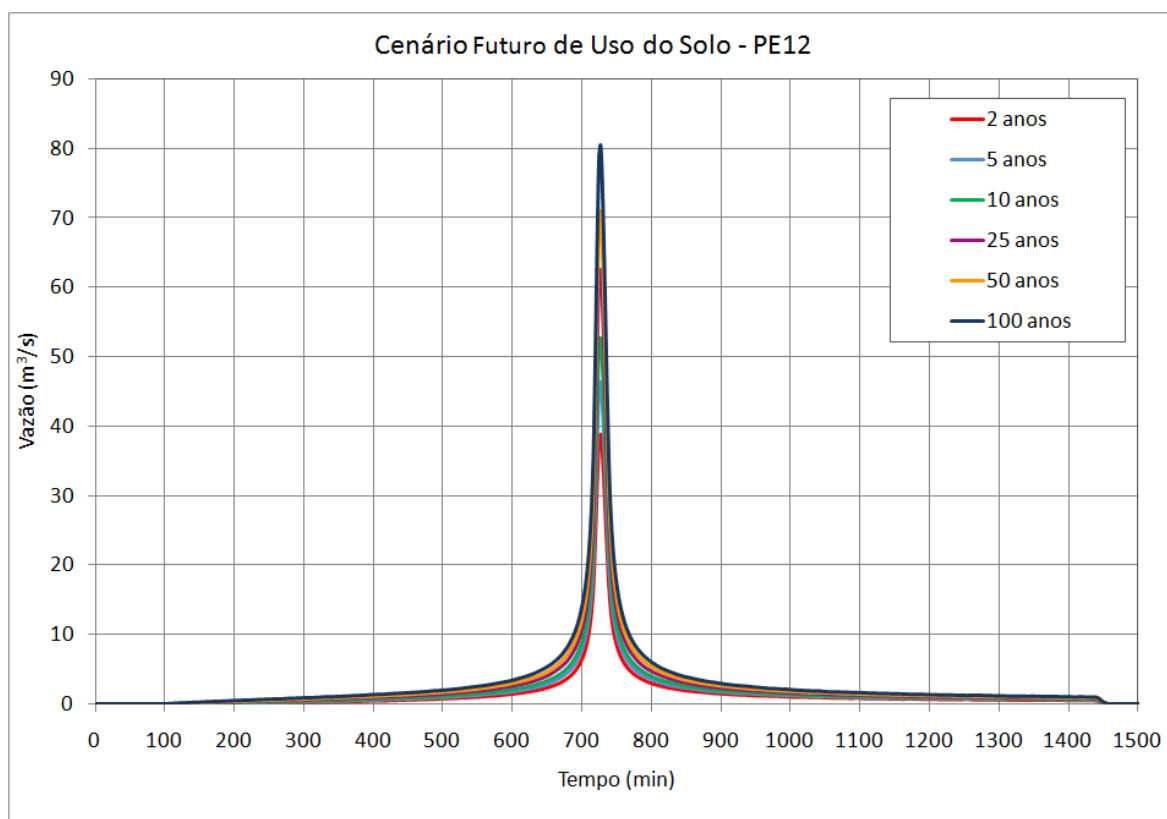


Figura 14.42. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE12.

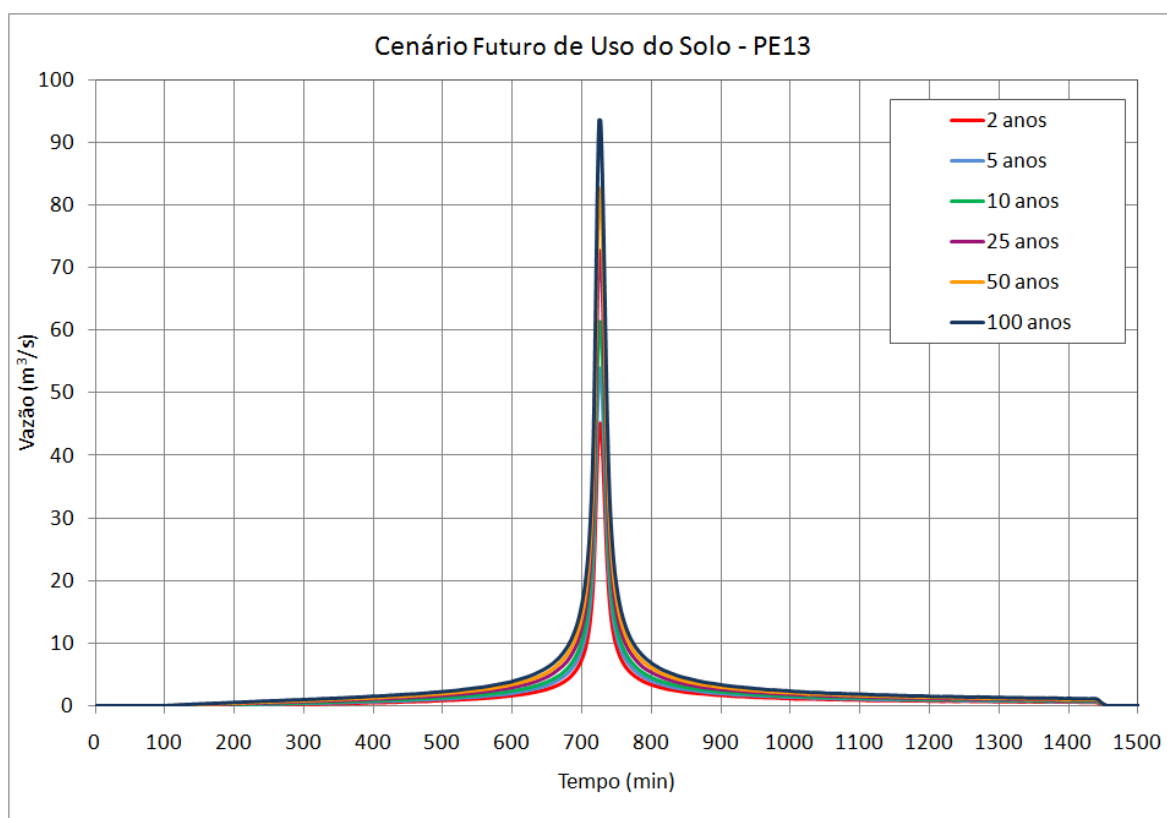


Figura 14.43. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE13.

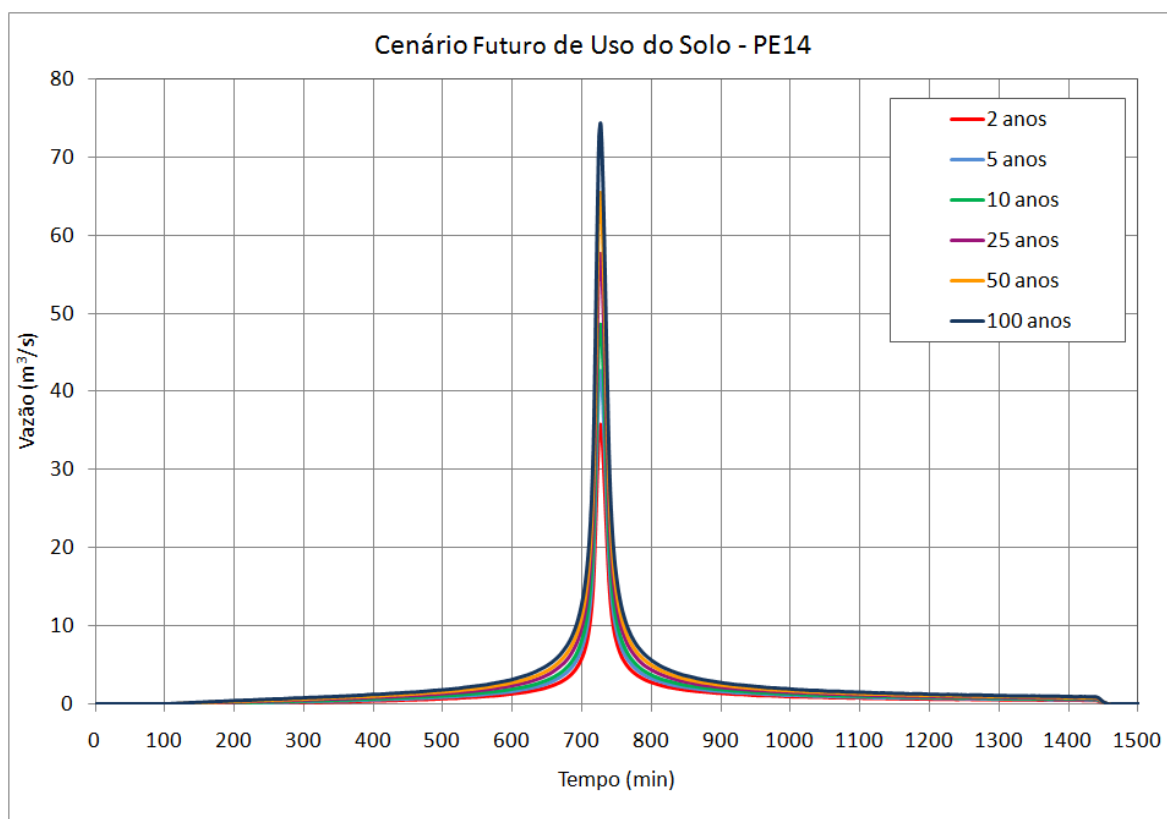


Figura 14.44. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE14.

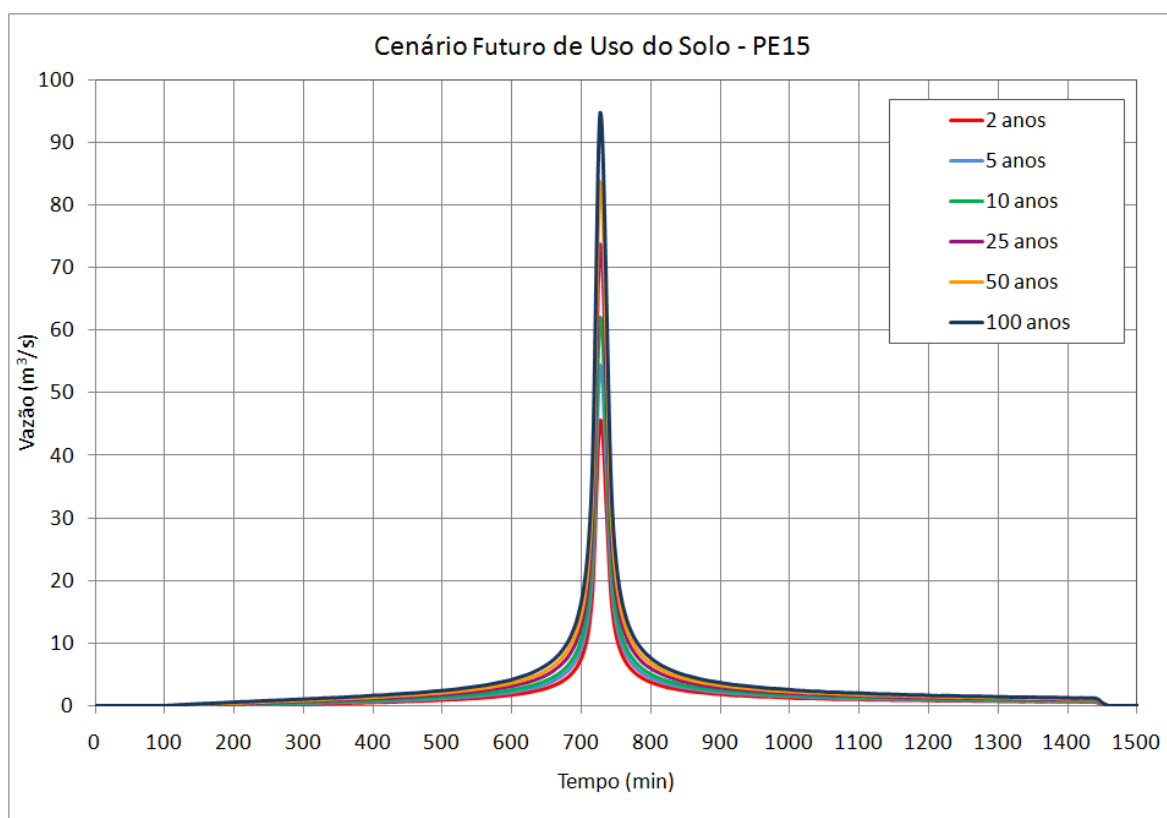


Figura 14.45. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE15.

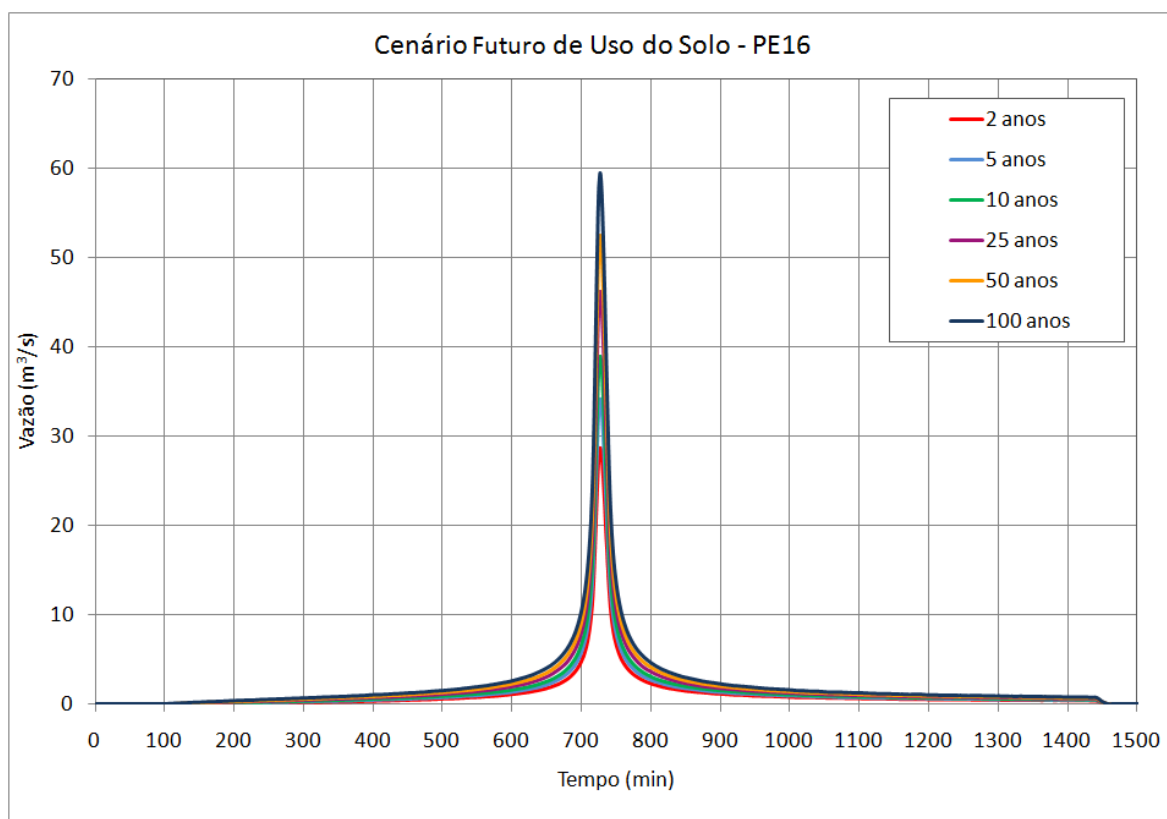


Figura 14.46. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE16.

