

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
GRADUAÇÃO ENGENHARIA AMBIENTAL

**COEFICIENTE DE EXTRAVASAMENTO CALCULADO EM BASE MENSAL
PARA RESERVATÓRIOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM
MUNICÍPIOS BRASILEIROS.**

BRUNO RODRIGUES DE MEDEIROS SANTOS.

JOÃO PESSOA, PB

2018

BRUNO RODRIGUES DE MEDEIROS SANTOS

**COEFICIENTE DE EXTRAVASAMENTO CALCULADO EM BASE MENSAL
PARA RESERVATÓRIOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM
MUNICÍPIOS BRASILEIROS.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Coordenação do Curso de
Graduação de Engenharia Ambiental, da
Universidade Federal da Paraíba, Centro de
Tecnologia, Departamento de Engenharia
Civil e Ambiental, como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharelado
em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Gílson Barbosa
Athyde Júnior

JOÃO PESSOA, PB

2018

**Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação**

S237c Santos, Bruno Rodrigues de Medeiros.

Coeficiente de extravasamento calculado em base mensal para reservatórios de aproveitamento de águas pluviais em municípios brasileiros / Bruno Rodrigues de Medeiros Santos. - João Pessoa, 2018.

75 f. : il.

TCC (Especialização) - UFPB/CT.

1. Método de Rippl. 2. Coeficiente de Extravasamento.
3. Dimensionamento. I. Título

UFPB/BC

BRUNO RODRIGUES DE MEDEIROS SANTOS

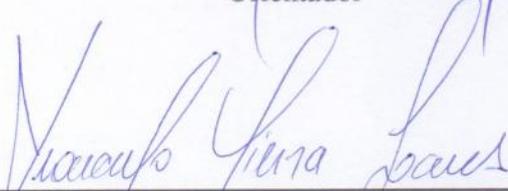
**COEFICIENTE DE EXTRAVASAMENTO MENSAL PARA RESERVATÓRIOS DE
APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS EM CIDADES BRASILEIRAS.**

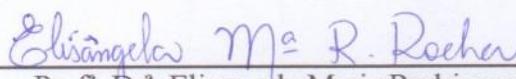
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Aprovado em 30 de 10 de 2018.

BANCA EXAMINADORA


Profº. Drº. Gilson Barbosa Athayde Júnior
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental/CT/UFPB
Orientador


Profº. Drº. Leonardo Vieira Soares
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental/CT/UFPB
Membro


Profº. Drº. Elisangela Maria Rodrigues Rocha
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental/CT/UFPB
Membro

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me sustentado, por me dar o dom da vida, por cuidar sempre de mim e dos meus, por me ensinar a melhorar para os outros e por ser tão bom comigo.

Agradeço aos meus pais por sempre se esforçarem ao máximo para que eu chegasse até aqui, por todo cuidado, sustento, lições aprendidas, apoio e pelo amor incondicional que eles demonstram todos os dias.

Agradeço a minha namorada Ruana que me ajudou tanto para que esse trabalho estivesse no cronograma certo, por todo apoio, carinho, compreensão, por sempre cuidar de mim e me motivar para ser melhor a cada dia.

A meu irmão sanguíneo e aos irmãos de comunidade por todo apoio, carinho e por serem voz e mão de Deus diariamente para mim e para tantas outras pessoas.

Aos meus colegas de curso e professores, em especial ao meu orientador, por todo conhecimento adquirido durante todo o tempo da graduação, pela ajuda e esforço empenhado para que eu me tornasse o melhor profissional possível.

RESUMO

A água é um recurso vital para a vida humana, com a população mundial aumentando seu consumo de água também aumenta, principalmente nos grandes centros urbanos. Diante disso, buscam-se alternativas ao consumo racional de água tratada, onde se destacam projetos concretos e economicamente viáveis. Assim, esse trabalho tem como objetivo determinar o coeficiente de extravasamento para sistemas de aproveitamento de águas pluviais pelo método de Rippl que é geralmente utilizado para dimensionar o volume do reservatório de sistema de aproveitamento de águas pluviais, o qual pode ser obtido através de séries históricas de chuvas diárias ou mensais. O coeficiente de extravasamento é dado pela razão entre o volume de água aproveitado em base diária pelo em base mensal e tem a função de corrigir os volumes dos reservatórios de acumulação calculados para um novo volume de água de chuva aproveitado mais preciso ele é apresentado de forma mensal ou anual. Para obtenção do Coeficiente de Extravasamento utilizou-se séries diárias de precipitação num período de 30 anos contínuos (1984-2013), obtidas do INMET e da ANA para 5 municípios brasileiros (Brasília-DF, Curitiba-PR, Manaus-AM, Quixeramobim-CE e Recife-PE). Foram pré-estabelecidos os volumes dos reservatórios (40, 30, 20, 15, 10 e 5m³), os valores do coeficiente de Runoff (0,85 e 0,90) e dividiu em 3 padrões distintos de consumo de água na residência e do tamanho da área de captação (Padrão Popular, Médio e Alto). Utilizando o método de Rippl diário e mensal pode-se encontrar o Coeficiente de Extravasamento mensal para todos os anos compreendidos no estudo, assim o valor do CE para cada mês será determinado pela média daquele mês, ao longo do período de estudo. Obtiveram-se 18 gráficos dos coeficientes de extravasamento para cada cidade, relacionando os volumes de reservatório com as áreas de captação e consumos de cada padrão de residência que foram três e com os dois coeficientes de Runoff. Com esses gráficos se tornou possível a utilização de séries históricas de chuva de base mensal, corrigindo mês a mês os valores dos volumes aproveitados obtidos pelo método de Rippl mensal, chegando a valores próximos aos valores obtidos no método de Rippl diários, resultando em reservatórios melhores dimensionados que tenham maiores volumes de água aproveitados anuais. O estudo de caso utilizou séries mensais de precipitação de 10 anos da cidade de João Pessoa-PB, retirada do INMET e condições de estudo para demonstrar a efetividade quando usado o coeficiente de extravasamento no dimensionamento do reservatório de águas pluviais. A diferença entre o volume de água aproveitada utilizando Rippl junto ao CE é de aproximadamente 1,24% ou 2,10m³ (2100 litros) maior a cada ano, já no volume total extravasado, a diferença é 6,67% menor. Com esses resultados apresentados, é possível concluir uma estimativa mais precisa do volume de água de chuva aproveitado, em relação ao uso apenas das médias mensais de precipitação no dimensionamento. Esta maior precisão fornece valores mais realísticos da quantidade de água aproveitada e da análise de viabilidade econômica da alternativa.

Palavras-chave: Método de Rippl, Coeficiente de Extravasamento e Dimensionamento.

ABSTRACT

Water is a vital resource for human life, with the world's population increasing its water consumption also increases, especially in large urban centers. Therefore, alternatives to the rational consumption of treated water are sought, highlighting concrete and economically viable projects. The objective of this work is to determine the extravasation coefficient for rainwater harvesting systems using the Ripple method, which is generally used to measure the volume of the rainwater harvesting system reservoir and is obtained through historical series of daily rains or monthly. The coefficient of extravasation is given by the ratio between the volume of water used, on a daily basis, and that on a monthly basis, with the function of correcting the volumes of the accumulation reservoirs calculated for a new volume of rainwater used more precise, being presented monthly or annually. In order to obtain the Extravasation Coefficient, daily rainfall series were used in a continuous period of 30 years (1984 to 2013), obtained from INMET and ANA for 5 Brazilian municipalities (Brasília-DF, Curitiba-PR, Manaus-AM, Quixeramobim CE and Recife-PE). The volumes of the reservoirs (40, 30, 20, 15, 10 and 5m³), the Runoff coefficient values (0.85 and 0.90) were pre-established and divided into 3 distinct patterns of water consumption in the residence and size of the catchment area (Popular, Medium, and High). Using the daily and monthly Ripple method, one can find the Monthly Extravasation Coefficient for all years included in the study, so the EC value for each month will be determined by the average of that month, throughout the study period. 18 graphs of the extravasation coefficients were obtained for each city, relating the reservoir volumes to the catchment and consumption areas of each residence pattern, where three were found, with the two Runoff coefficients. With these graphs, it became possible to use historical monthly rainfall series, correcting monthly values of the volumes obtained using the monthly Ripple method, reaching values close to the values obtained in the daily Ripple method, resulting in better-sized reservoirs that have greater annual volumes of water. The case study used monthly 10-year rainfall series from the city of Joao Pessoa-PB, withdrawn from INMET and studied conditions to demonstrate the effect when using the coefficient of extravasation in the design of the rainwater reservoir. The difference between the volume of water used using Ripple with the EC is approximately 1.24% or 2.10m³ (2100 liters) higher each year, in the total volume overflowed, the difference is 6.67% lower. With these results presented, it is possible to conclude a more precise estimate of the volume of rainwater used, in relation to the use of only the monthly means of precipitation in the design. This higher precision provides more realistic values of the amount of water used and the economic viability analysis of the alternative.

Keywords: Ripple method, Coefficient of Extravasation and Sizing.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Áreas de captação e consumo para os padrões utilizados.....	32
Tabela 2: Dimensionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva, pelo Método de Rippl, corrigido pelo Coeficiente de Extravasamento.....	67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m ² - C = 0,85 – Brasília (DF)	35
Gráfico 02: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m ² - C = 0,85 – Brasília (DF)	35
Gráfico 03: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m ² - C = 0,85 – Brasília (DF)	35
Gráfico 04: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m ² - C = 0,90 – Brasília (DF)	36
Gráfico 05: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m ² - C = 0,90 – Brasília (DF)	36
Gráfico 06: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m ² - C = 0,90 – Brasília (DF)	36
Gráfico 07: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m ² - C = 0,85 – Brasília (DF)	37
Gráfico 08: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m ² - C = 0,85 – Brasília (DF)	37
Gráfico 09: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m ² - C = 0,85 – Brasília (DF)	37
Gráfico 10: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m ² - C = 0,90 – Brasília (DF)	38
Gráfico 11: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m ² - C = 0,90 – Brasília (DF)	38
Gráfico 12: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m ² - C = 0,90 – Brasília (DF)	38
Gráfico 13: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m ² - C = 0,85 – Brasília (DF)	39
Gráfico 14: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m ² - C = 0,85 – Brasília (DF)	39
Gráfico 15: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 300m ² - C = 0,85 – Brasília (DF)	39

Gráfico 16: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m ² - C = 0,90 – Brasília (DF)	40
Gráfico 17: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m ² - C = 0,90 – Brasília (DF)	40
Gráfico 18: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 300m ² - C = 0,90 – Brasília (DF)	40
Gráfico 19: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m ² - C = 0,85 – Curitiba (PR)	41
Gráfico 20: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m ² - C = 0,85 – Curitiba (PR)	41
Gráfico 21: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m ² - C = 0,85 – Curitiba (PR)	41
Gráfico 22: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m ² - C = 0,90 – Curitiba (PR)	42
Gráfico 23: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m ² - C = 0,90 – Curitiba (PR)	42
Gráfico 24: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m ² - C = 0,90 – Curitiba (PR)	42
Gráfico 25: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m ² - C = 0,85 – Curitiba (PR)	43
Gráfico 26: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m ² - C = 0,85 – Curitiba (PR)	43
Gráfico 27: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m ² - C = 0,85 – Curitiba (PR)	43
Gráfico 28: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m ² - C = 0,90 – Curitiba (PR)	44
Gráfico 29: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m ² - C = 0,90 – Curitiba (PR)	44
Gráfico 30: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m ² - C = 0,90 – Curitiba (PR)	44
Gráfico 31: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m ² - C = 0,85 – Curitiba (PR)	45
Gráfico 32: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m ² - C = 0,85 – Curitiba (PR)	45