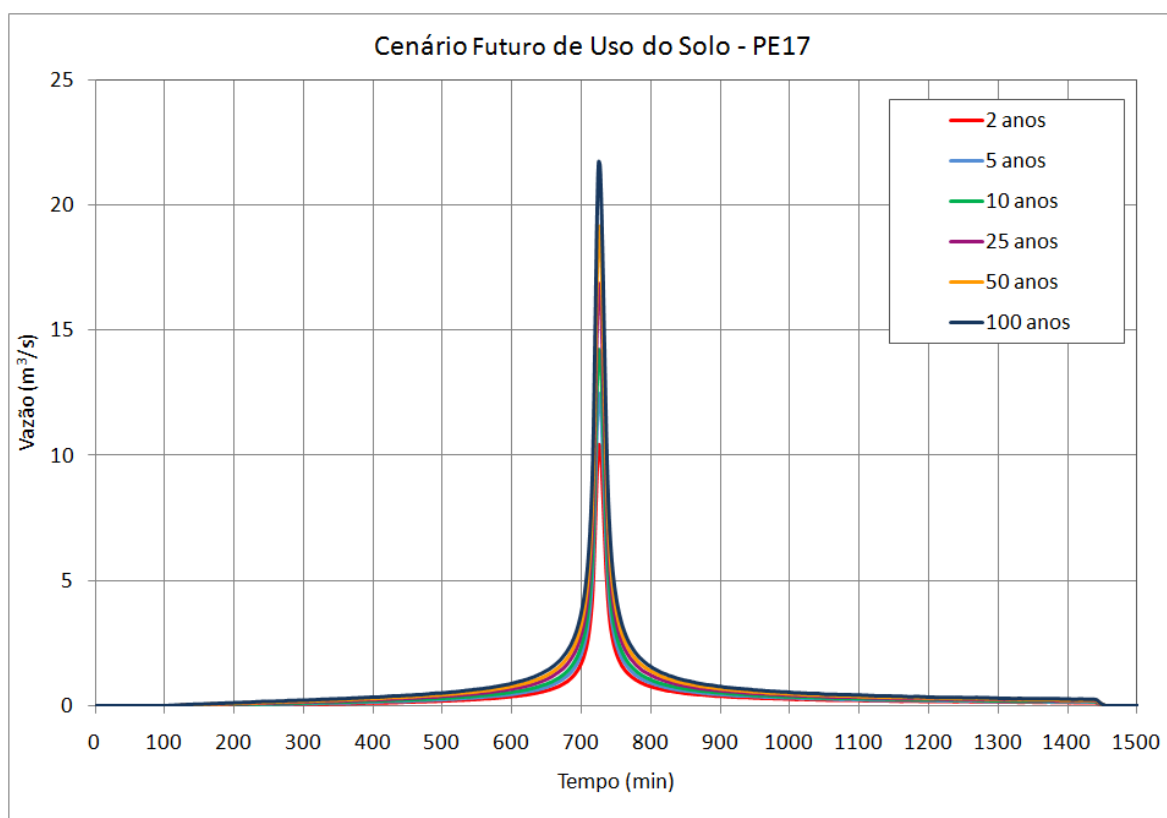


Figura 14.47. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE17.

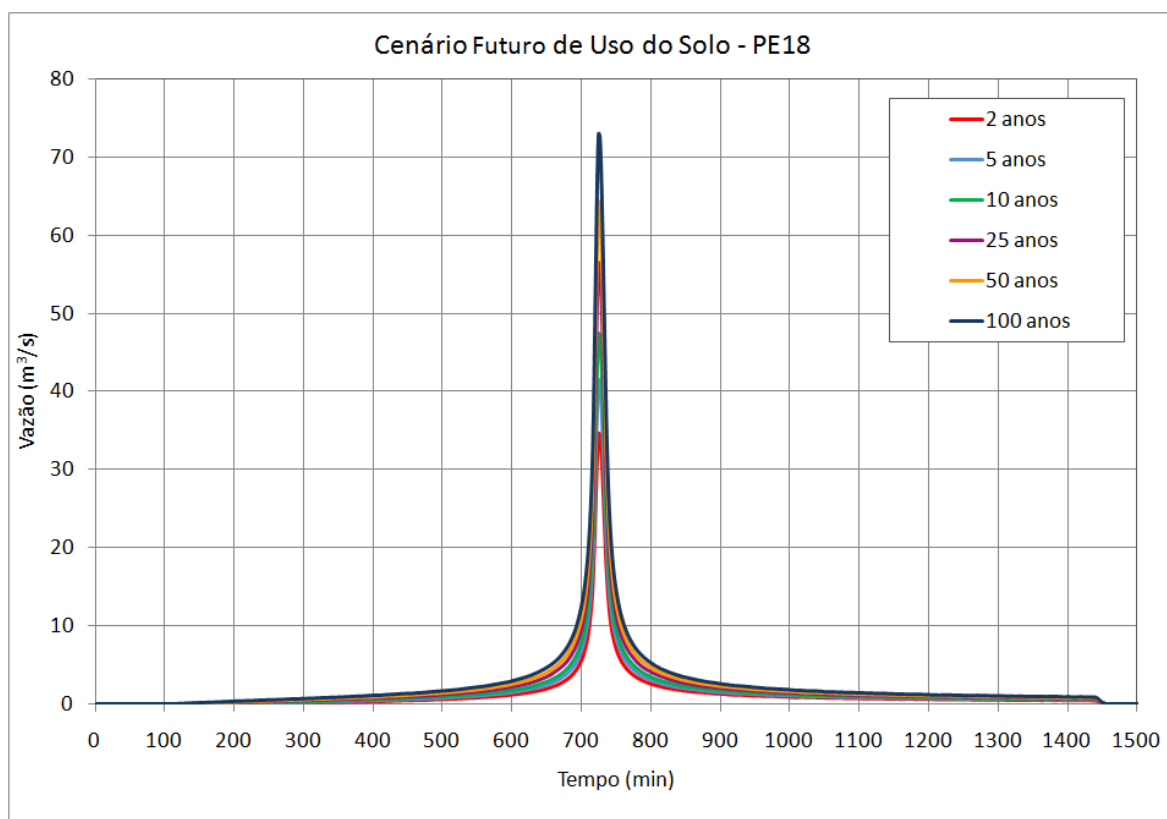


Figura 14.48. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE18.

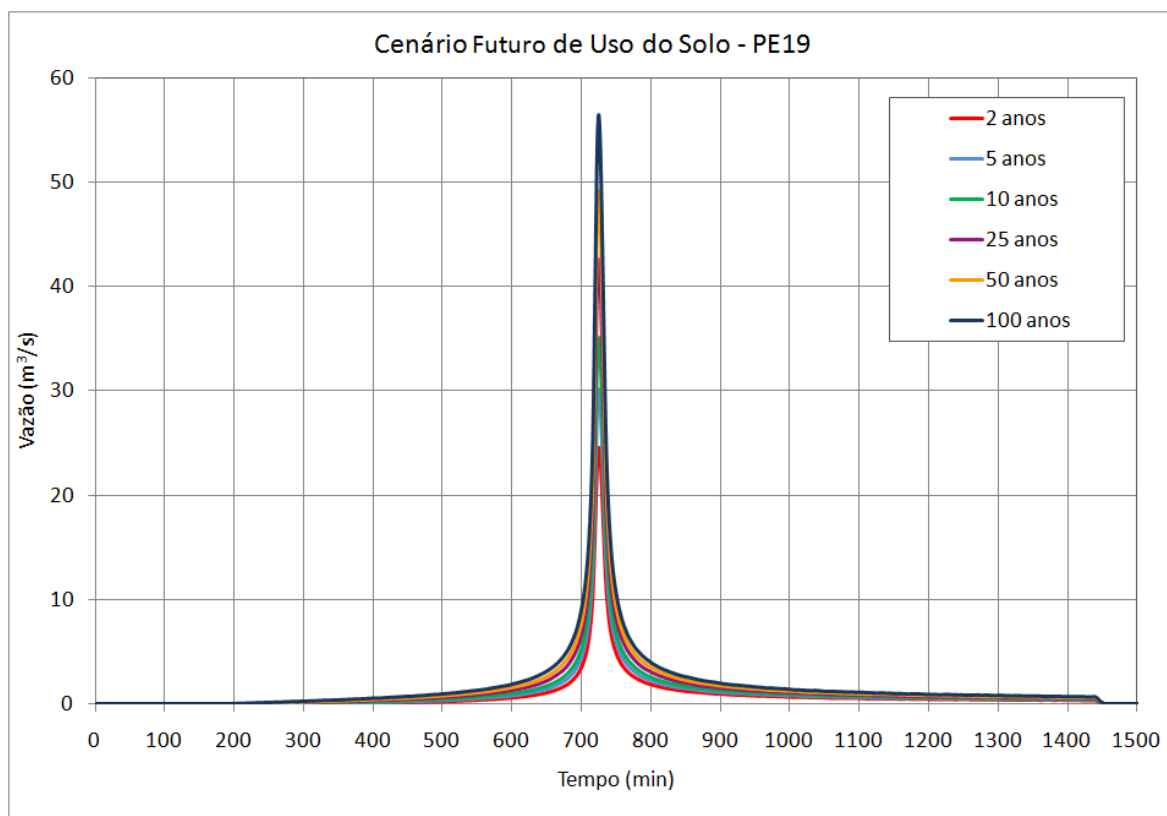


Figura 14.49. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE19.

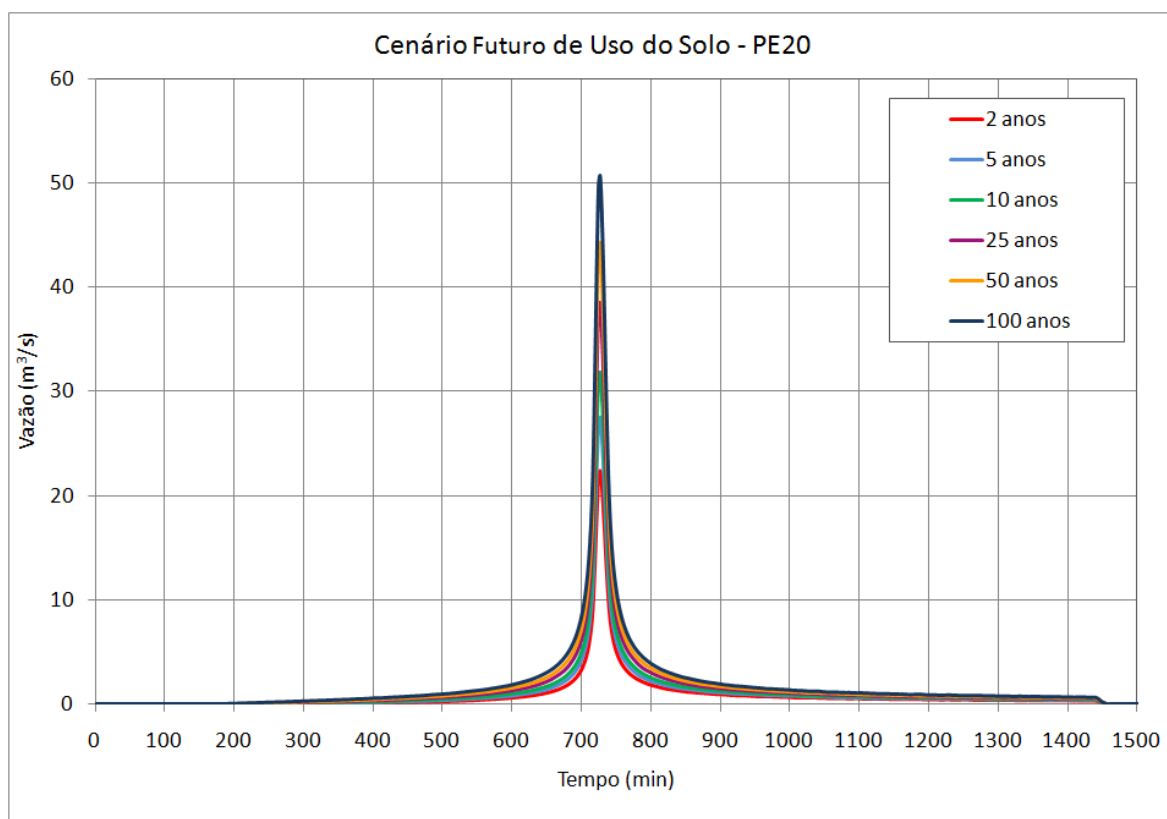


Figura 14.50. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE20.

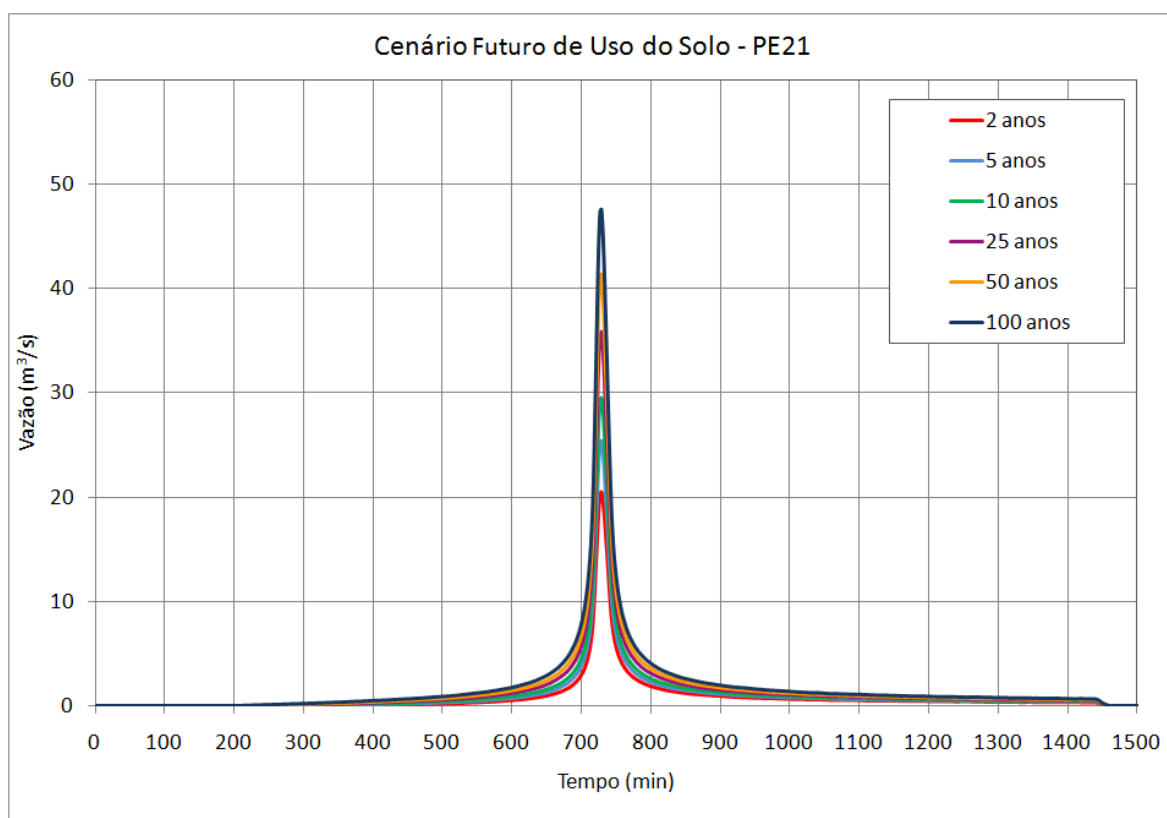


Figura 14.51. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE21.