Gráfico 33: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 300m ² - C = 0,85 – Curitiba (PR)	45
Gráfico 34: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m ² - C = 0,90 – Curitiba (PR)	46
Gráfico 35: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m ² - C = 0,90 – Curitiba (PR)	46
Gráfico 36: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 300m ² - C = 0,90 – Curitiba (PR)	46
Gráfico 37: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m ² - C = 0,85 – Manaus (AM)	47
Gráfico 38: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m ² - C = 0,85 – Manaus (AM)	47
Gráfico 39: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m ² - C = 0,85 – Manaus (AM)	47
Gráfico 40: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m ² - C = 0,90 – Manaus (AM)	48
Gráfico 41: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m ² - C = 0,90 – Manaus (AM)	48
Gráfico 42: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m ² - C = 0,90 – Manaus (AM)	48
Gráfico 43: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m ² - C = 0,85 – Manaus (AM)	49
Gráfico 44: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m ² - C = 0,85 – Manaus (AM)	49
Gráfico 45: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m ² - C = 0,85 – Manaus (AM)	49
Gráfico 46: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m ² - C = 0,90 – Manaus (AM)	50
Gráfico 47: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m ² - C = 0,90 – Manaus (AM)	50
Gráfico 48: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m ² - C = 0,90 – Manaus (AM)	50
Gráfico 49: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m ² - C = 0,85 – Manaus (AM)	51

Gráfico 51: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m ² - C = 0,85 – Manaus (AM)	51
Gráfico 51: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 300m ² - C = 0,85 – Manaus (AM)	51
Gráfico 52: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m ² - C = 0,90 – Manaus (AM)	52
Gráfico 53: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m ² - C = 0,90 – Manaus (AM)	52
Gráfico 54: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 300m ² - C = 0,90 – Manaus (AM)	52
Gráfico 55: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m ² - C = 0,85 – Quixeramobim (CE)	53
Gráfico 56: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m ² - C = 0,85 – Quixeramobim (CE)	53
Gráfico 57: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m ² - C = 0,85 – Quixeramobim (CE)	53
Gráfico 58: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m ² - C = 0,90 – Quixeramobim (CE)	54
Gráfico 59: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m ² - C = 0,90 – Quixeramobim (CE)	54
Gráfico 60: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m ² - C = 0,90 – Quixeramobim (CE)	54
Gráfico 61: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m ² - C = 0,85 – Quixeramobim (CE)	55
Gráfico 62: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m ² - C = 0,85 – Quixeramobim (CE)	55
Gráfico 63: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m ² - C = 0,85 – Quixeramobim (CE)	55
Gráfico 64: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m ² - C = 0,90 – Quixeramobim (CE)	56
Gráfico 65: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m ² - C = 0,90 – Quixeramobim (CE)	56
Gráfico 66: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m ² - C = 0,90 – Quixeramobim (CE)	56

Gráfico 67: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m ² - C = 0,85 – Quixeramobim (CE)	57
Gráfico 68: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m ² - C = 0,85 – Quixeramobim (CE)	57
Gráfico 69: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 300m ² - C = 0,85 – Quixeramobim (CE)	57
Gráfico 70: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m ² - C = 0,90 – Quixeramobim (CE)	58
Gráfico 71: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m ² - C = 0,90 – Quixeramobim (CE)	58
Gráfico 72: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 300m ² - C = 0,90 – Quixeramobim (CE)	58
Gráfico 73: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m ² - C = 0,85 – Recife (PE)	59
Gráfico 74: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m ² - C = 0,85 – Recife (PE)	59
Gráfico 75: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m ² - C = 0,85 – Recife (PE)	59
Gráfico 76: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m ² - C = 0,90 – Recife (PE)	60
Gráfico 77: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m ² - C = 0,90 – Recife (PE)	60
Gráfico 78: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m ² - C = 0,90 – Recife (PE)	60
Gráfico 79: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m ² - C = 0,85 – Recife (PE)	61
Gráfico 80: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m ² - C = 0,85 – Recife (PE)	61
Gráfico 81: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m ² - C = 0,85 – Recife (PE)	61
Gráfico 82: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m ² - C = 0,90 – Recife (PE)	62
Gráfico 83: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m ² - C = 0,90 – Recife (PE)	62

Gráfico 84: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m ² - C = 0,90 – Recife (PE)	62
Gráfico 85: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m ² - C = 0,85 – Recife (PE)	63
Gráfico 86: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m ² - C = 0,85 – Recife (PE)	63
Gráfico 87: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 300m ² - C = 0,85 – Recife (PE)	63
Gráfico 88: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m ² - C = 0,90 – Recife (PE)	64
Gráfico 89: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m ² - C = 0,90 – Recife (PE)	64
Gráfico 90: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 300m ² - C = 0,90 – Recife (PE)	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Confiabilidade volumétrica X Volume do reservatório: Padrão Popular - C = 0,85 – Recife (PE).....	29
Figura 2: Confiabilidade volumétrica X Volume do reservatório: Padrão Popular - C = 0,90 – Recife (PE).....	29
Figura 3: Médias de Precipitações anuais para os municípios estudados: 1984 à 2013.....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1. A ÁGUA, SUA IMPORTÂNCIA E DISPONIBILIDADE	18
3.2. CRISE HÍDRICA NO BRASIL	19
3.3. USO DE AGUAS PLUVIAIS.....	21
3.4. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE REUSO DE AGUAS PLUVIAIS	23
3.4.1 Método de Rippl	26
3.4.2. Coeficiente de confiabilidade volumétrica	27
4 METODOLOGIA	30
5 RESULTADOS.....	33
6 CONCLUSÃO	68
7 REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso vital para a vida humana e dos demais seres vivos. Com o passar do tempo, observa-se que a população mundial está aumentando, bem como o seu consumo de água, principalmente nos grandes centros urbanos. Com isso, esse recurso está se tornando cada vez mais escasso, sendo necessária uma maior preocupação na diminuição da demanda.

Neste cenário, ganha importância o estudo de alternativas como o reaproveitamento e busca por novas fontes de água. Atualmente as alternativas mais citadas são o aproveitamento de água da chuva, o reuso de águas servidas e o processo de dessalinização da água do mar. A evolução do conceito do uso racional para a conservação de água consiste na associação da gestão, não somente da demanda, mas também da oferta de água, de forma que usos menos nobres possam ser supridos, sempre que possível, por águas de qualidade inferior (SINDUSCON-SP, 2005).

A não utilização do aproveitamento de água pluvial no Brasil pode ser justificada pela aparente abundância de água encontrada no país, devido ao recorte do território ser quase totalmente banhado pelo litoral; e ao significativo volume de chuvas que pode variar de 3.000 mm/ano na Amazônia e 1.300 mm/ano na região central do país, caracterizando o predomínio dos climas equatorial e tropical; já no sertão nordestino este índice pode variar entre 250 mm/ano a 600 mm/ano (TOMAZ, 2003).

O método de Rippl é geralmente utilizado para dimensionar o volume do reservatório para o sistema de aproveitamento de águas pluviais, e pode ser obtido através de séries históricas de chuvas diárias ou mensais.

Segundo (SALES, 2016), o coeficiente de extravasamento é dado pela razão entre o volume de água aproveitado, levando-se em consideração os dados em base diária e volume aproveitado levando-se em consideração os dados em base mensal. Esse coeficiente tem a função de corrigir os volumes dos reservatórios de acumulação calculados pelo método Rippl para um novo volume de água de chuva aproveitado mais preciso, o coeficiente de extravasamento pode ser apresentado de forma mensal ou anual.

Diante dessa problemática, buscam-se alternativas ao consumo racional de água tratada no país, onde se destacam projetos realísticos e economicamente viáveis. Desse modo, esse trabalho tem como objetivo determinar o coeficiente de extravasamento para o dimensionamento de reservatórios e cálculo do volume de água aproveitável em um ciclo anual de sistemas de aproveitamento de águas pluviais por meio do método de Rippl. Assim, este método foi adotado para analisar a variação dos Coeficientes de Extravasamento em relação a volumes de reservatórios previamente estabelecidos, de forma que possam ser utilizados futuramente dados pluviométricos de base mensal para regiões de mesmo regime de chuvas com facilidade no manuseio dos dados e com uma precisão bem próxima a que temos quando usamos dados pluviométricos diários. Isto resulta num parâmetro mais realístico para a estimativa da quantidade de água a ser aproveitada em um ciclo anual.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo desse trabalho é obter um coeficiente de extravasamento, para cada mês do ano, com a variação de diversos fatores que afetam o dimensionamento do sistema para o uso das águas proveniente das chuvas em cinco cidades brasileiras, com isso definindo um paramento mais preciso da estimativa da quantidade de água da chuva a ser aproveitada para um dado volume de reservatório.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Simular um exemplo de aplicação dos resultados obtidos neste trabalho para a cidade de João Pessoa-PB.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. A ÁGUA, SUA IMPORTÂNCIA E DISPONIBILIDADE

A água é um recurso natural essencial à vida de todas as espécies, pois é o maior constituinte dos seres vivos, participa dos processos bioquímicos e promove a manutenção dos ecossistemas (MMA, 2005). Além disso, é considerado solvente universal devido às propriedades químicas que apresenta, sendo capaz de dissolver inúmeras substâncias (GOMES e CLAVICO, 2005).

A importância da água não está relacionada apenas às suas funções na natureza, mas ao papel que exerce na saúde, economia e qualidade de vida humana. A água foi um fator preponderante no crescimento e desenvolvimento das civilizações e das cidades atuais que utilizam a mesma para seus diversos fins. O homem tem usado a água não apenas para manter suas necessidades pessoais diárias (alimentação, funcionamento adequado do corpo, higiene), mas também e principalmente para propósitos socioeconômicos. E, por se tratar de componente essencial para a vida humana em seus múltiplos usos, bem como para a dinâmica de todos os sistemas ambientais, a água, pode ser valorada como serviço ambiental (TOMASONI; PINTO; SILVA, 2009).

Moraes e Jordão (2002) enfatizam que os ambientes aquáticos são utilizados em todo o mundo com distintas finalidades, entre as quais se destacam o abastecimento de água (doméstico e industrial), a geração de energia, a irrigação, a navegação, pesca, a aquicultura, preservação da fauna e da flora, criação de espécies, diluição e transporte de despejos.

O volume de água presente no planeta é de aproximadamente 1,386 bilhão de km³, sendo 97,50% de água salgada espalhada pelos oceanos, mares, lagos salgados e aquíferos salinos (reservas subterrâneas). Dos 2,50% de água doce, mais de 2/3 encontram-se indisponíveis para o consumo humano, pois estão armazenados em geleiras, na forma de neve e em subsolos congelados (CLARKE, 2005).

O Brasil concentra 11,6 % do volume total de recursos hídricos do mundo. A maior parte desta água, cerca de 80 %, encontra-se na região Amazônica na qual

vive 5 % da população. Além disso, há no Brasil um grave problema relacionado ao desperdício de água devido às perdas nos sistemas de distribuição chegando a 30 % nas regiões Sul e Sudeste e a 60 % no nordeste (CHAGAS et al., 2012).

3.2. CRISE HÍDRICA NO BRASIL

Conforme dados do Fundo de População das Nações Unidas (UNFPA, 2012), a população mundial em 2011 era de 7 bilhões de habitantes, e a perspectiva é que a ocupação populacional no ano de 2050 atinja aproximadamente os 9 bilhões de habitantes. A UNESCO (2015) estima que até 2050, devido ao aumento da demanda do setor industrial, dos sistemas de geração de energia termoelétrica e do uso doméstico, a necessidade de água mundial crescerá cerca de 55%. Segundo a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2008), na época, já 29 países se apresentavam problemas com falta de água e milhões de pessoas viviam com um consumo médio diário abaixo de 5 litros. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estipula que em 2050 cerca de 50 países apresentarão crise de abastecimento. Já a Agência Nacional de Águas – ANA (2010) projeta que “do ano 2005 ao ano 2025, as demandas médias para abastecimento da população urbana brasileira deverão ter um crescimento em torno de 28%”.

No Brasil, estima-se que 74,830 milhões de m³ de água foram extraídos de mananciais no ano de 2010. Destes, cerca de 54% foram utilizados para irrigação e 6% na pecuária, deixando a atividade agropecuária com a maior demanda de recursos hídricos do país. O restante da água é destinado ao abastecimento humano, que representa 23% da demanda, e às indústrias, com 17% (FAO, 2010 apud ANA, 2012). De acordo com Tucci et. al. (2001) cerca de 25 a 40 % do volume de água tratada são perdidos nas redes de abastecimento. Um levantamento realizado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), diz que o Brasil teve um índice de perdas na distribuição nos anos de 2014 e 2015 em torno de 36,7%. Esses vazamentos podem ocorrer devido a diversos problemas nas tubulações de transmissão e distribuição, nas juntas, válvulas, hidrantes, tanques de armazenagem e reservatórios (HUNAIDE, 2004).

Em virtude da alta densidade demográfica as regiões Sul e Sudeste, apesar de contarem com abundância de água, há nessas regiões problemas de escassez hídrica em alguns pontos. Isto se deve aos usos múltiplos da água, elevada urbanização, falta de saneamento básico e a poluição que compromete a disponibilidade elevando os custos de tratamento (ESTEVES, 2012).

Nos estados do Nordeste, a disponibilidade hídrica *per capita* é insuficiente e não atende à demanda existente. De acordo com Tomaz (2001) região norte possui a maior parte do volume de água doce e também a menor concentração demográfica, resultando em uma maior disponibilidade hídrica *per capita*. Nas demais regiões, onde há predominância de atividades agrícolas e industriais há uma pequena parte da água doce do Brasil.

Segundo Silva (1998) outros problemas que agravam o quadro são: a expansão desordenada das cidades, a irregularidade do suprimento, o saneamento deficiente, poluição das nascentes, degradação dos mananciais, contaminação dos rios pelos esgotos doméstico, industrial e pluvial; e enchentes urbanas geradas pela inadequada ocupação de áreas proibidas. Até mesmo o desmatamento das florestas afeta a disponibilidade de água no planeta, uma vez que as plantas, através do processo de evapotranspiração, transferem a umidade do solo até a atmosfera, influenciando no processo de formação de chuvas. Fica claro desta forma que o Brasil necessita de um maior alcance dos serviços de abastecimento de água potável e uma rede de esgoto mais ampla (MORAIS et al, 2016).

No Brasil, diferentemente de outros países, o aproveitamento de água de chuva não acompanha o desenvolvimento do país, e só nas últimas décadas é que vem sendo praticada principalmente na região do semiárido nordestino (GONÇALVES, 2006).

A utilização da água de chuva tem se mostrado uma forte alternativa para a crise da água, seja para fins potáveis ou não potáveis, dependendo da necessidade e qualidade desta. Coletar água de chuva não é apenas conservar água, mas também a energia. Estudos mostram que tem-se uma redução aproximada de 25% a 45% do custo energético nas operações de abastecimento de água (LACERDA, 2015).

3.3. USO DE AGUAS PLUVIAIS

Segundo o Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações (SINDUSCON, 2005), a água pluvial é coletada por meio de áreas impermeáveis (telhados, pátios ou áreas de estacionamento), sendo em seguida encaminhada aos reservatórios de acumulação e, dependendo do nível de qualidade exigido para o reuso desta água, a mesma deverá passar por unidades de tratamento para atingir a qualidade desejada.

O objetivo do sistema de águas pluviais é garantir o adequado escoamento das águas de chuva, ou seja, recolher e dar destinação à água que cai sobre os telhados, pátios e ruas. A drenagem das águas pluviais torna-se importantíssima nas cidades devido à forma de ocupação do solo; os desmatamentos, a pavimentação e impermeabilização do solo provocam uma drástica diminuição da infiltração da água de chuva e, consequentemente, empoçamentos e enchentes. (MOTA, 1997).

A captação da água de chuva é bastante difundida em países como Japão, Austrália e na Alemanha. Na Alemanha mesmo com opções convencionais de abastecimento, sem escassez, anualmente 50 mil sistemas profissionais de tratamento de água de chuva são instalados no país. Isso porque, os anos de pesquisa e desenvolvimento de técnicas para tratamento alcançaram um patamar em que os investimentos necessários para a instalação de um sistema de águas pluviais em uma edificação unifamiliar, são extremamente baixos e a redução pode chegar a 40% no consumo de água potável. Além disso, em comparação com outras opções ambientais, como o aquecimento solar, o reuso da água pluvial proporciona maior economia financeira e retorno mais rápido. Mesmo em cidades como Berlim, com baixas taxas pluviométricas, as instalações para aproveitamento da água de chuva são comuns nas edificações, até nas multi-familiares que se beneficiam de pouca economia de água devido à redução drástica da área disponível para coleta por morador (área de coleta por morador de 8m² ou menos). Esse é um exemplo de como o franco desenvolvimento tecnológico pode contribuir para enraizar idéias de conservação ambiental na sociedade (VANSBOTTER e NOLDE, 2000).

A coleta de água para irrigação e fins não potáveis não requer grandes cuidados de purificação, embora um certo grau de filtragem muitas vezes seja necessário.

Gelt (2003) diz que nos EUA, a maior parte da água de chuva armazenada é usada para fins de irrigação, estima-se que existam mais de 200 mil cisternas para coleta e estocagem de água de chuva. No estado do Hawaii, entre 30 e 60 mil famílias dependem de sistemas de armazenagem de água de chuva para suprir as suas necessidades (MACOMBER, 2001).

Tomaz (2003) cita que na região da Bavária (Alemanha) foi liberada a utilização da água da chuva para lavagem de roupa, uma vez que agentes patogênicos existentes nesta água, também são encontrados na máquina de lavar e na sujeira das próprias roupas.

Em muitas cidades brasileiras, como São Paulo, a captação e o armazenamento da chuva nos novos edifícios com grandes áreas impermeabilizadas já são obrigatórios por lei conhecida como “lei das piscinhas” (Lei Municipal 13.276). O armazenamento em reservatórios próprios para posterior descarte na rede pluvial reduz o escoamento rápido causador de enchentes e enxurradas. Mas, também, apesar de não citado pela lei, estimula o reaproveitamento das águas. O reservatório de armazenamento costuma ser o componente mais dispendioso do sistema de aproveitamento de águas pluviais e, nesses casos, já está construído.

A água de chuva armazenada pode apresentar uma aparência de água pura e limpa, mas muitas vezes isso não corresponde a realidade. Em algumas regiões urbanas, a água da chuva pode conter impurezas absorvidas da poluição atmosférica, não sendo recomendada para ingestão humana (GELT, 2003; TOMAZ, 2003).

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais, em sua maioria, são simples e necessitam de baixos investimentos. Um esquema de aproveitamento com coleta, descarte inicial, tratamento, reserva e uso. Na concepção, as seguintes etapas precisam ser contempladas: determinação da precipitação média local, determinação da área de coleta, determinação do escoamento superficial, caracterização da qualidade da água pluvial, caracterização dos usos previstos (em quantidade e qualidade), determinação do sistema de tratamento (quando necessário), projeto do reservatório de descarte e do reservatório de armazenamento, projeto dos sistemas complementares, como grades, tubulações, entre outras (GONÇALVES et al., 2005).

As águas pluviais possuem, normalmente, qualidade bastante superior à das águas cinzas. Assim, para atividades como rega de jardins ou lavagem de pisos e carros, não necessitam de tratamento complementar, exigindo apenas a remoção de impurezas pelo sistema de descarte. O sistema de descarte é principalmente importante na primeira chuva, ou melhor, nos instantes iniciais de chuva, quando as águas coletadas costumam conter excesso de matéria orgânica como folhas, poeira, insetos, excrementos de pássaros e outras substâncias sólidas depositadas pelo vento. Essa sujeira é varrida pelas primeiras águas a escoarem pelas superfícies de coleta e, por isso, devem ser descartadas e lançadas na rede de drenagem pluvial da via pública (PINHEIRO et al., 2005). Após algum tempo, a água captada torna-se visivelmente de melhor qualidade podendo ser armazenada diretamente no reservatório.

Além do monitoramento programado da qualidade da água, alguns cuidados gerais e características construtivas são requeridos para a operação adequada e econômica do sistema pluvial, permitindo a segurança do abastecimento e manutenção da qualidade da água. Em relação ao reservatório de armazenamento as seguintes recomendações são pertinentes: manter a tampa de inspeção fechada e gradear o tubo extravasor para evitar entrada de pequenos animais; evitar a entrada de luz solar para diminuir a proliferação de algas e microorganismos; limpar e remover os depósitos de sedimentos anualmente; e prever a conexão para alimentação (sem possibilidade de contaminação) de água potável e, assim, assegurar o abastecimento na ocasião de estiagens prolongadas. Já nas tubulações e pontos de utilização a maior preocupação é o risco de conexão cruzada com o sistema de distribuição de água potável e o uso indevido da água não potável. Por isso, é recomendada a diferenciação das tubulações por cor e avisos e placas indicativa, também nas torneiras (GONÇALVES et al., 2005).

3.4. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE REUSO DE AGUAS PLUVIAIS

O dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água pluvial em residências é influenciado pela precipitação pluviométrica local, área de captação, número de moradores da edificação e demandas de água potável e pluvial (GHISI, 2006b).

Quanto mais regulares e bem distribuídas são as chuvas ao longo do tempo menor é o volume necessário para o reservatório de água pluvial. Fewkes e Butler (1999) apontam como vantagens para reservatórios de volume reduzido a fácil integração com a estrutura da edificação, o menor custo de implantação e a retenção da água pluvial por pouco tempo no reservatório de armazenamento.

Schiller e Latham (1982a) apud Coelho Filho (2005) sugerem a utilização de séries de precipitação de pelo menos 10 anos para estabelecer o potencial de suprimento de água pluvial em determinadas regiões. No entanto, sabe-se que para condições específicas de demanda de água potável e não potável é possível utilizar séries curtas de dados pluviométricos em estudos sobre o aproveitamento de água pluvial.

Cardoso (2006) avaliou, por meio de simulações computacionais, o período mínimo de anos de precipitações pluviométricas que deve ser considerado em estudos sobre o potencial de economia de água potável através do aproveitamento de água pluvial, o estudo foi realizado na cidade de Santa Barbara do Oeste – SP, com serie histórica de precipitação de 36 anos, para volumes de reservatórios com volumes de 1000 á 70000 litros e considerou-se diversas áreas de captação e demandas, o período mínimo das séries variou de 1 a 13 anos.

A precipitação pluviométrica anual média no Brasil é de 1.797mm, variando de 550mm, na região semi-árida do Nordeste, a mais de 2.500mm na Amazônia (ANA, 2005b). Apesar do significativo volume de precipitação pluviométrica em algumas regiões brasileiras, a sazonalidade na ocorrência das chuvas pode influenciar o dimensionamento de reservatórios para fins de aproveitamento de água pluvial.

No Brasil, não há valores divulgados para os materiais que compõem as coberturas das edificações. Verificou-se que, na maioria das vezes, é adotado um coeficiente de escoamento superficial sem levar em consideração o material da área de captação. Constatou-se ainda que, independentemente do método utilizado para o dimensionamento do reservatório para fins de aproveitamento de água pluvial, são utilizados coeficientes que variam de 0,80 a 0,90, como pode ser visto em Hernandes et al. (2004), Coelho Filho (2005), Werneck (2006), Ghisi e Ferreira (2007), entre outros.

Muitos métodos são utilizados para o dimensionamento dos reservatórios, sendo alguns teóricos, como o Método de Rippl ou o Método da simulação, que consideram o coeficiente de escoamento superficial e analisam o volume de água no reservatório em uma relação da chuva e da demanda em função do tempo. Já os métodos práticos alemão e inglês são empíricos e consideram uma porcentagem (5 ou 6%) do volume total anual de chuva aproveitável (ABNT, 2007).

A NBR 15527 (ABNT, 2007) apresenta 6 métodos para o dimensionamento do reservatório de água pluvial juntamente com os seus parâmetros, sendo: método de Rippl, método da Simulação, método Azevedo Neto, método Prático Inglês, método Prático Alemão e o método Prático Australiano. Adicionalmente devem ser consideradas as peculiaridades de cada método para a escolha do mais satisfatório.

Segundo Sperancetta, Alves e Krügger (2004), o método de Rippl é simples, sendo tal simplicidade derivada da relação do balanço das entradas e saídas de água, onde este deve suprir a demanda em períodos de estiagem. A quantidade de chuva e a forma de distribuição das precipitações ao longo do ano são os fatores de maior influência nesse método (COHIM; GARCIA; KIPERSTOK, 2008).