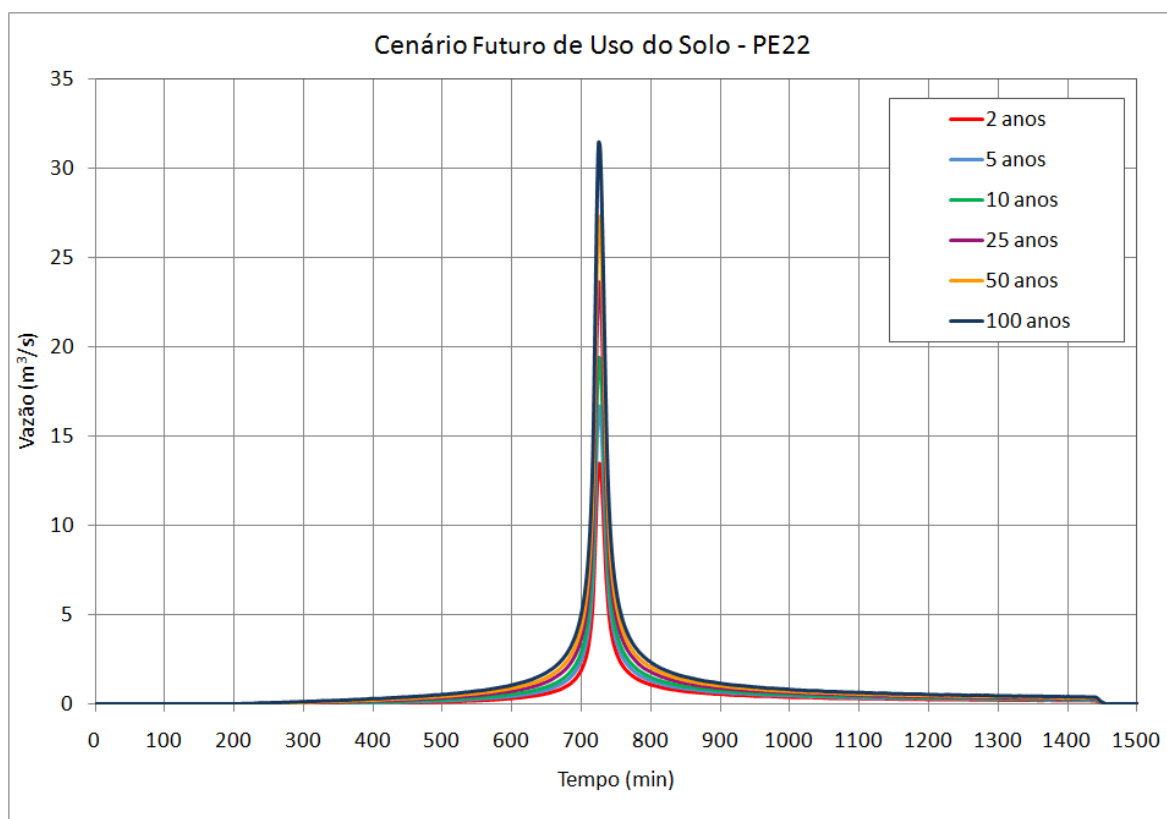


Figura 14.52. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE22.

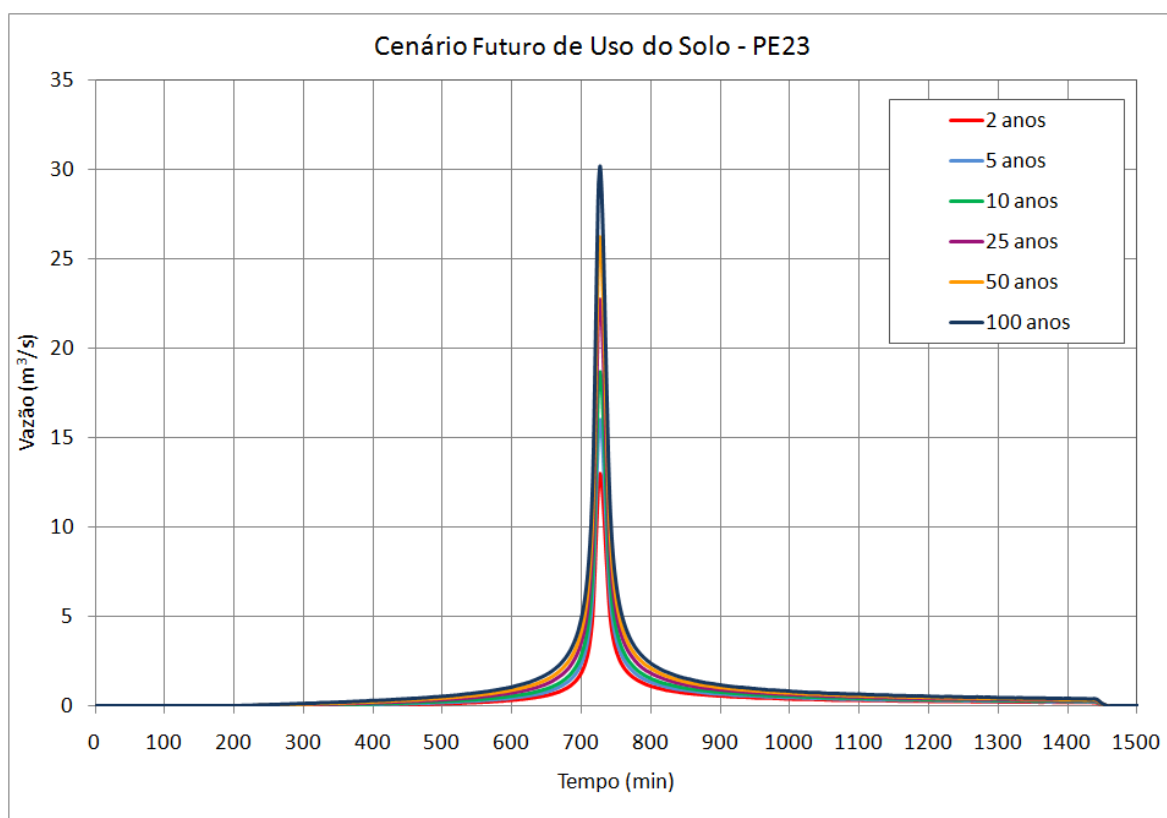


Figura 14.53. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE23.

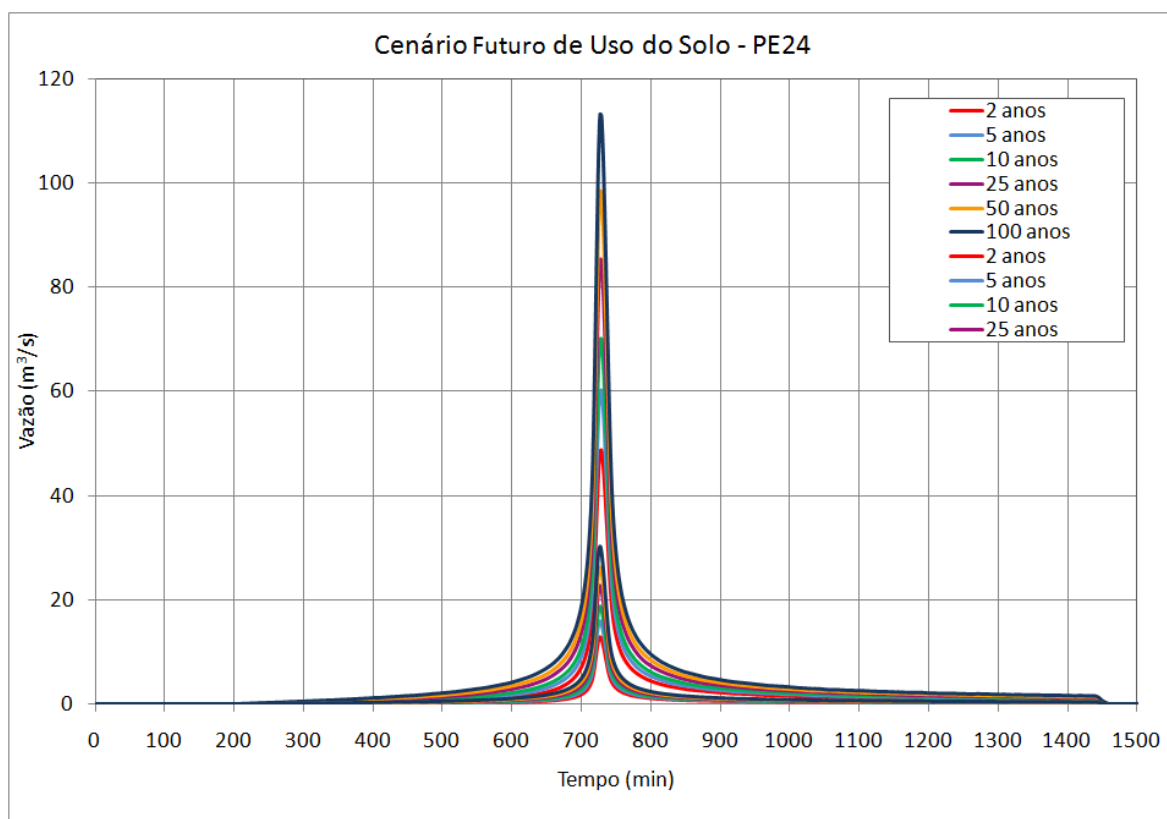


Figura 14.54. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE24.

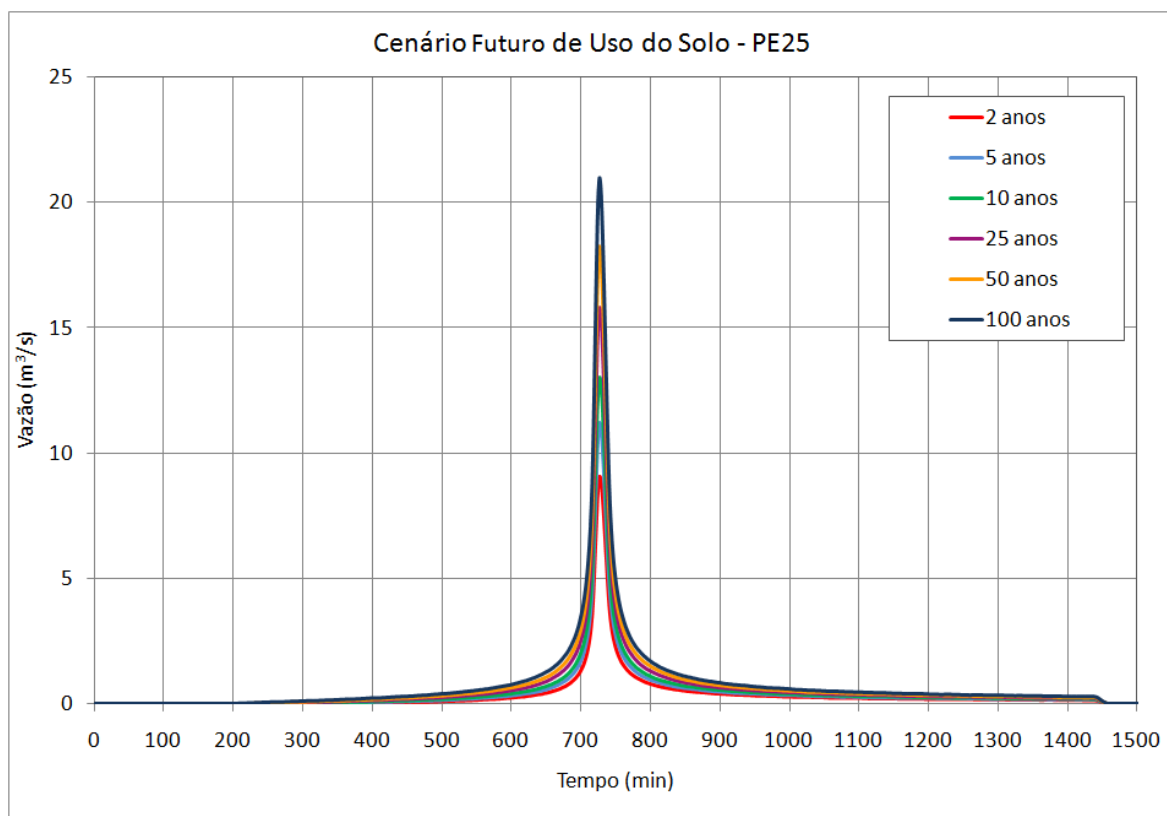


Figura 14.55. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE25.

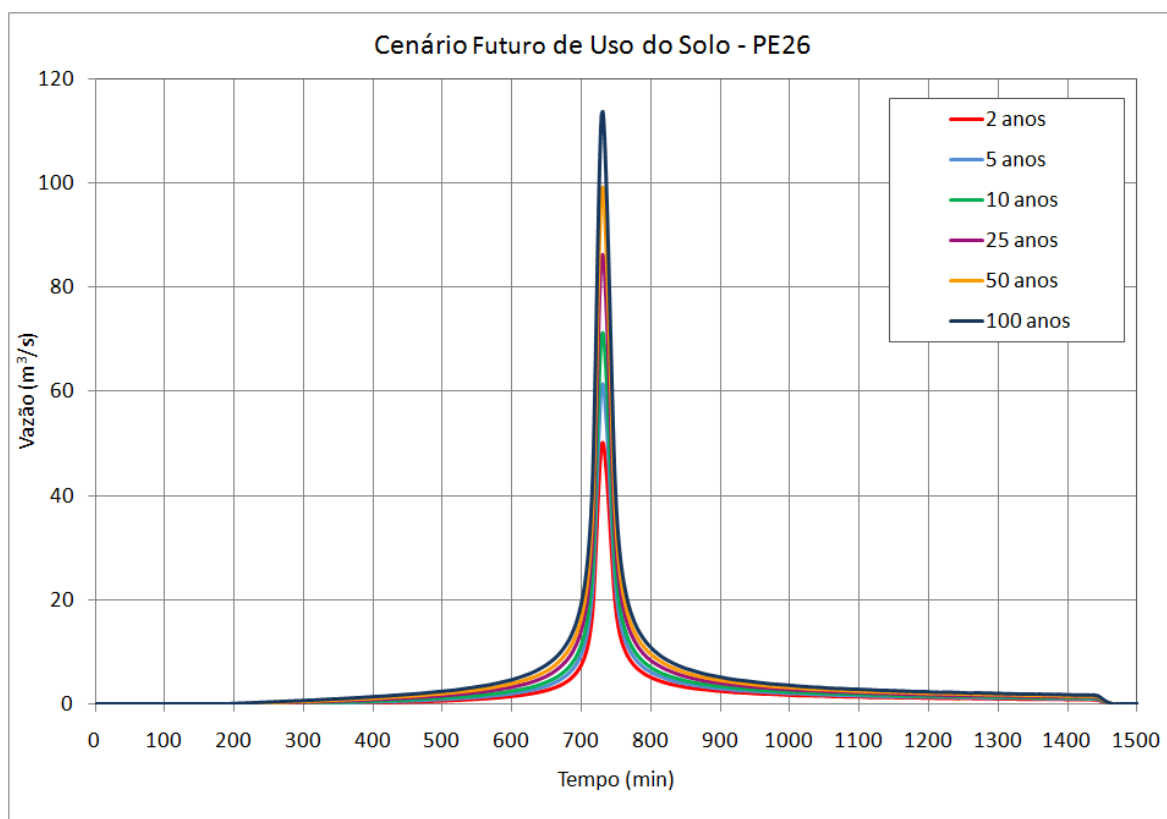


Figura 14.56. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE26.