Já segundo Tomaz (2003), o método da Simulação apresenta a característica de determinar a eficiência do sistema, enquanto que os métodos Azevedo Neto e o Prático Inglês compartilham da característica de não considerarem a influência da demanda, e sim, a precipitação anual, porém se diferenciam pelo fato do método Azevedo Neto considerar o período de estiagem e o método Prático Inglês considera a área da superfície de captação, de modo a apresentarem resultados relacionados diretamente aos dados pluviométricos e áreas de captação de água pluvial, respectivamente (AMORIM; PEREIRA, 2008).

O método Prático Alemão assemelha-se ao método Prático Inglês, diferenciando-se ao comparar o volume de chuva aproveitável com a demanda anual (FONTANELA, 2010). Por fim, com o método Prático Australiano são obtidos valores do volume superdimensionados a fim de se obter uma confiança satisfatória, assim como é mostrado por Minikowski e Maia (2009).

3.4.1 Método de Rippl

O diagrama de massas, conhecido pelos hidrólogos como método de Rippl, sugerido pelo engenheiro austríaco W. Rippl em 1882 (CHOW, 1964), foi o primeiro método publicado para dimensionar reservatórios com o objetivo de regularizar vazões em períodos de estiagem (MATHIS, 2003). Neste método, o volume de água que escoa pela superfície de captação é subtraído da demanda de água pluvial em um mesmo intervalo de tempo. A máxima diferença acumulada positiva é o volume do reservatório para 100% de confiança (SCHILLER; LATHAN, 1982b).

Tomaz (2003) afirma que o método de Rippl pode ser utilizado para precipitações mensais e diárias, porém ressalta a falta de praticidade quando se utilizam dados diários de precipitação; sugerindo, neste caso, fazer uso de simulação computacional e também de séries históricas de 10 anos.

Segundo Lacerda (2015) Apesar da aplicação mais simples do método de Rippl quando são utilizadas médias mensais, já que se tem um menor volume de dados, torna-se mais precisa quando são utilizadas séries diárias. Isso ocorre devido ao fato de que, quando se utilizam dados diários, tem-se uma melhor representação dos períodos de estiagem que ocorrem durante o mês, os quais acabam provocando um aumento no valor final do volume do reservatório.

Segundo a NBR 15527/2007, o dimensionamento com o método de Rippl pode utilizar séries históricas de precipitação mensais ou diárias:

$$Q(t) = C \times P(t) \times A \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: $Q(t)$, é o volume de chuva aproveitável no tempo t (litros);

C , é o coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

$P(t)$ é a precipitação no tempo t (mm)

A , é a área de captação (m^2).

Na sequência, calcula-se o volume de água contido no reservatório pela diferença entre a demanda de água pluvial e o volume de água pluvial aproveitada, para os intervalos de tempo t , pela a Equação 2.

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: $S(t)$, é o volume de água no reservatório no tempo t (litros);

$Q(t)$, é o volume de chuva aproveitável no tempo t (litros); e,

$D(t)$, é a demanda de água pluvial no tempo t (litros).

O volume do reservatório será dado pela máxima diferença positiva acumulada, e válida para $S(t) > 0$, calculada pela Equação 3.

$$V = \sum S(t) - D(t) \quad (\text{Equação 3})$$

Sendo que: $D(t) < \sum S(t)$

Onde: V , é o volume do reservatório (litros);

$D(t)$, é o tempo em análise (dias, meses); e,

$S(t)$, é o volume de água no reservatório no tempo t (litros).

3.4.2. Coeficiente de confiabilidade volumétrica

Segundo Dias (2007), o Coeficiente de Confiabilidade Volumétrica é definido pela razão do volume de água aproveitado com base diária (V_1) e o volume aproveitado em base mensal (V_2), de forma que:

$$\text{Confiabilidade Volumétrica} = 100 \times \left(\frac{V_1}{V_2} \right) \quad (\text{Equação 4})$$

De acordo com Sales (2016), a análise por meio dos dados de precipitação diária resulta em um dimensionamento mais preciso e que nem sempre é possível obter esses dados. Assim foi que surgiu a determinação deste coeficiente de confiabilidade volumétrica que tem a função corrigir os volumes dos reservatórios de acumulação calculados pelo método Rippl, considerando-se valores em bases mensais, para um novo volume de água de chuva aproveitado mais preciso.

Segundo Lacerda (2015), com a determinação desse coeficiente para um caso específico, pode-se calcular o volume de água que este efetivamente aproveitará, quando se corrige aquele encontrado para um balanço hídrico em base mensal.

Os resultados do estudo de Lacerda (2015) mostram apenas um valor anual da confiabilidade volumétrica para cada ano estudado e o valor final para toda a

série da precipitação (dos anos de 1984 a 2013) foi obtido pela média dos valores de cada ano. Assim foram gerados 6 gráficos relacionando os volumes dos reservatórios, os padrões de residências e os coeficientes de escoamento para cada cidade do estudo. As Figuras 1 e 2 a seguir são exemplos destes gráficos gerados para a cidade de Recife (PE) e padrão popular.

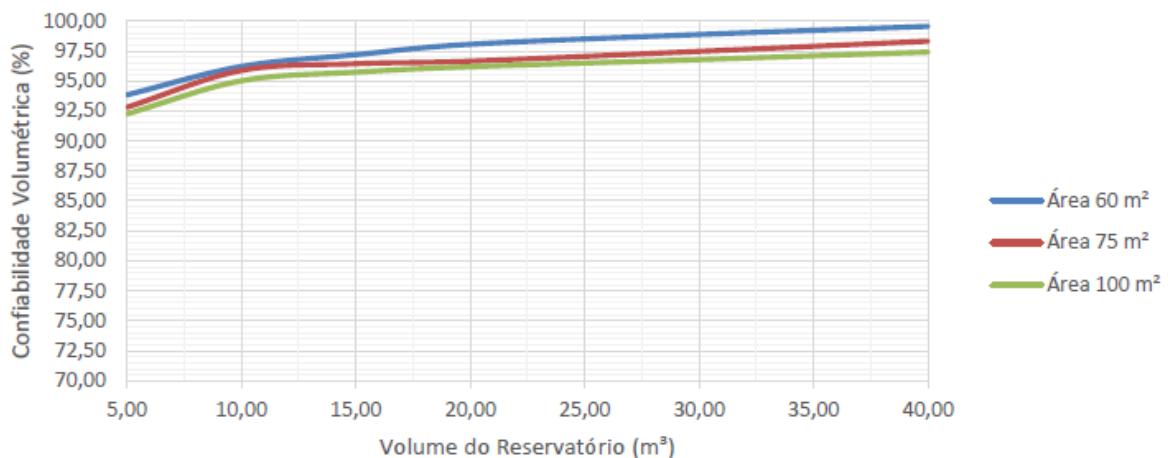


Figura 1 - Confiabilidade volumétrica X Volume do reservatório: Padrão Popular - $C = 0,85$ – Recife (PE). Fonte: Lacerda, 2015.

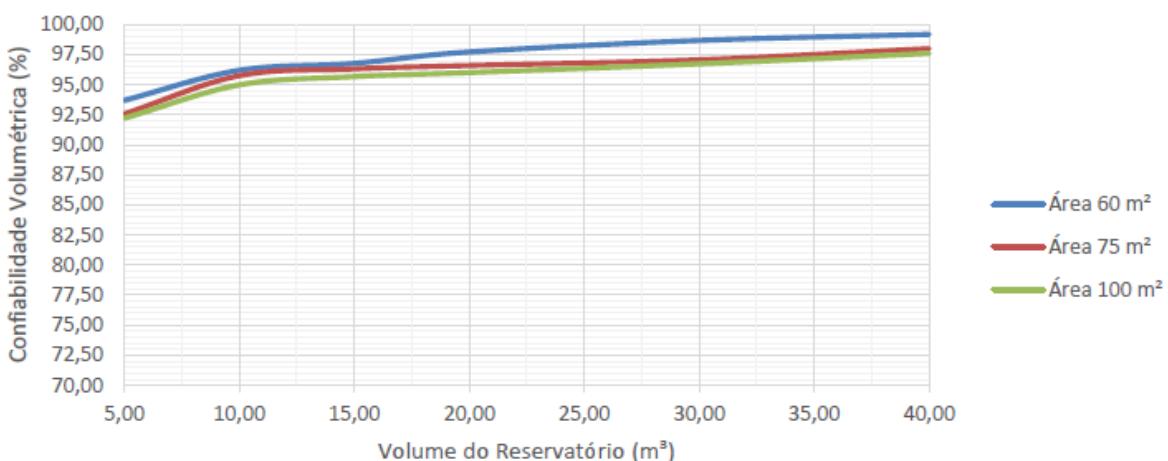


Figura 2 - Confiabilidade volumétrica X Volume do reservatório: Padrão Popular - $C = 0,90$ – Recife (PE). Fonte: Lacerda, 2015.

As conclusões do estudo foram que para as cidades com menores índices anuais de precipitação pluviométrica observaram-se um comportamento bem definido da confiabilidade volumétrica, decrescendo quando o volume do reservatório diminui e quando a área de captação aumenta. Para as cidades com

maiores índices anuais de precipitação pluviométrica, essa variação não é tão definida, pois em alguns anos da série, o valor da confiabilidade ao invés de ser decrescente com a diminuição do volume e aumento da área de captação, foi crescente e o resultado desse aumento é que gera a superposição dos gráficos por se utilizar os valores médios de confiabilidade da série.

De acordo com Lacerda (2015), os gráficos da confiabilidade volumétrica podem ser utilizados para, corrigir o valor do volume de água aproveitado em base mensal resultante do dimensionamento pelo Método de Rippl para reservatórios já dimensionados e tornar o método de Rippl mais preciso, já que os mesmos determinam a confiabilidade volumétrica para séries diárias de precipitação e o uso das séries mensais pode gerar um superdimensionamento do sistema, gerado pela supressão dos períodos de estiagem.

4 METODOLOGIA

Este estudo propõe um aprofundamento do estudo de (Lacerda, 2015). Dessa forma, utilizou-se em grande parte dos dados e resultados obtidos por ela. Para melhor entendimento do trabalho identificou-se a necessidade da substituição do termo “confiabilidade volumétrica” por “coeficiente de extravasamento”, podendo ter sua apresentação na forma abreviada “CE”, assim buscando uma maior coerência para o estudo.

Para obtenção do Coeficiente de Extravasamento utilizou-se de séries diárias de precipitação durante um período de 30 anos contínuos, compreendido entre os anos de 1984 e 2013. Os dados foram retirados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e da ANA (Agência Nacional das Águas), de modo que as falhas nos dados fossem mínimas e que propiciassem o maior número de informações sobre o regime pluviométrico das cidades.

Foram selecionados 5 municípios brasileiros, são eles: Brasília-DF, Curitiba-PR, Manaus-AM, Quixeramobim-CE e Recife-PE. A escolha deles foi devido a menor quantidade de falhas nas séries de chuvas e apresentassem diversos regimes de pluviosidade.

Com a escolha das cidades e suas respectivas séries de precipitação diárias, tornou-se necessário o preenchimento de falhas nos dados encontrados, as correções foram determinadas por meio da média do mês que se encontrava a falha.