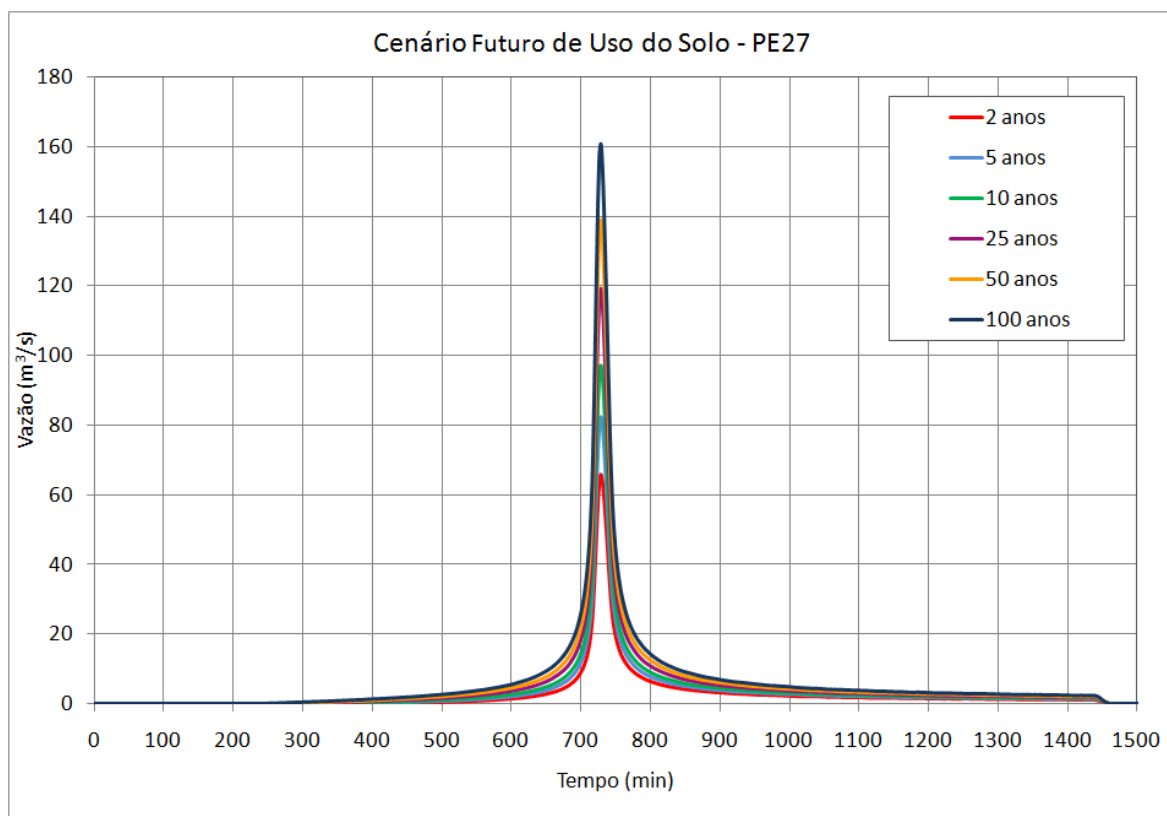


Figura 14.57. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE27.

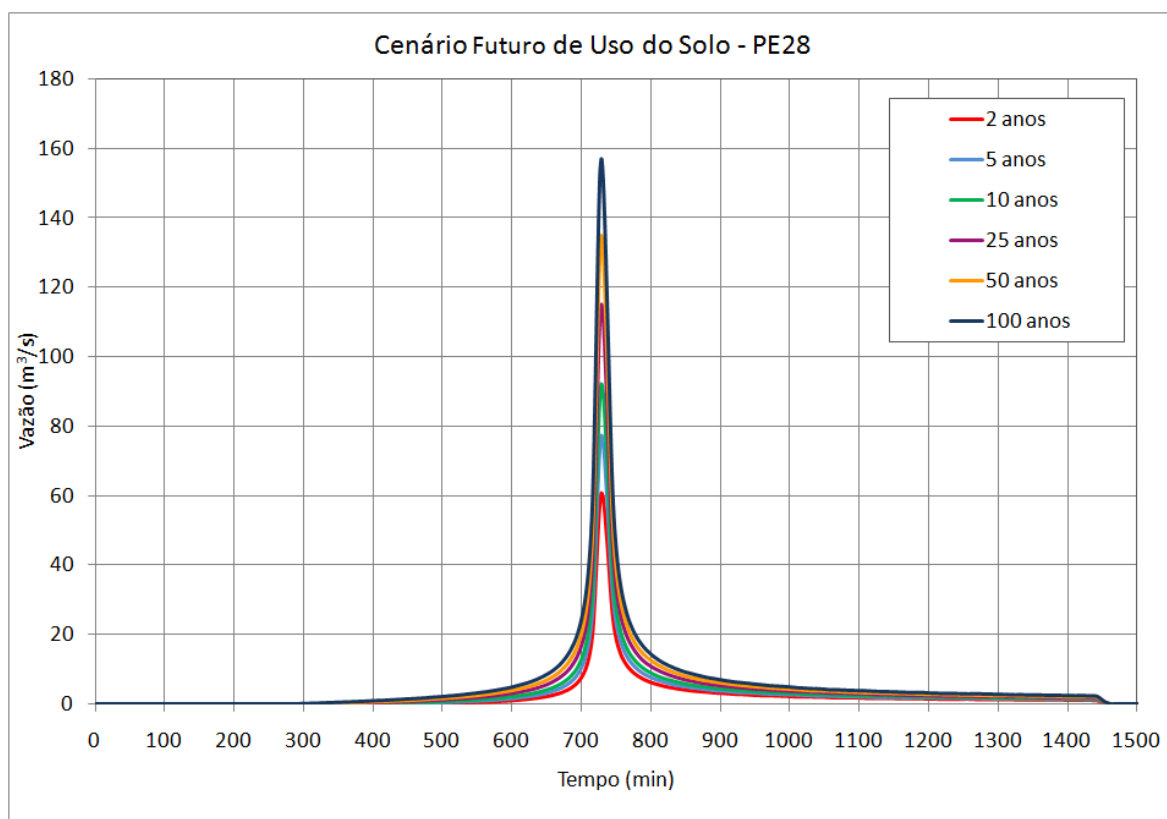


Figura 14.58. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE28.

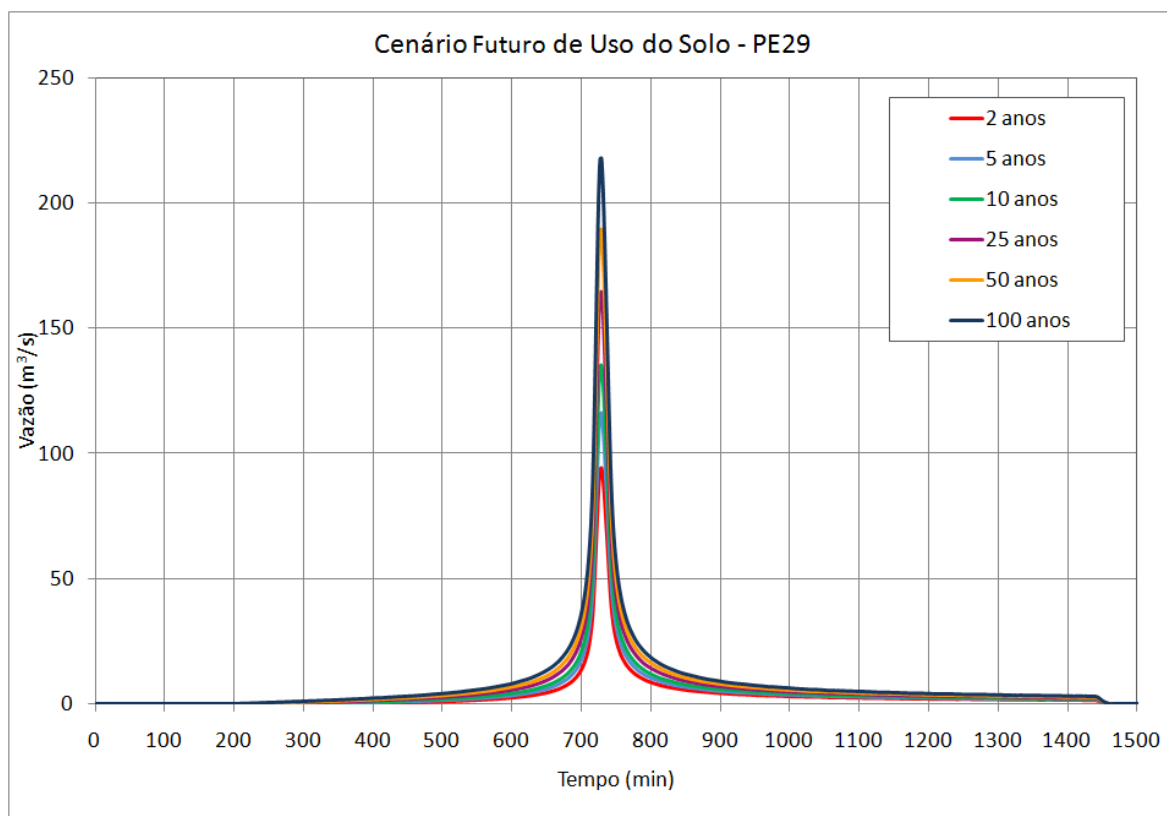


Figura 14.59. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE29.

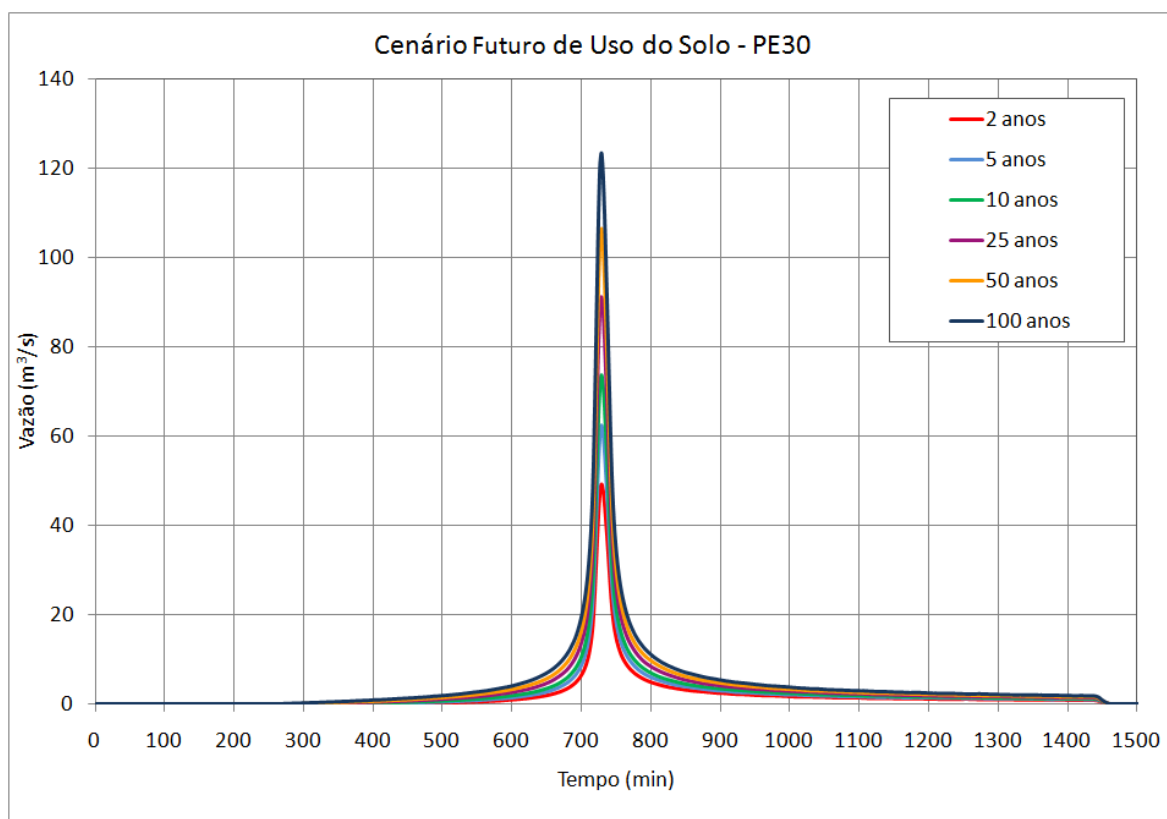


Figura 14.60. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE30.

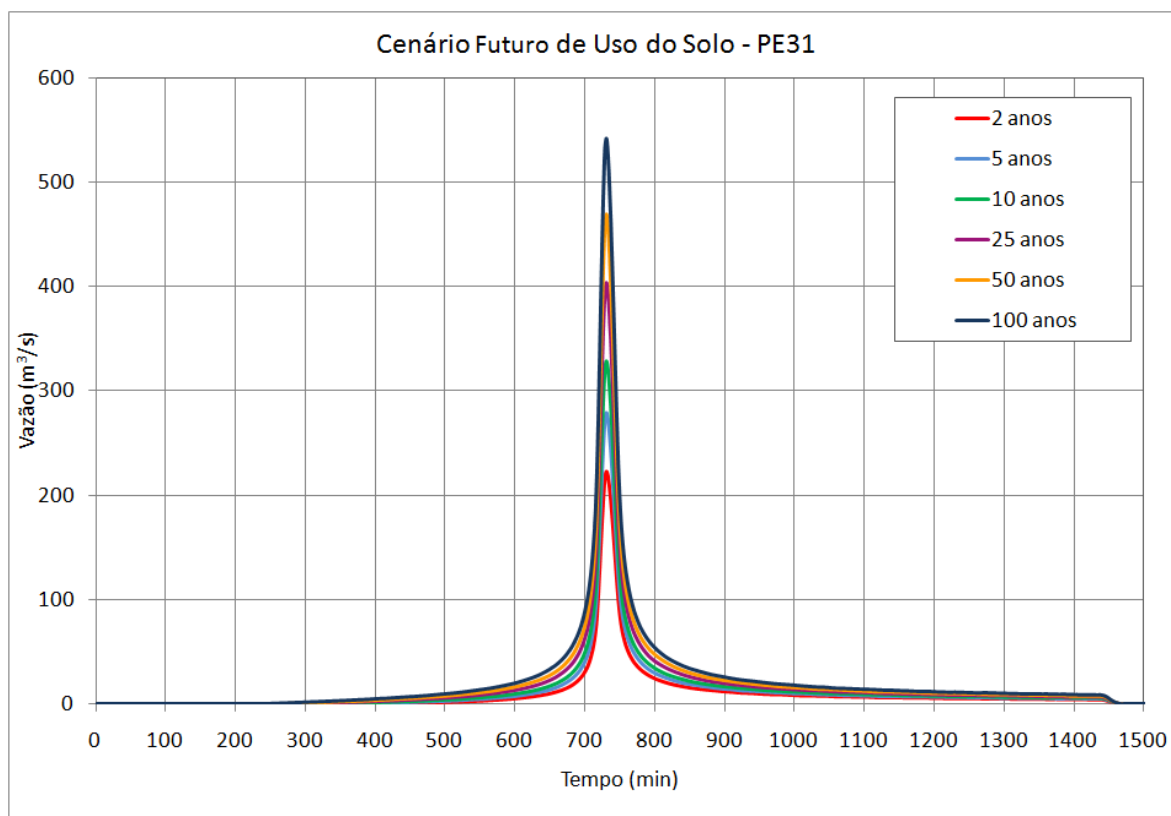


Figura 14.61. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE31.

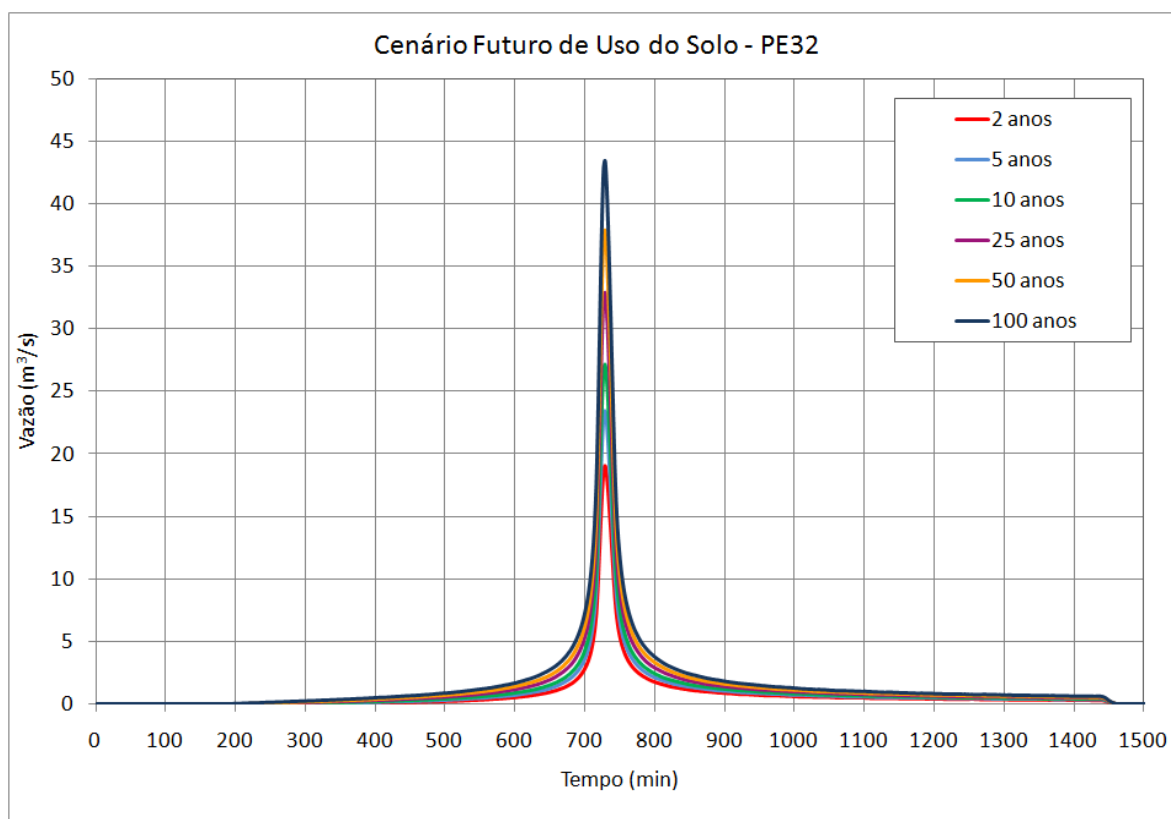


Figura 14.62. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia PE32.

14.4.3 Macrobacia do rio Parnaíba

A área urbana de Teresina, que drena para a margem direita do rio Parnaíba, foi dividida em 20 sub-bacias. Para cada uma dessas sub-bacias foram estabelecidos os hidrogramas para o cenário de prognóstico, frente a chuvas com períodos de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos. Estes hidrogramas são apresentados por sub-bacias a seguir.

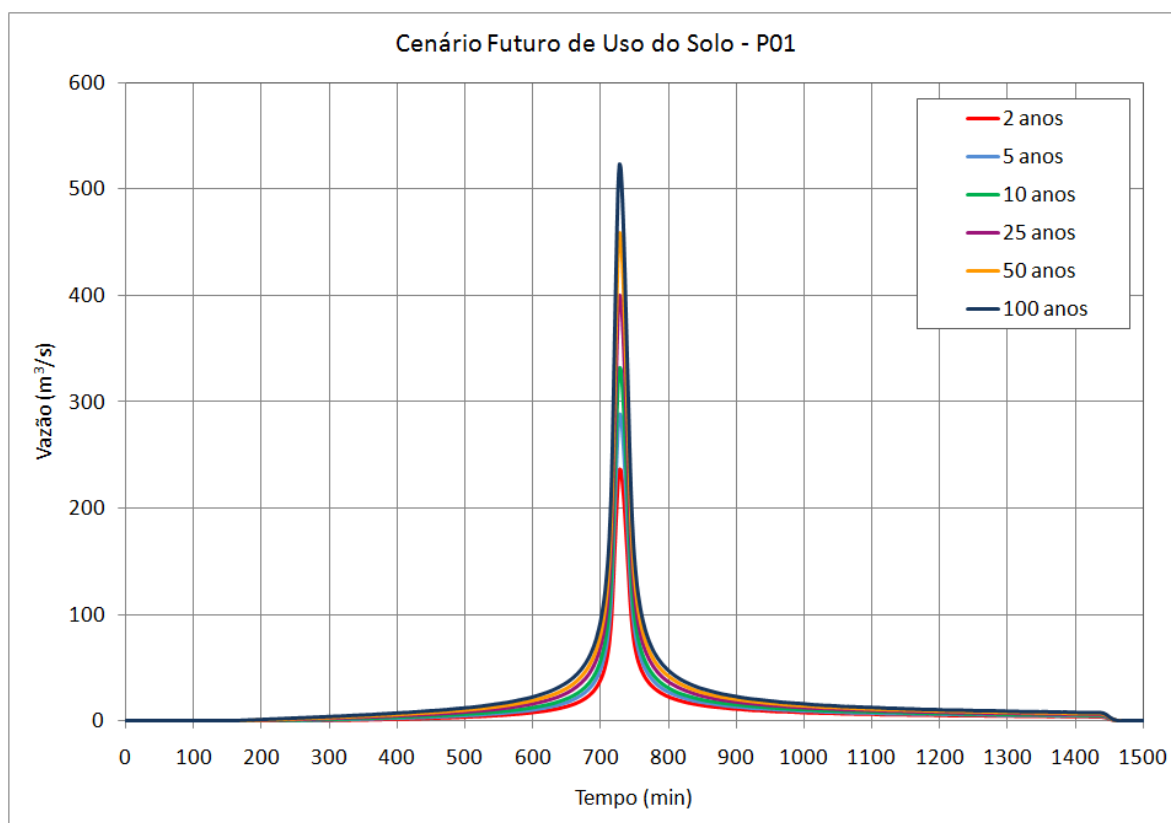


Figura 14.63. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P01.

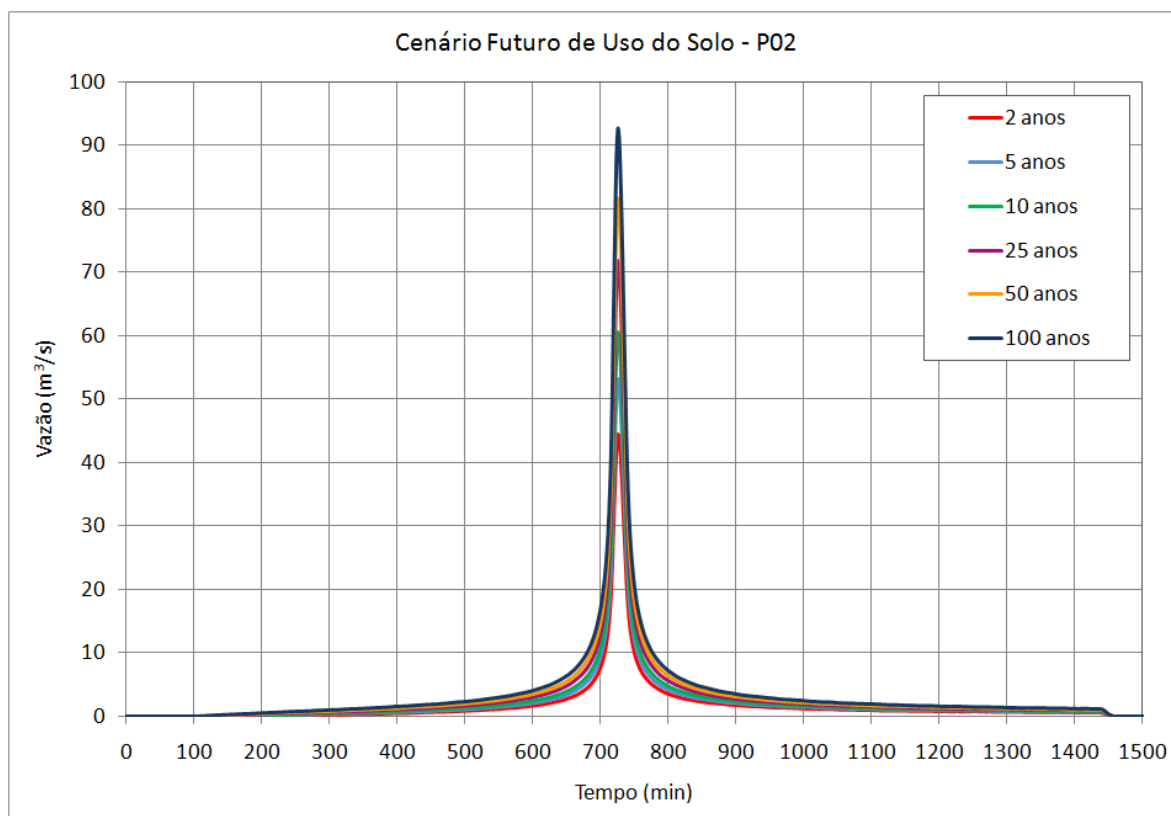


Figura 14.64. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P02.

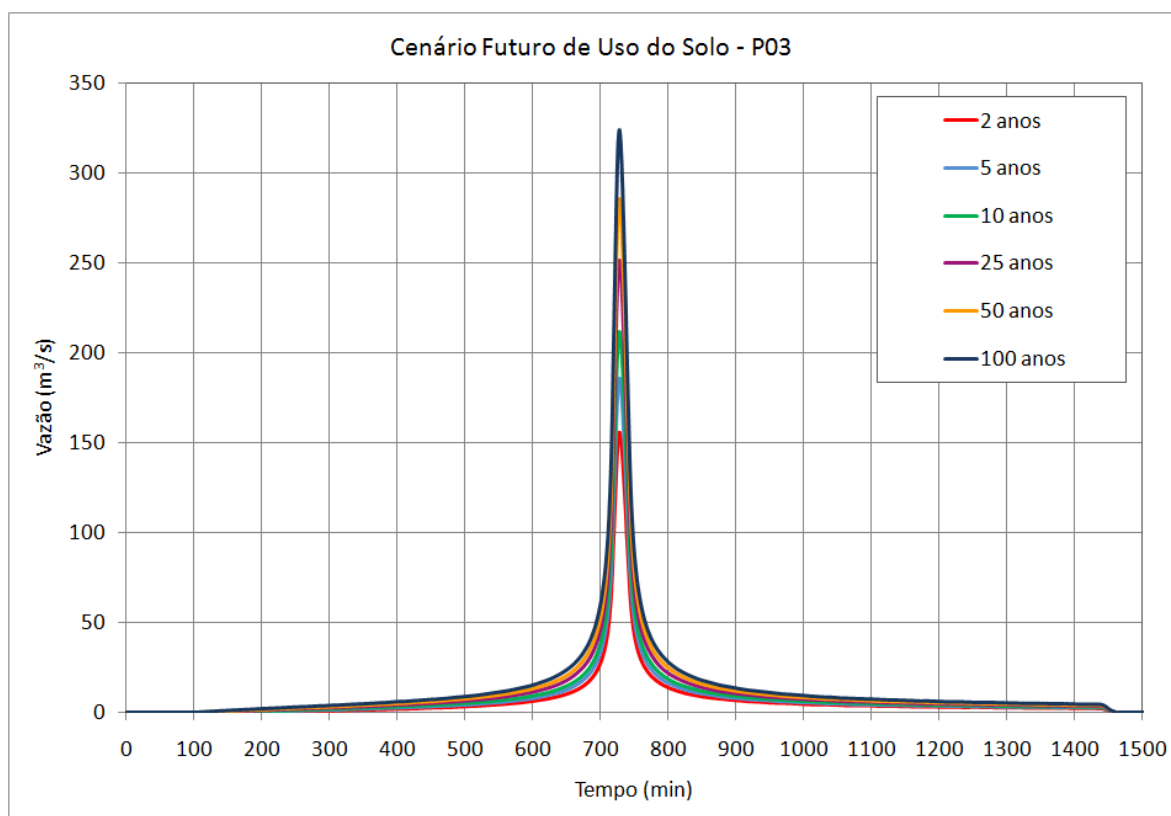


Figura 14.65. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P03.

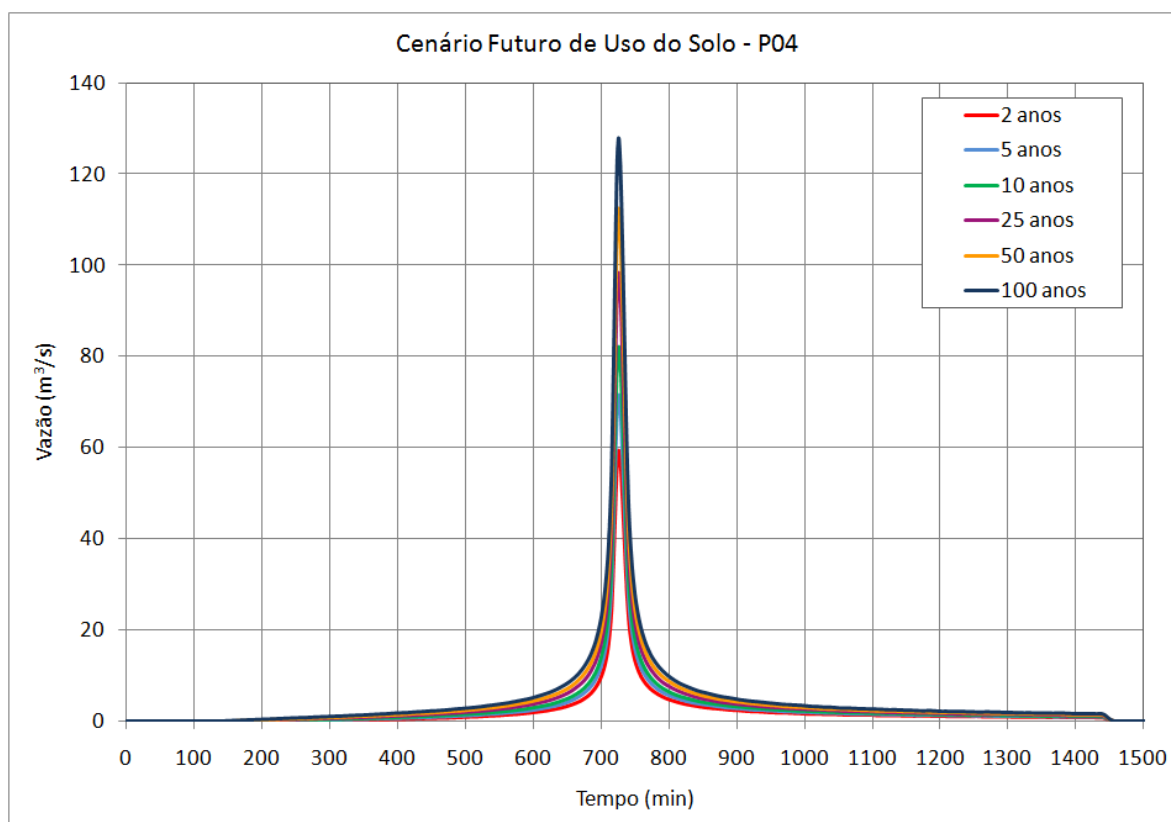


Figura 14.66. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P04.

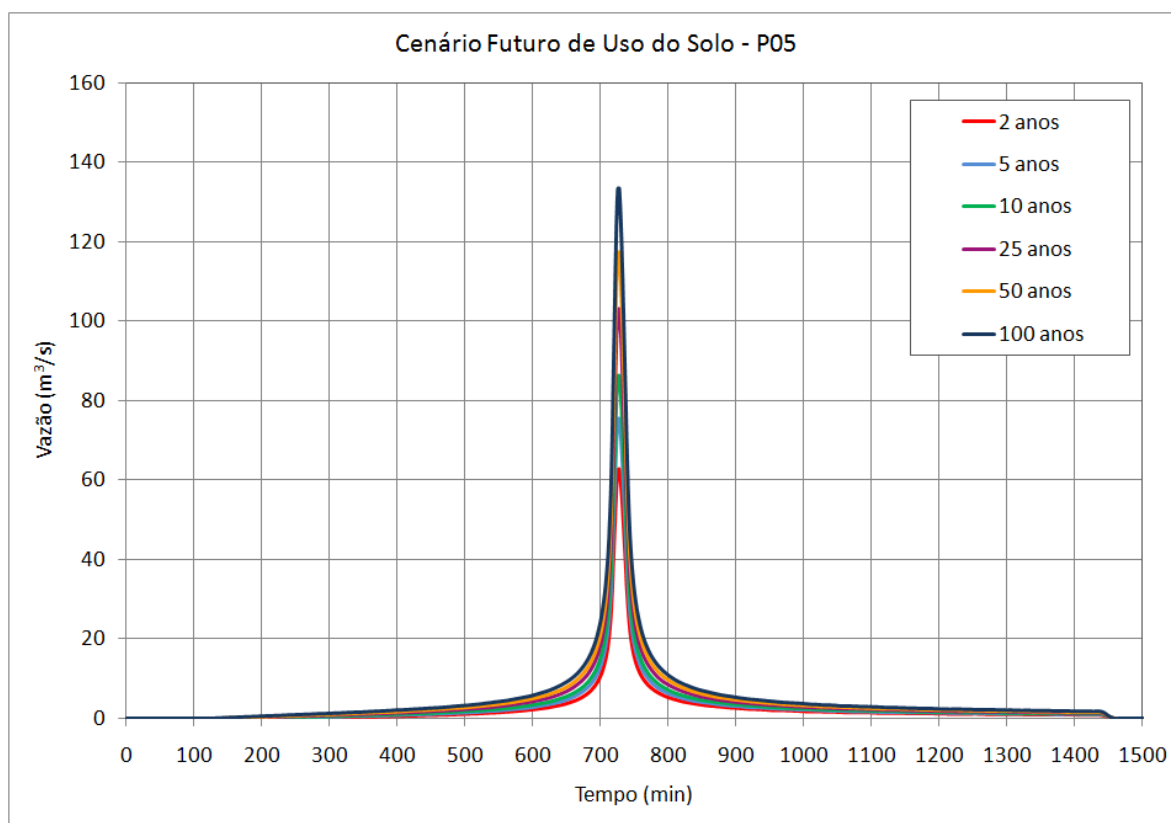


Figura 14.67. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P05.