Os resultados das médias de precipitações anuais das cidades escolhidas podem ser vistos na figura 3:

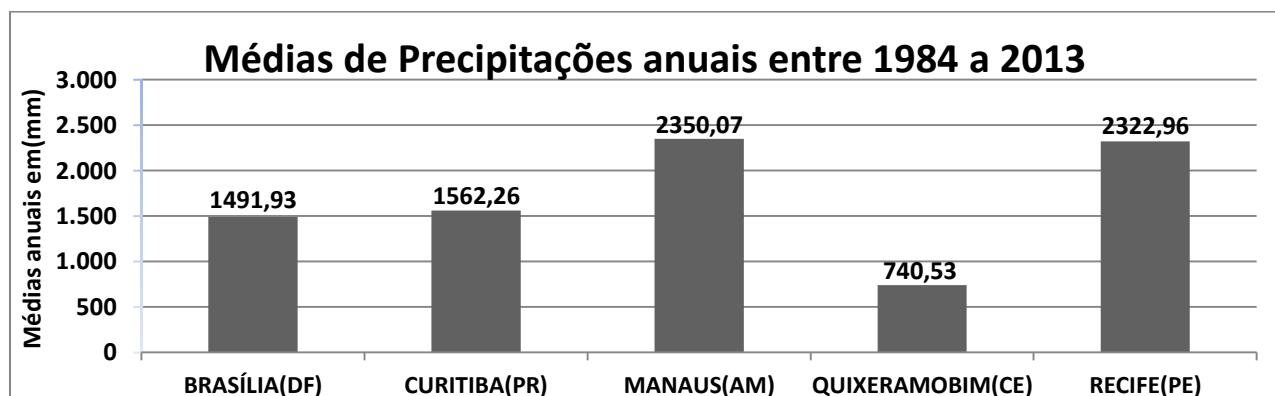


Figura 3: Médias de Precipitações anuais para os municípios estudados: 1984 a 2013. Fonte: adaptado de Lacerda, (2015).

A partir dos dados pluviométricos foram calculadas as médias mensais ano a ano, para todas as cidades.

Para o cálculo do Coeficiente de Extravasamento foram estabelecidas as condições:

- Foram pré-estabelecidos os volumes dos reservatórios de armazenamento das águas pluviais, assim seus volumes respectivos eram de: 40, 30, 20, 15, 10 e 5m³, com isso obtendo uma maior abrangência de valores do CE mês a mês;
- Os valores do coeficiente de Runoff atribuídos foram de 0,85 e 0,90, para o material empregado na área de captação fosse relevante ao estudo;
- Foram divididos em 3 padrões distintos o consumo de água na residência e o tamanho da área de captação, a nomenclatura dos padrões e suas respectivas áreas de captação e consumos estão expostos na figura a seguir:

Áreas (m ²)		Consumo (L/d)
Padrão Popular	60	460
	75	
	100	
Padrão Médio	75	750
	100	
	150	
Padrão Alto	150	1200
	200	
	300	

Tabela 1: Áreas de captação e consumo para os padrões utilizados. Fonte: Lacerda, (2015)

Após essa etapa, foi utilizado o método de Rippl diário e mensal para o cálculo das seguintes informações:

- Entrada de água no sistema de reuso em litros;

Entrada= Precipitação*Coeficiente de Runoff *Área de Captação; * em m³ divide o resultado por 1000.

- Consumo de Água; (obtido na tabela 1).
- Saldo de água no sistema;

Saldo= Entrada-Saída;

- Volume de água contido no reservatório; e

$V_{reservatório}(t) = Saldo + V_{reservatório}(t-1);$ *Caso o saldo for menor que 0 o $V_{reservatório}(t) = 0 + V_{reservatório}(t-1);$

- Volume de água Transbordado do Reservatório;

$V_{transbordado}(t) = V_{reservatório}(t-1) + Saldo(t) - Capacidade\ do\ Reservatório$

*Caso $Saldo(t) + V_{reservatório}(t-1) > Capacidade\ total\ do\ Reservatório.$

Determinados todos os valores listados acima para os dados pluviométricos monitorados dia a dia (Método de Rippl Diário) e mês a mês (Método de Rippl Mensal), foi possível obter, para cada mês o Volume aproveitado em Base diária (V1) e o Volume Aproveitado Base Mensal(V2), seguindo a seguinte equação:

Volume Aproveitado Diário($m^3/mês$)= \sum Entrada Diária - $\sum V_{transbordado}$ Diário

Volume Aproveitado Mensal($m^3/mês$)= Entrada Mensal - $V_{transbordado}$ Mensal

Com isso pode-se encontrar o Coeficiente de Extravasamento mensal de todos os anos a partir da (Equação 4) para os anos compreendidos no estudo, assim o valor do CE para cada mês será determinado pela média daquele mês, ao longo do período de estudo.

5 RESULTADOS

Foram feitos 18 gráficos dos coeficientes de extravasamento para cada cidade, relacionando os volumes de reservatório com as áreas de captação e consumos de cada padrão de residência que foram três (padrão popular, padrão médio e padrão alto) e com os dois coeficientes de Runoff (0,85 e 0,90).

Os gráficos dos coeficientes de extravasamento desse estudo são uma opção para a utilização de séries históricas de chuva de base mensal, corrigindo mês a mês os valores dos volumes aproveitados obtidos pelo método de Rippl mensal, chegando a valores próximos aos valores obtidos no método de Rippl diários que utiliza séries históricas de chuva de base diárias, resultando em reservatórios melhor dimensionados que tenham maiores volumes de água aproveitados anuais.

O menor valor do CE se deu na cidade de Brasília foi de 67% no mês de Abril que é o último mês da estação chuvosa, no reservatório de 5m³, já o maior valor foi visto na cidade de Recife 105,15%, no mês de Junho, que apresenta maior volume médio de chuva em relação aos outros meses do ano, no reservatório de 40m³, ambos no Padrão alto com a área de captação 300m², coeficiente de Runoff 0,90.

Os gráficos a seguir relacionam os valores do Coeficiente de Extravasamento aos diversos padrões de consumo, áreas de captação, Coeficiente de Runoff e volume dos reservatórios.

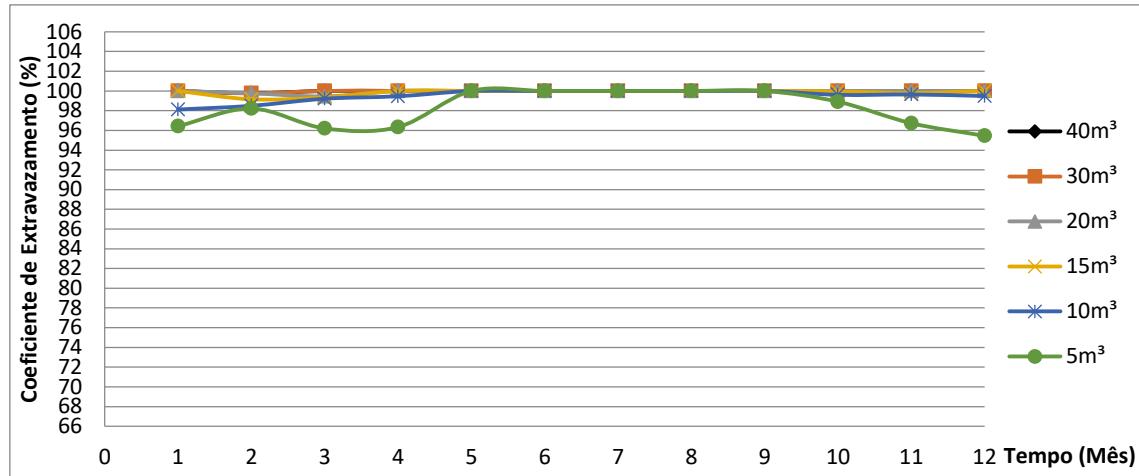


Gráfico 01: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m² - C = 0,85 – Brasília (DF).

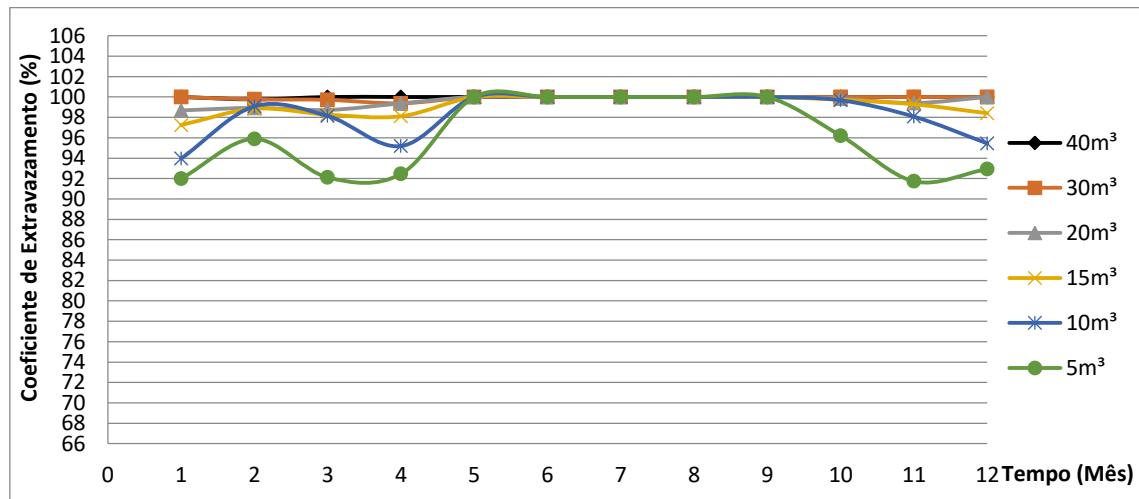


Gráfico 02: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m² - C = 0,85 – Brasília (DF).

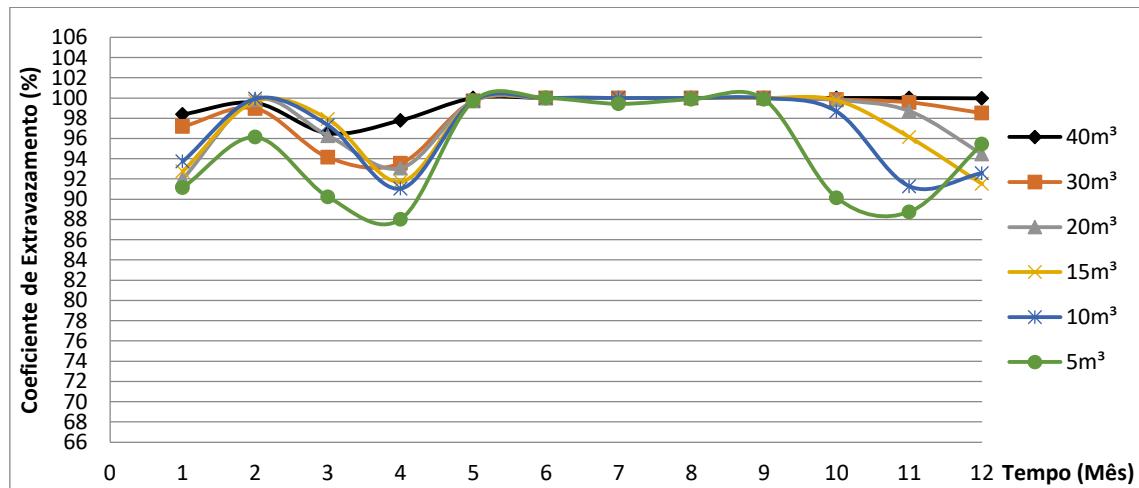


Gráfico 03: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m² - C = 0,85 – Brasília (DF).

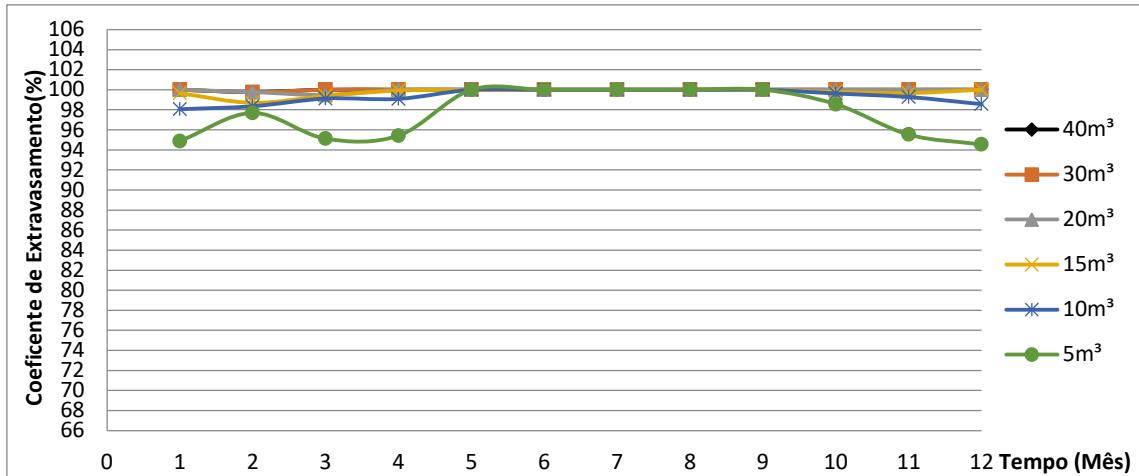


Gráfico 04: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m² - C = 0,90 – Brasília (DF).