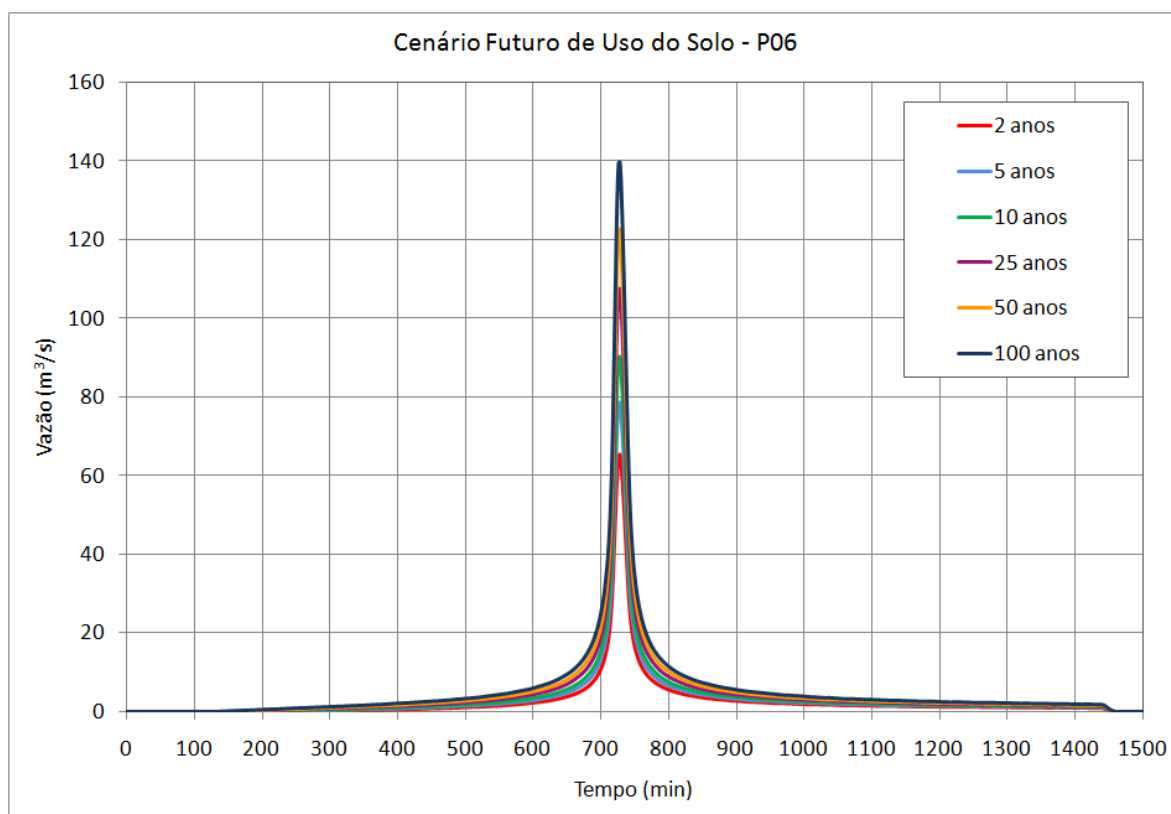


Figura 14.68. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P06.

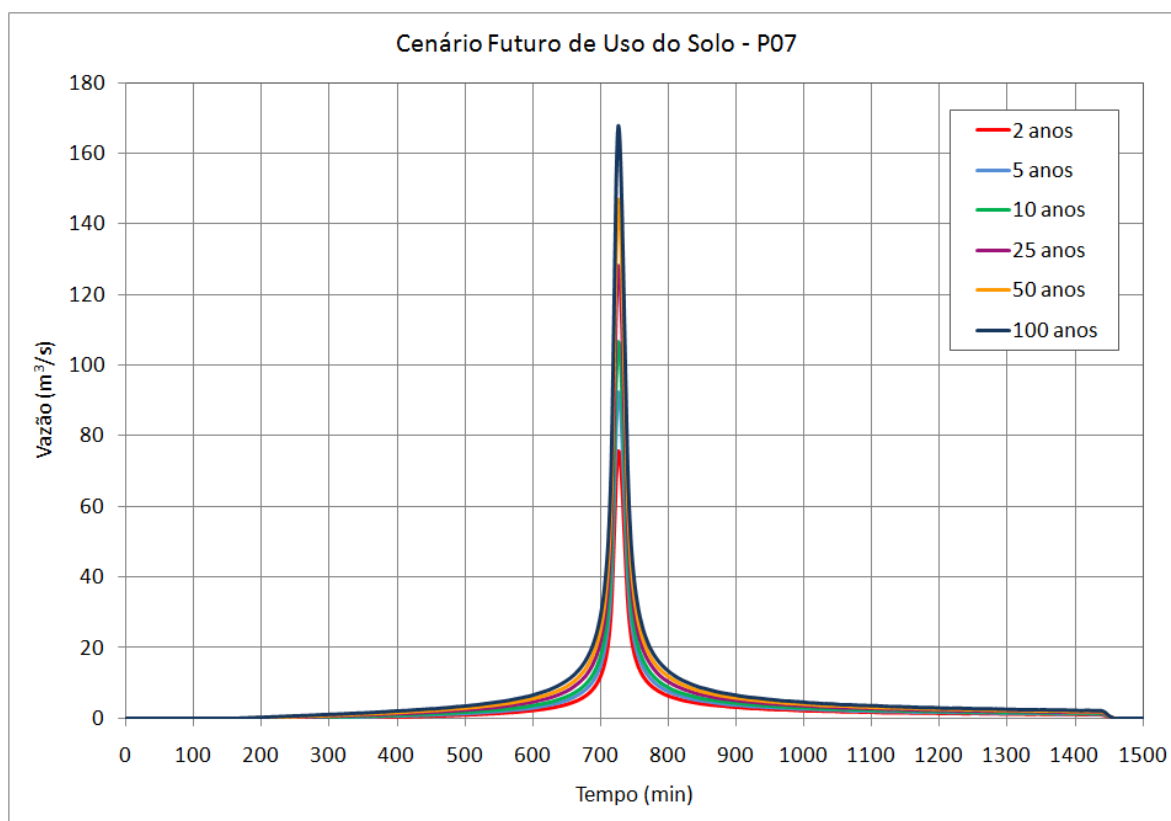


Figura 14.69. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P07.

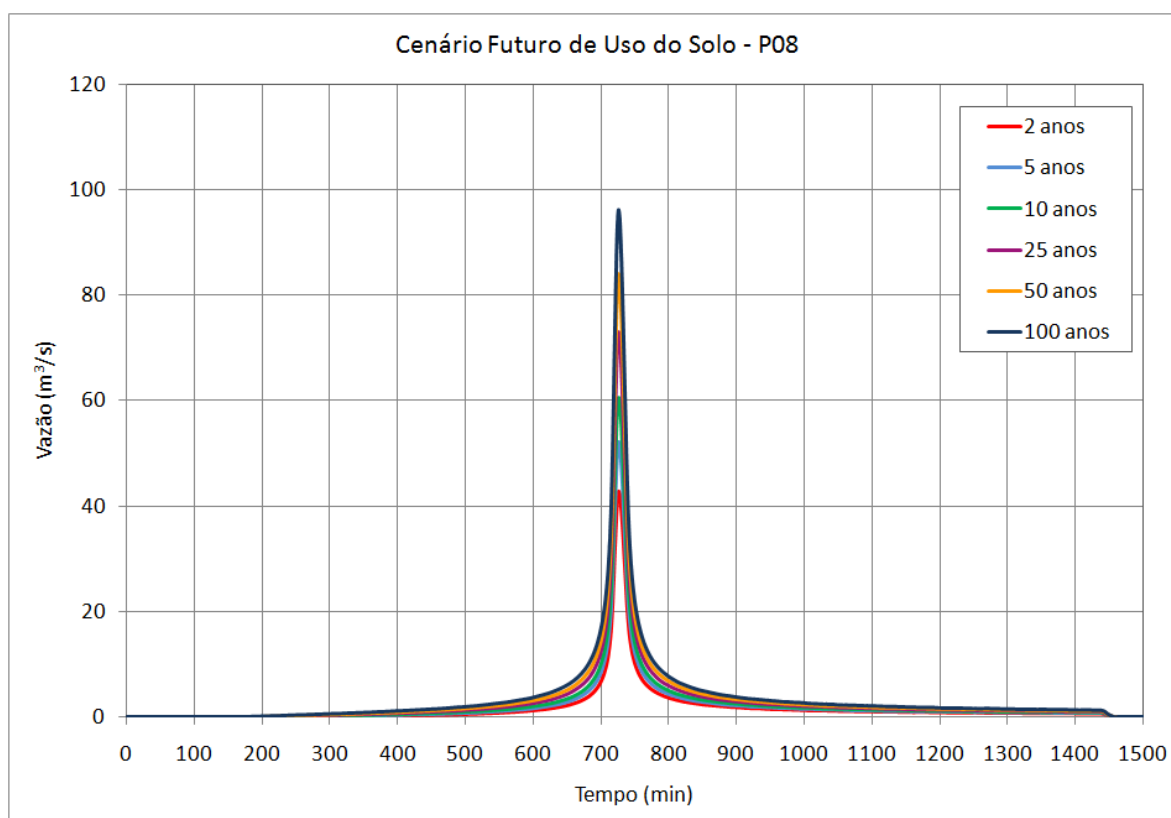


Figura 14.70. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P08.

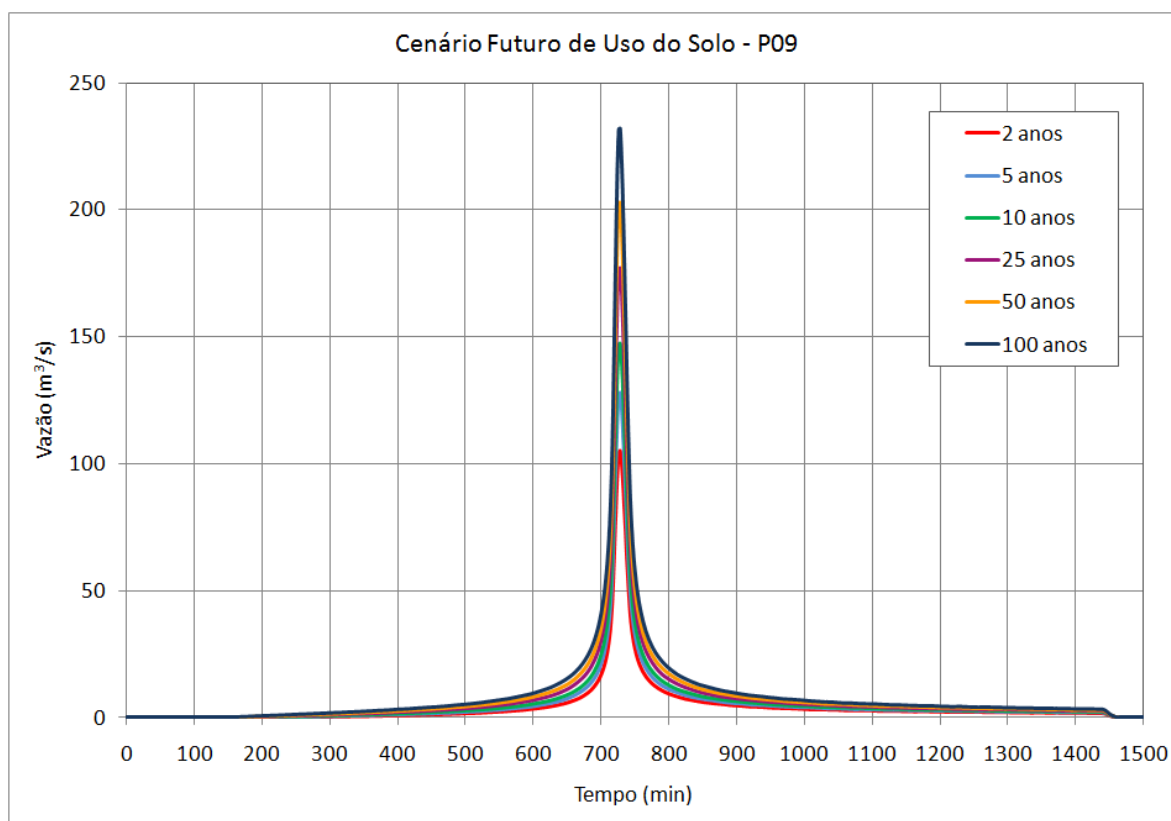


Figura 14.71. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P09.

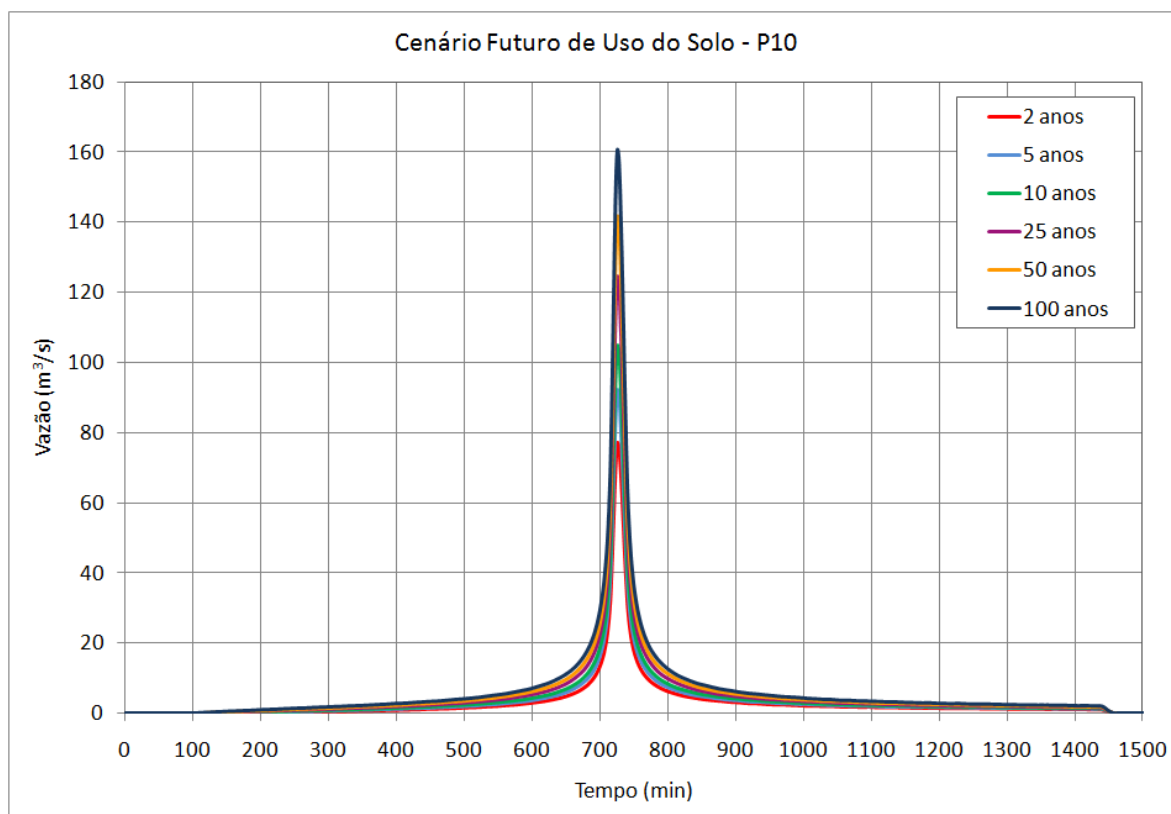


Figura 14.72. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P10.