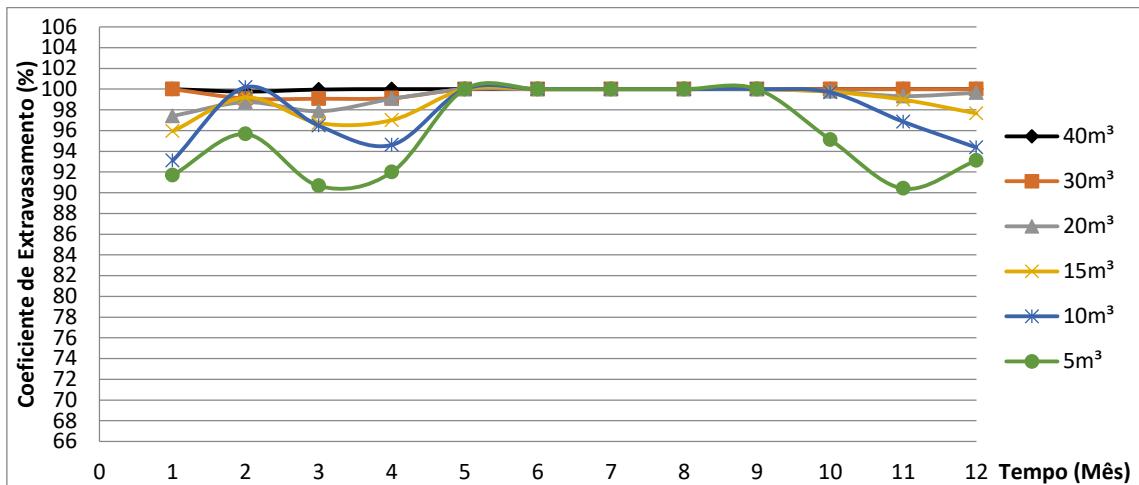


Gráfico 05: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m² - C = 0,90 – Brasília (DF).

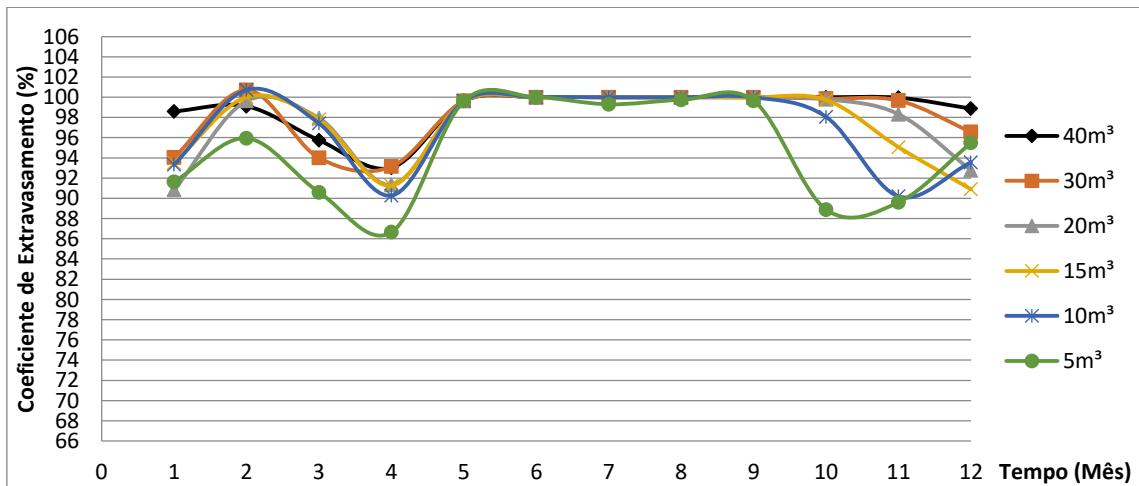


Gráfico 06: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m² - C = 0,90 – Brasília (DF).

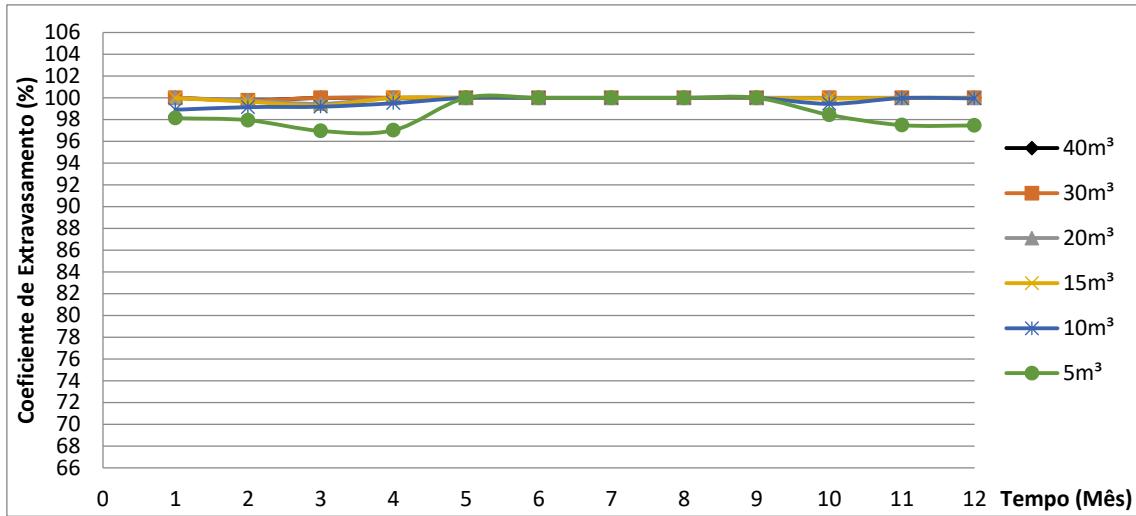


Gráfico 07: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m² - C = 0,85 – Brasília (DF).

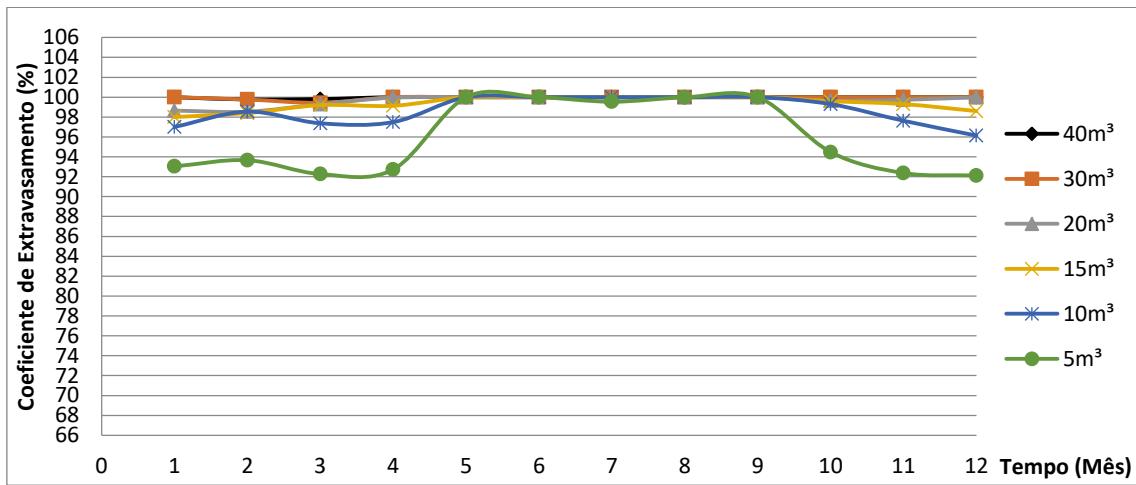


Gráfico 08: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m² - C = 0,85 – Brasília (DF).

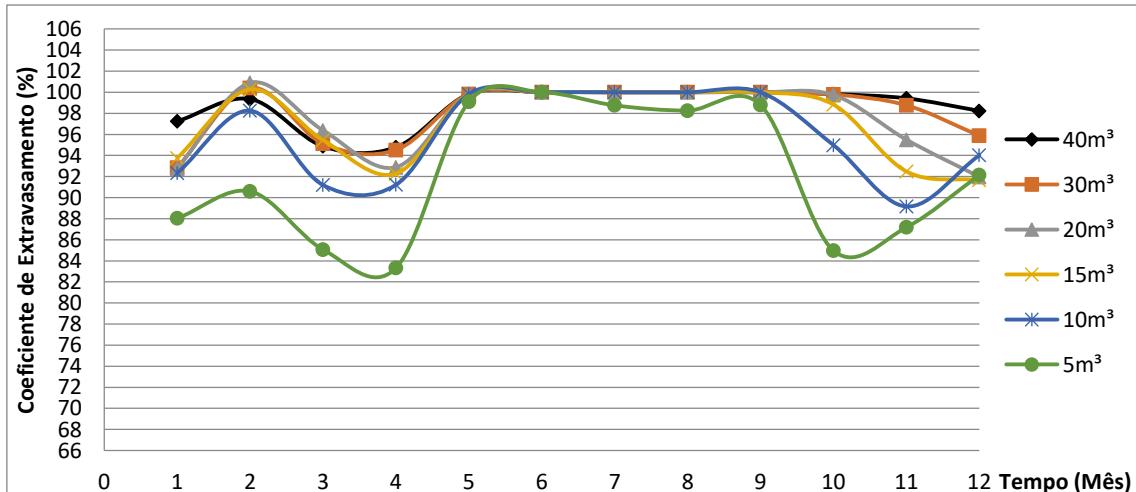


Gráfico 09: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m² - C = 0,85 – Brasília (DF).

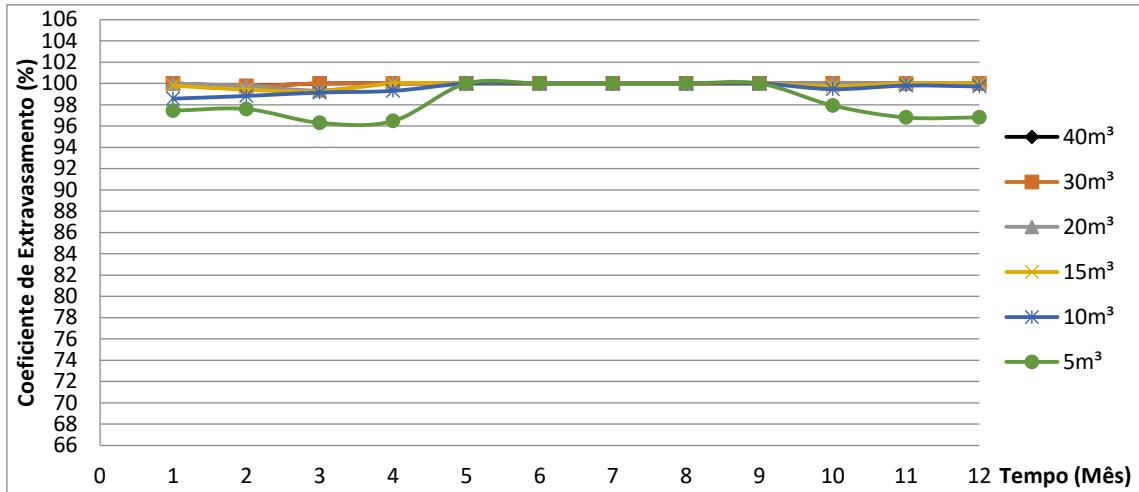


Gráfico 10: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m² - C = 0,90 – Brasília (DF).

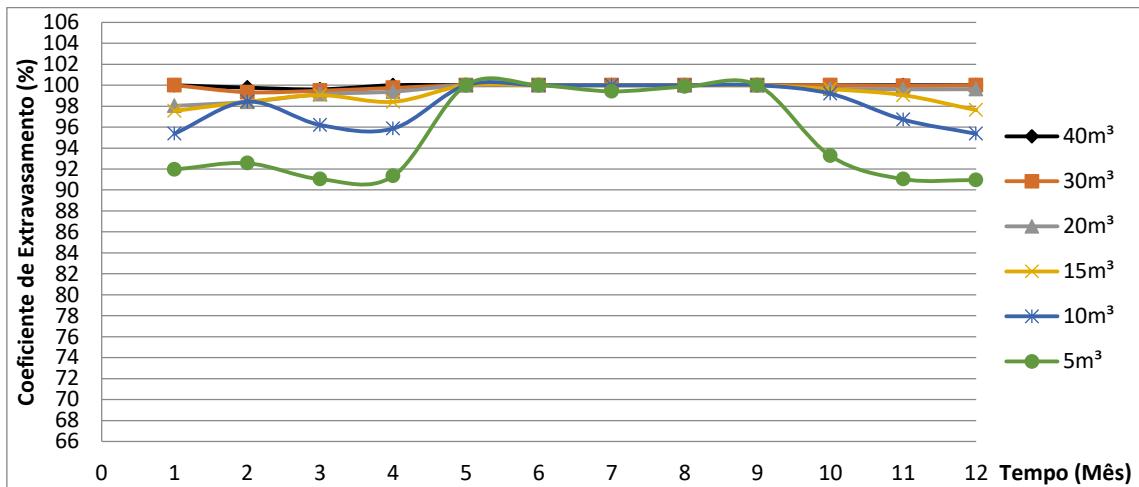


Gráfico 11: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m² - C = 0,90 – Brasília (DF).

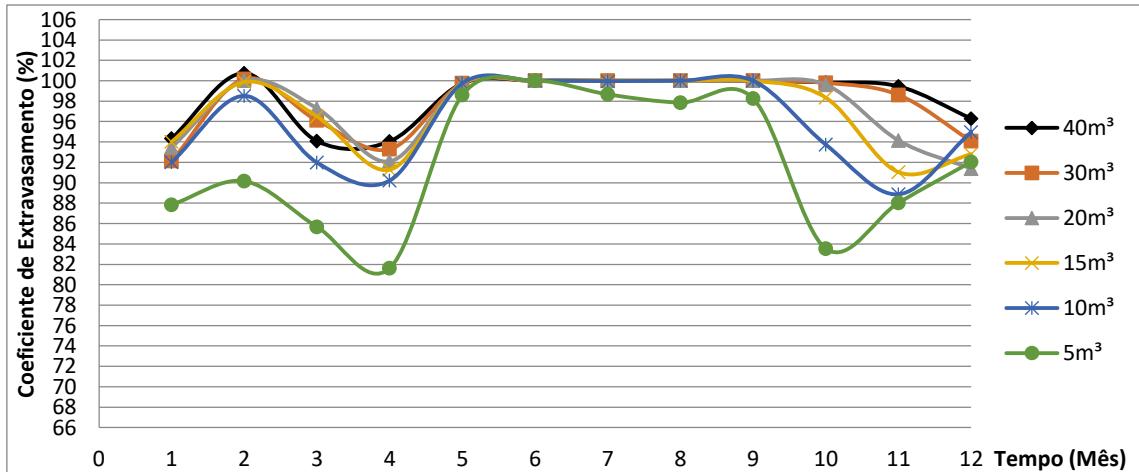


Gráfico 12: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m² - C = 0,90 – Brasília (DF).

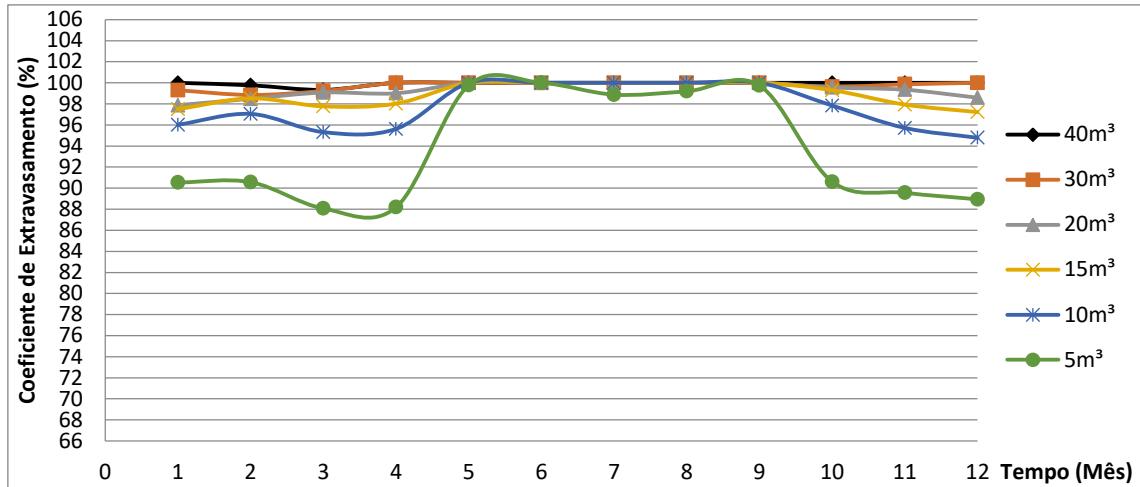


Gráfico 13: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m² - C = 0,85 – Brasília (DF).

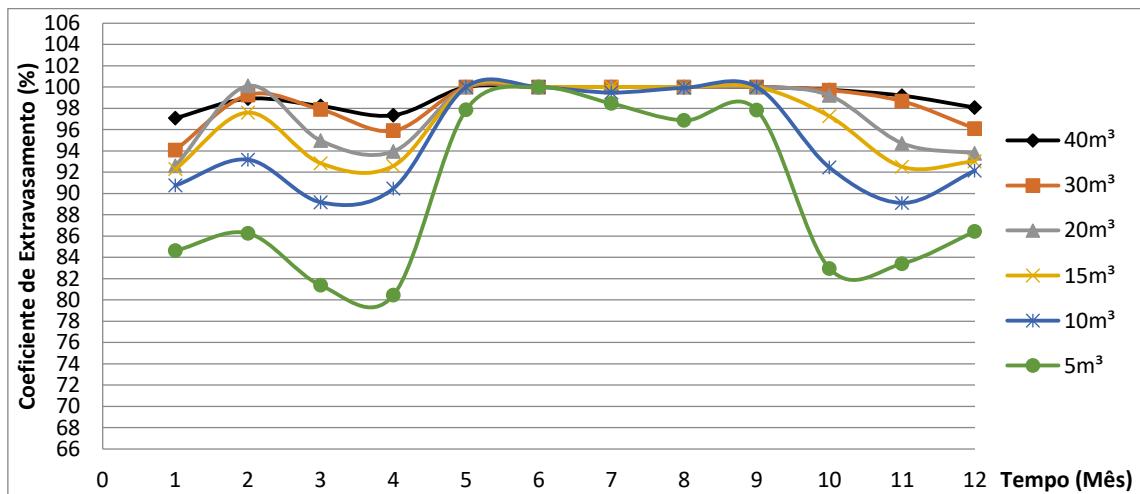


Gráfico 14: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m² - C = 0,85 – Brasília (DF).

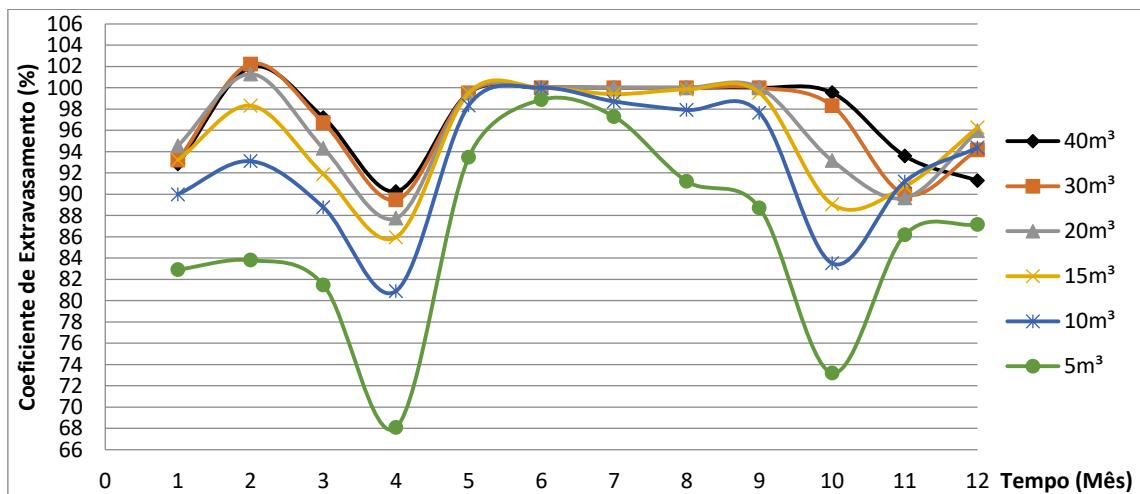


Gráfico 15: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 300m² - C = 0,85 – Brasília (DF).

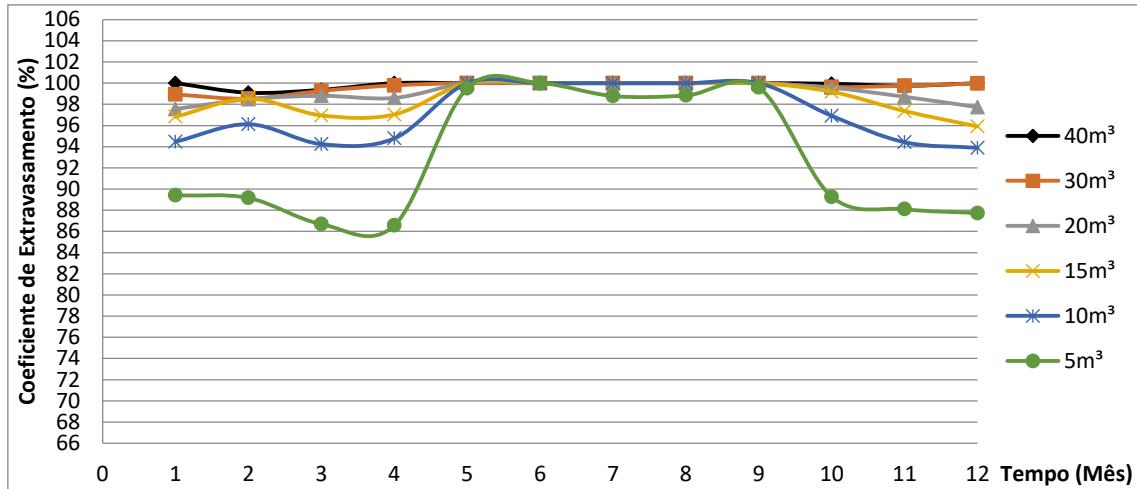


Gráfico 16: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m² - C = 0,90 – Brasília (DF).

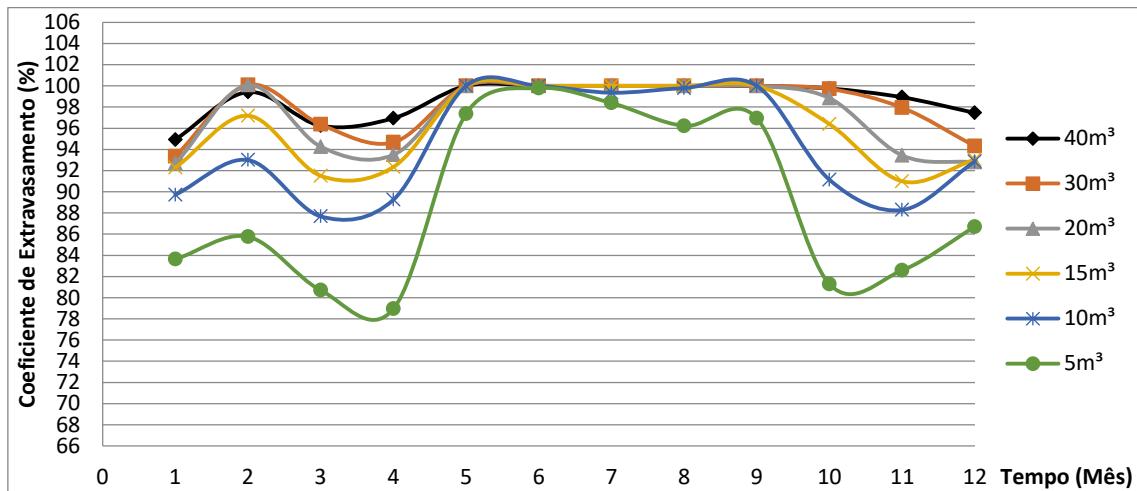


Gráfico 17: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m² - C = 0,90 – Brasília (DF).