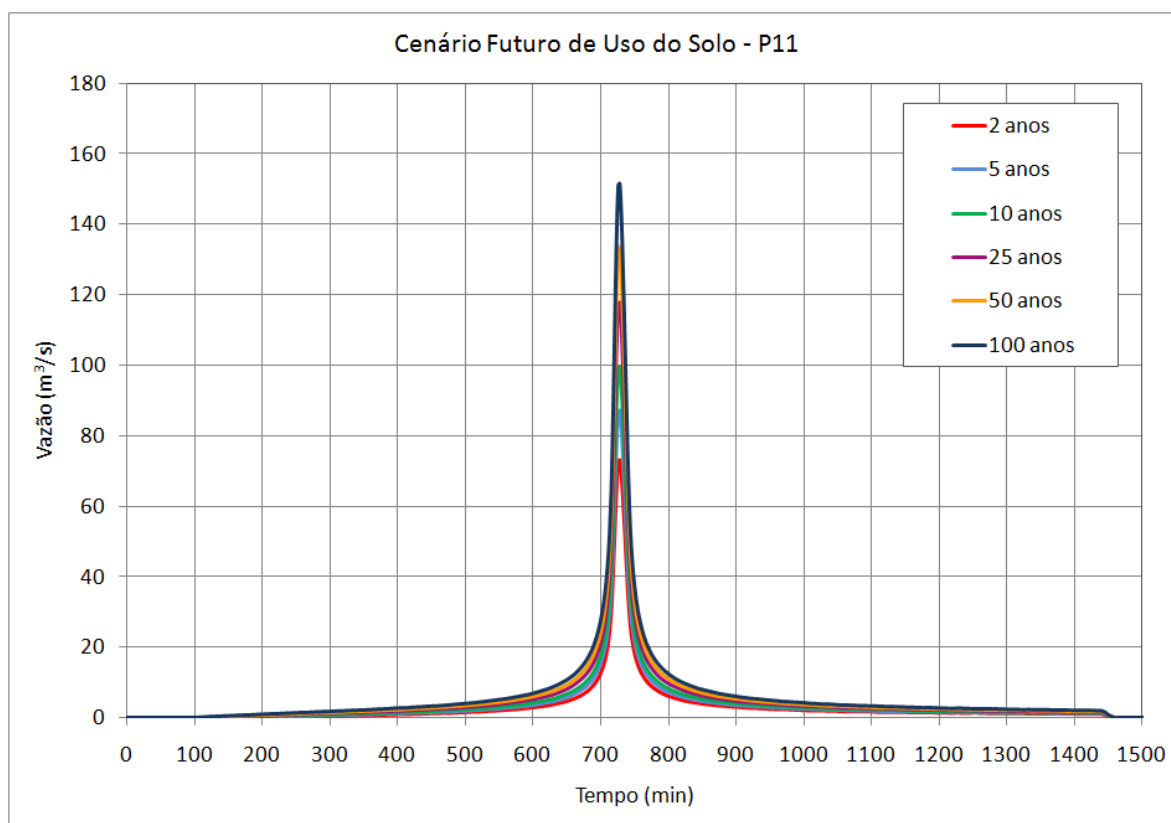


Figura 14.73. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P11.

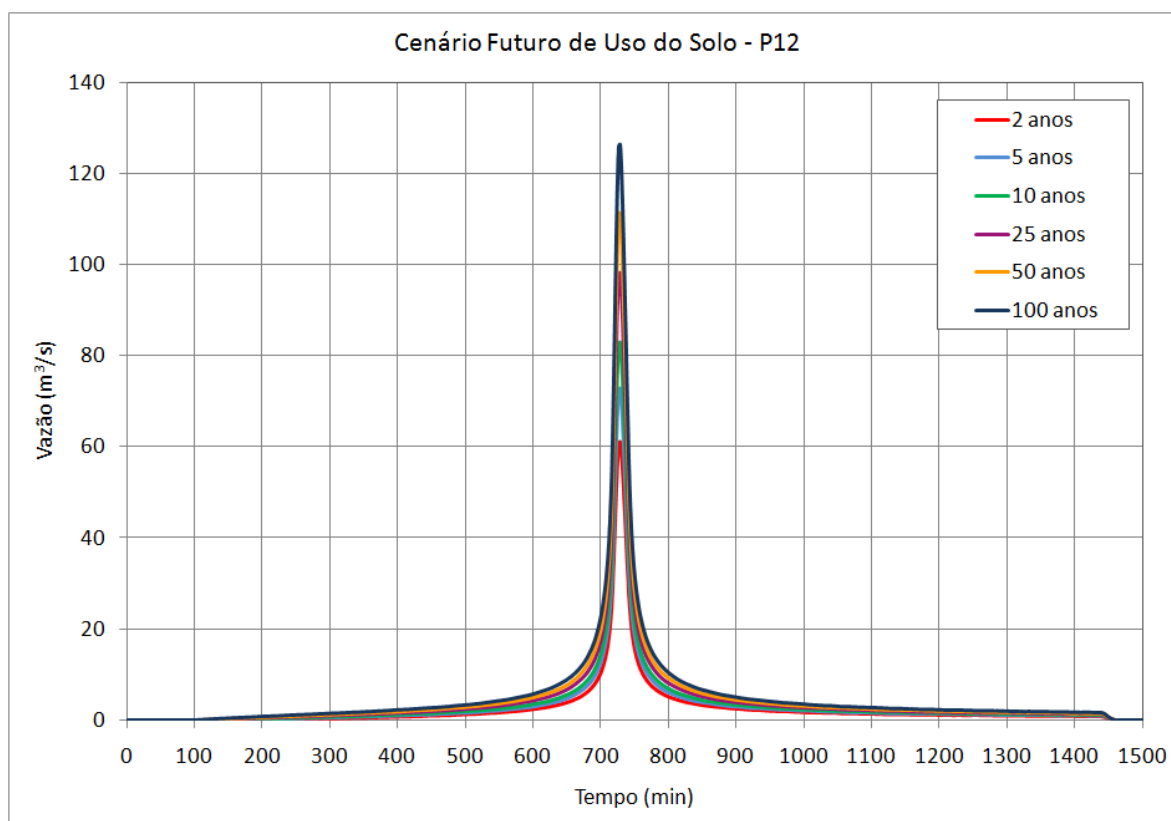


Figura 14.74. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P12.

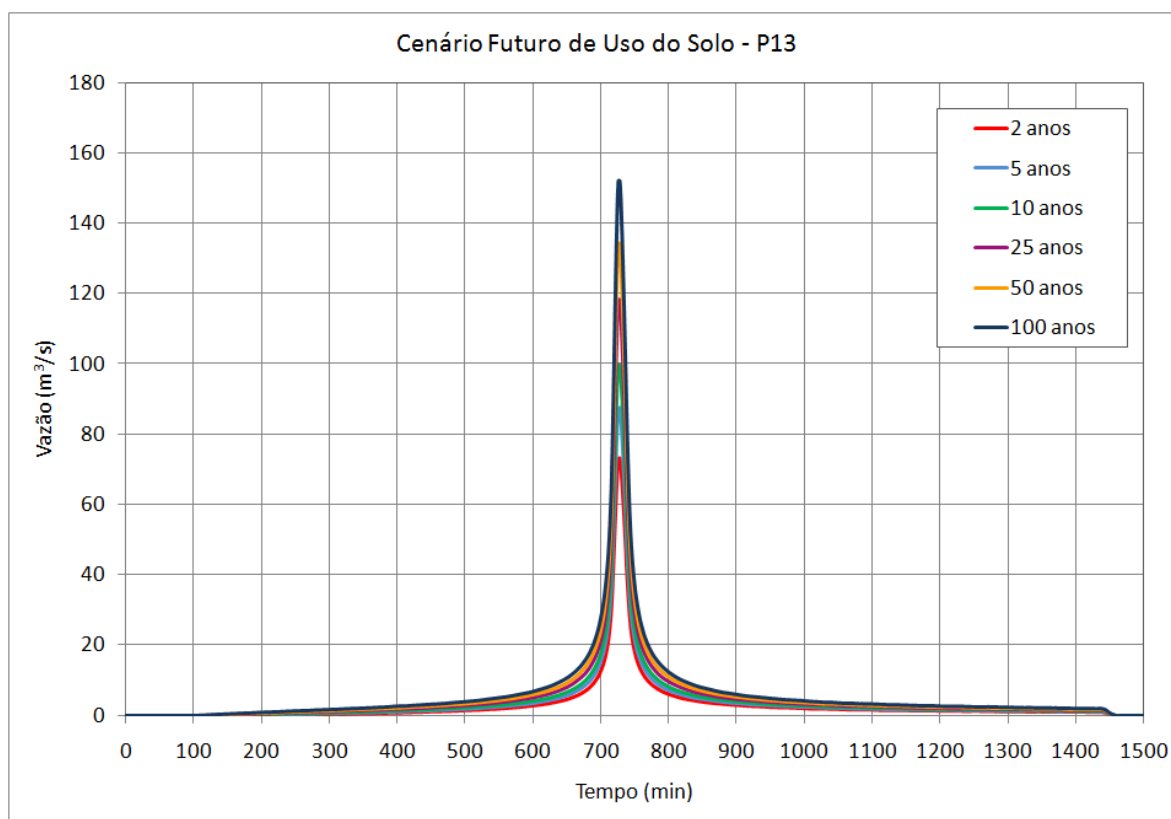


Figura 14.75. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P13.

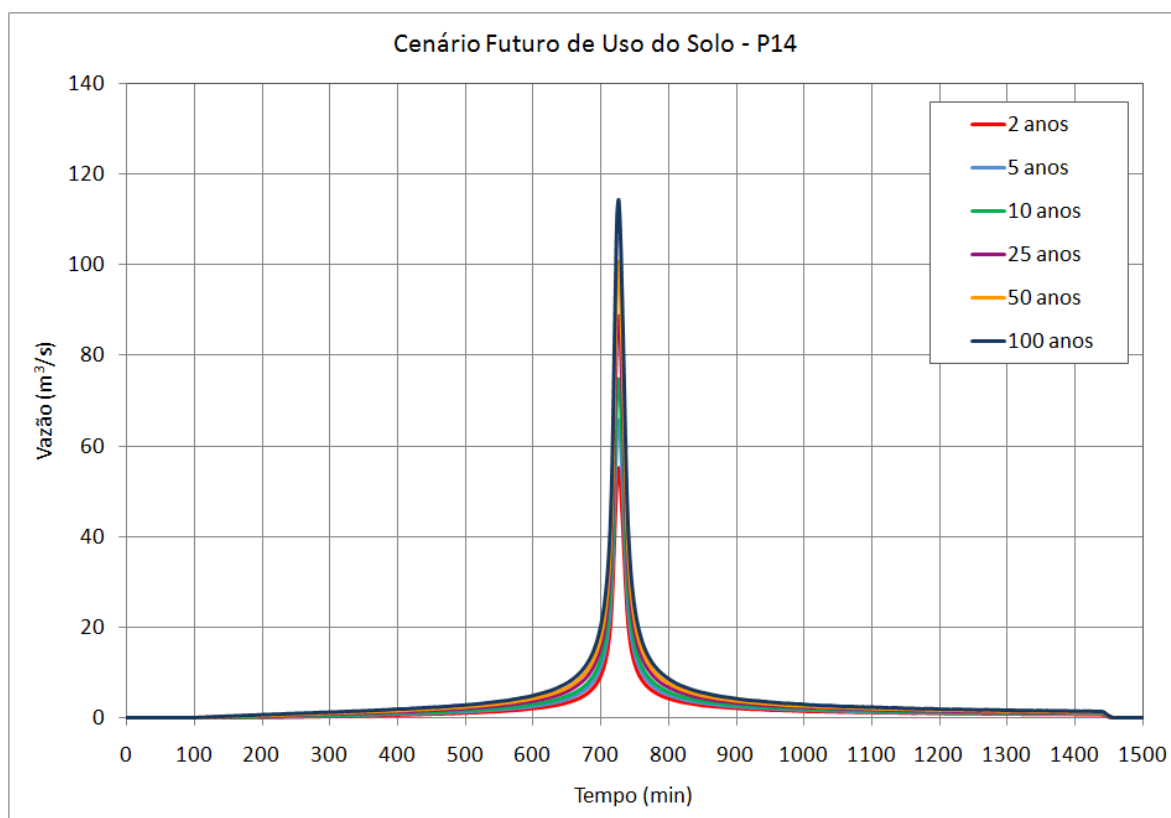


Figura 14.76. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P14.

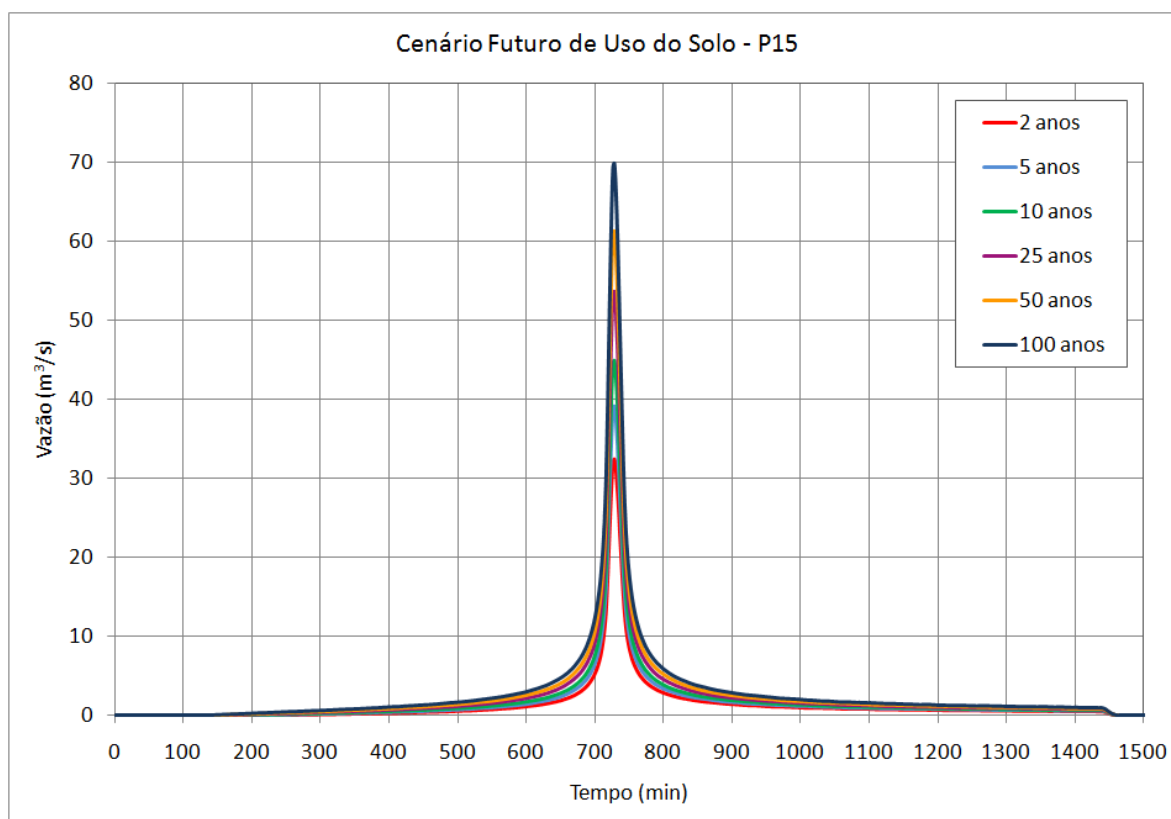


Figura 14.77. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P15.

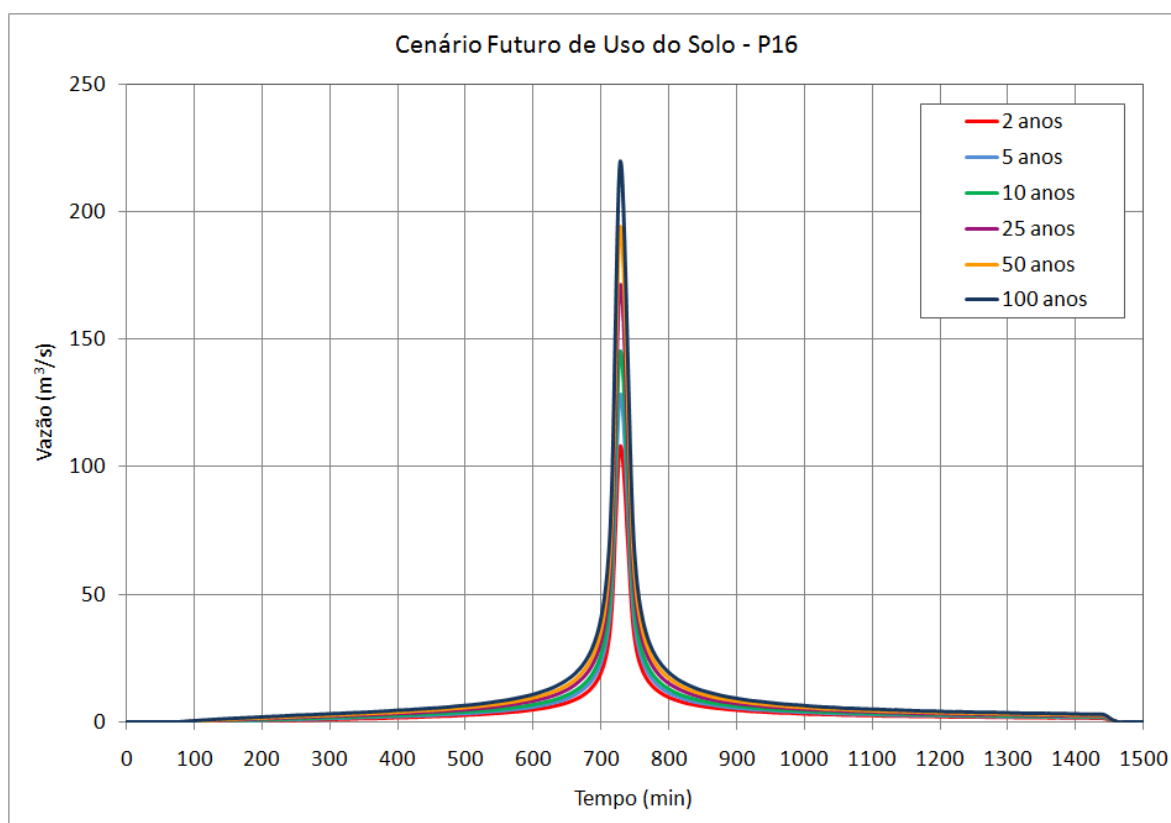


Figura 14.78. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P16.

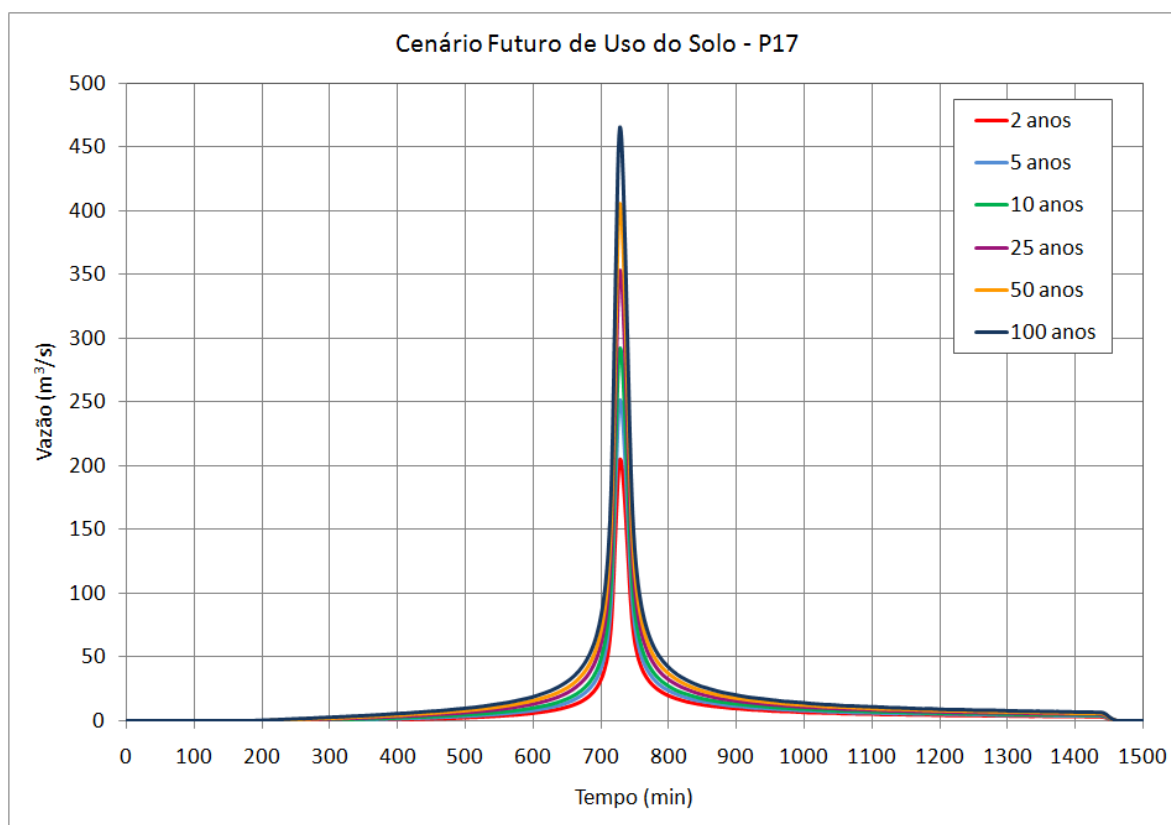


Figura 14.79. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P17.

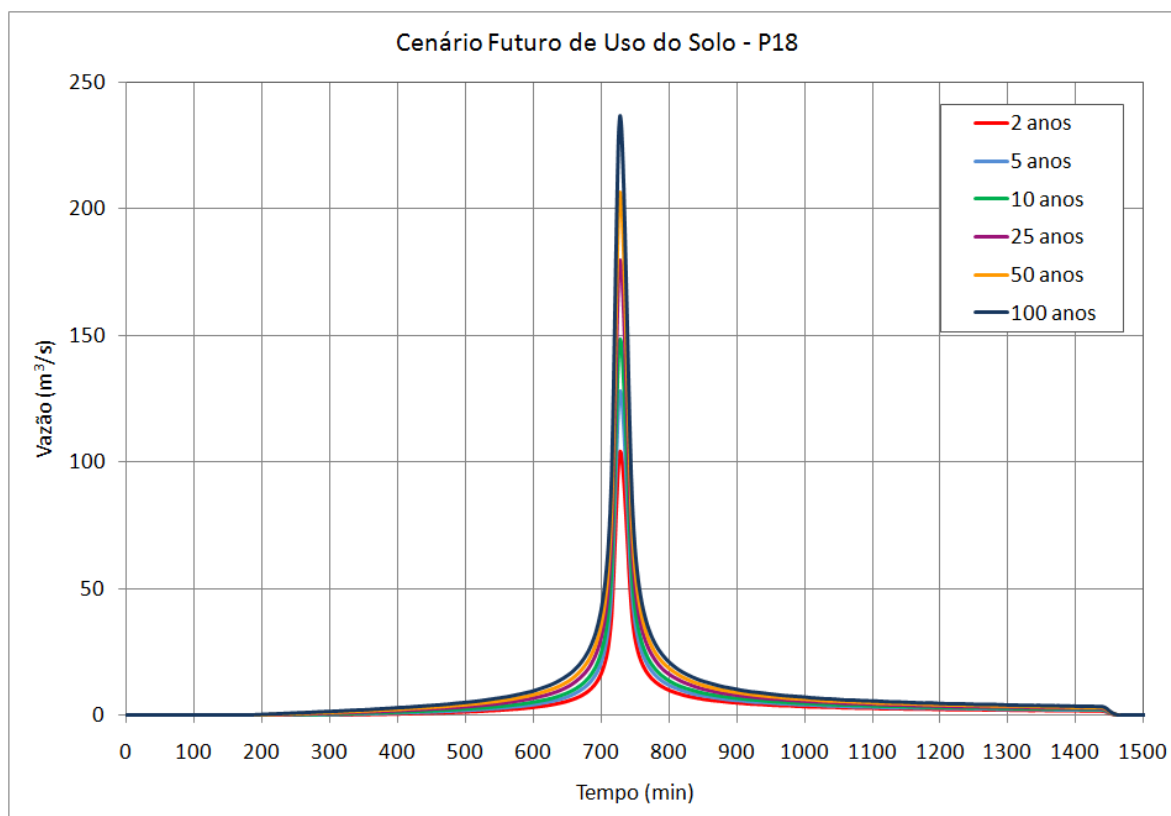


Figura 14.80. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P18.

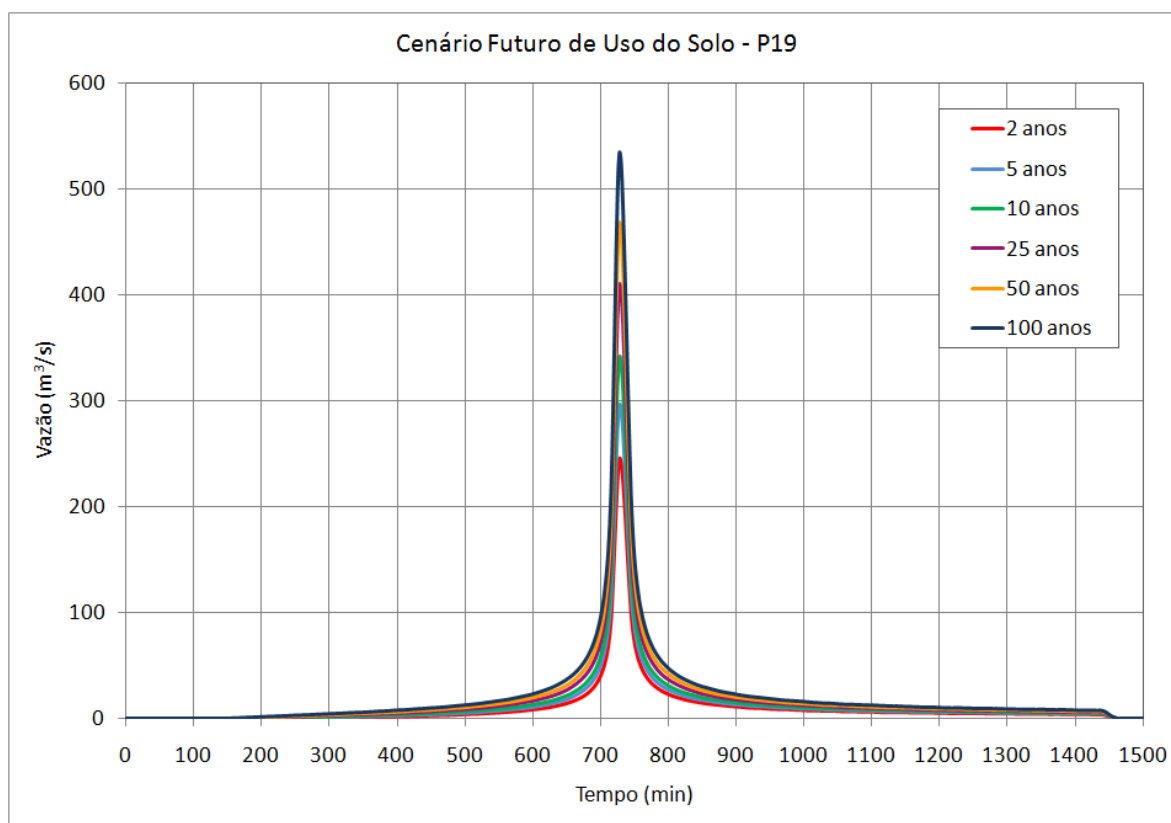


Figura 14.81. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P19.

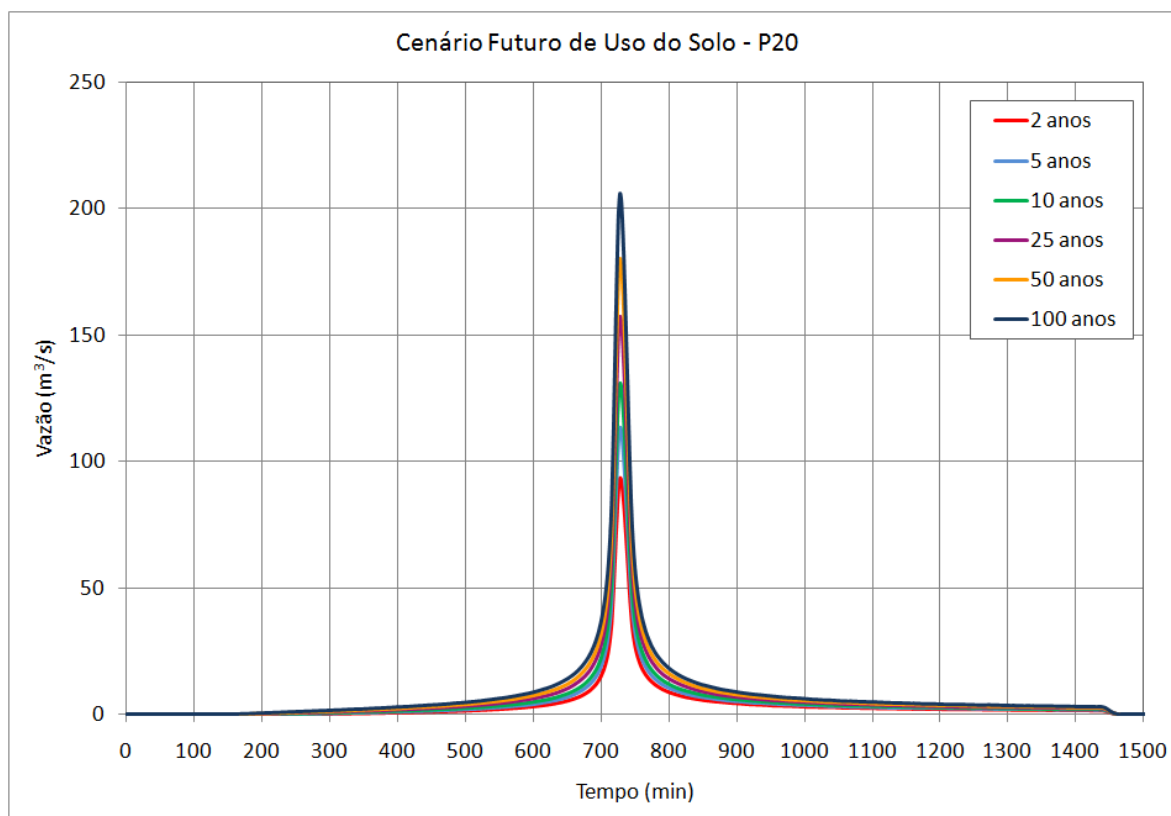


Figura 14.82. Hidrogramas de projeto para o cenário de prognóstico na sub-bacia P20.