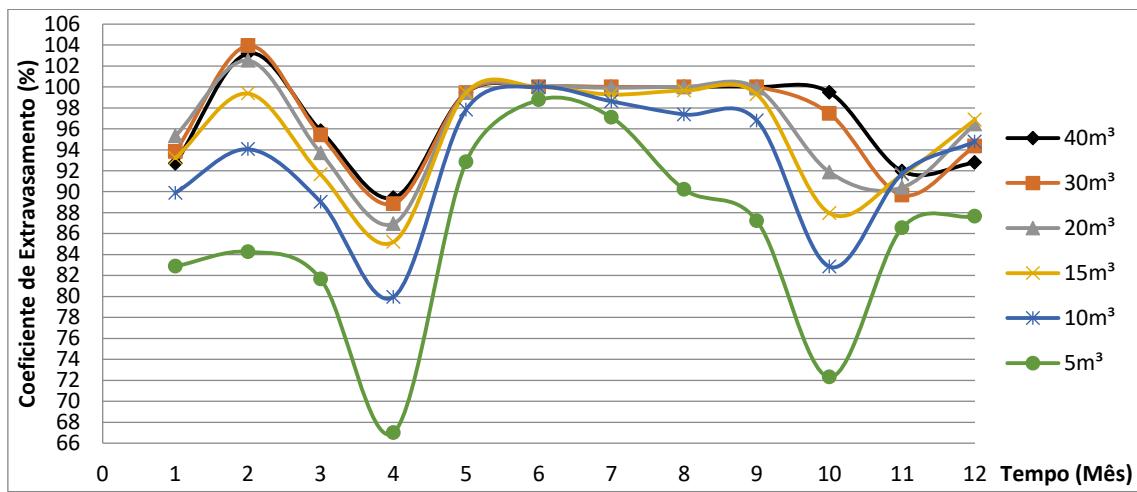


Gráfico 18: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 300m² - C = 0,90 – Brasília (DF).

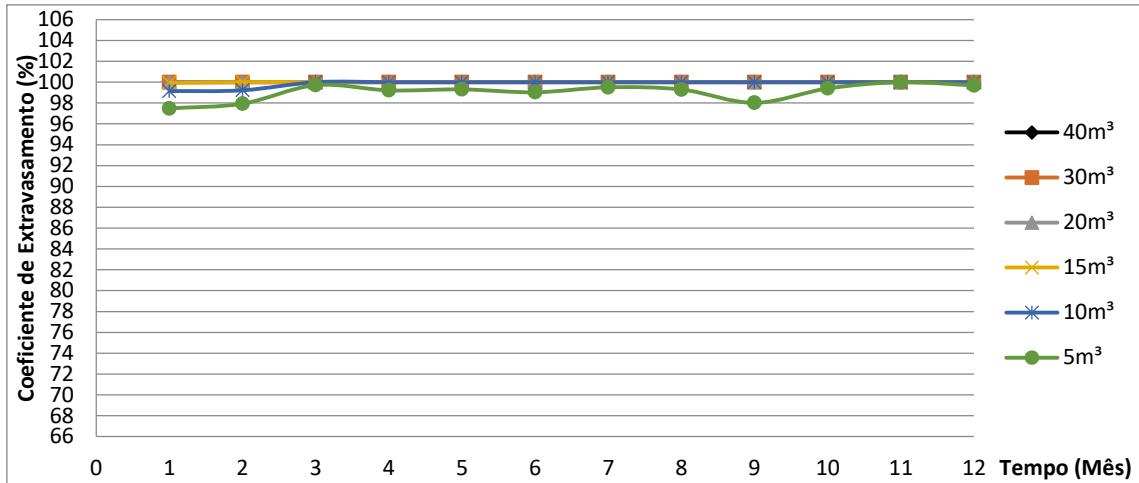


Gráfico 19: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m² - C = 0,85 – Curitiba (PR).

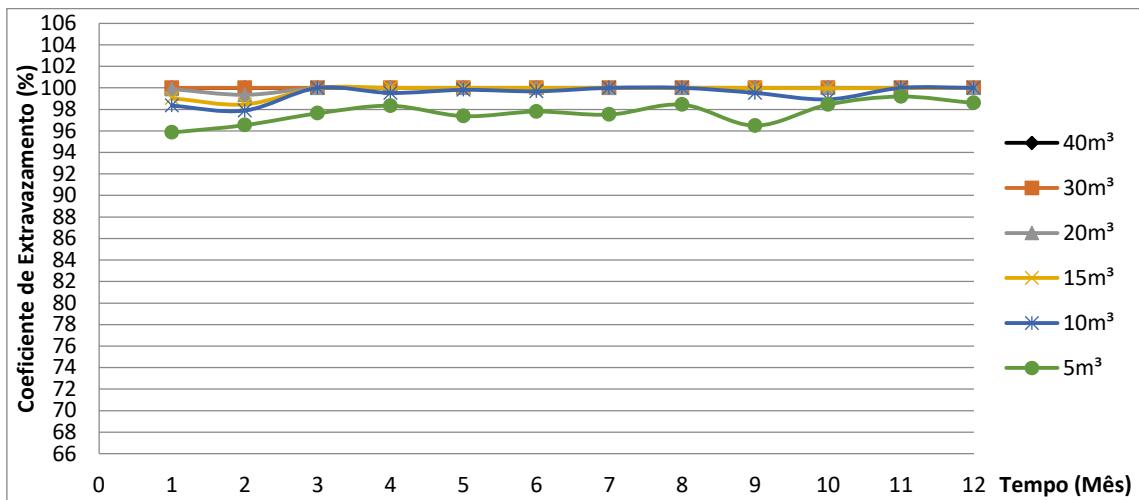


Gráfico 20: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m² - C = 0,85 – Curitiba (PR).

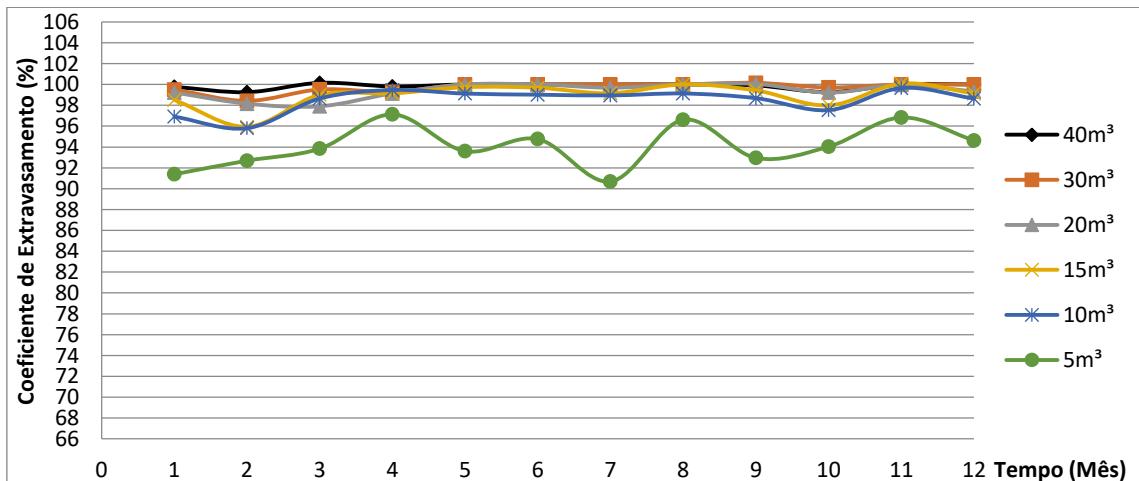


Gráfico 21: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m² - C = 0,85 – Curitiba (PR).

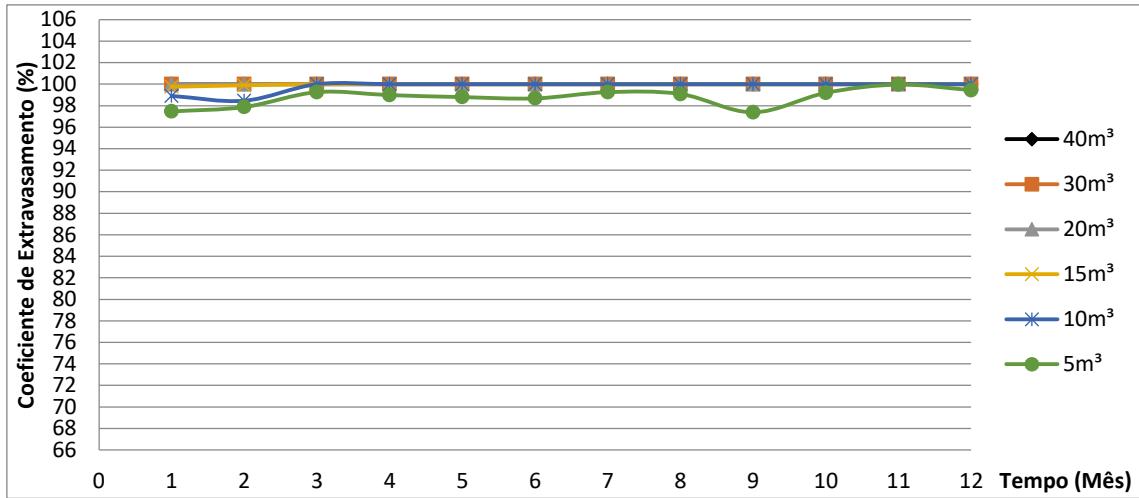


Gráfico 22: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m² - C = 0,90 – Curitiba (PR).

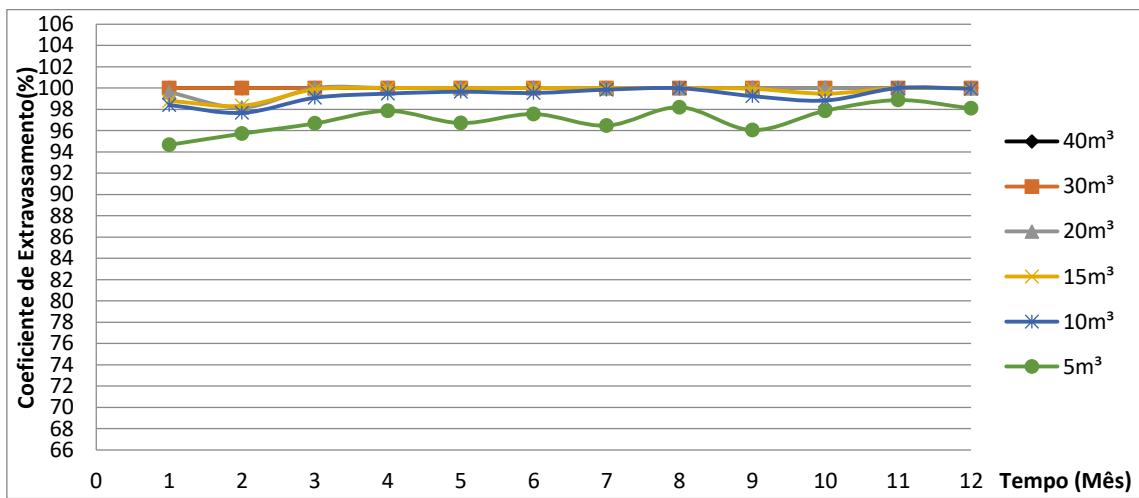


Gráfico 23: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m² - C = 0,90 – Curitiba (PR).

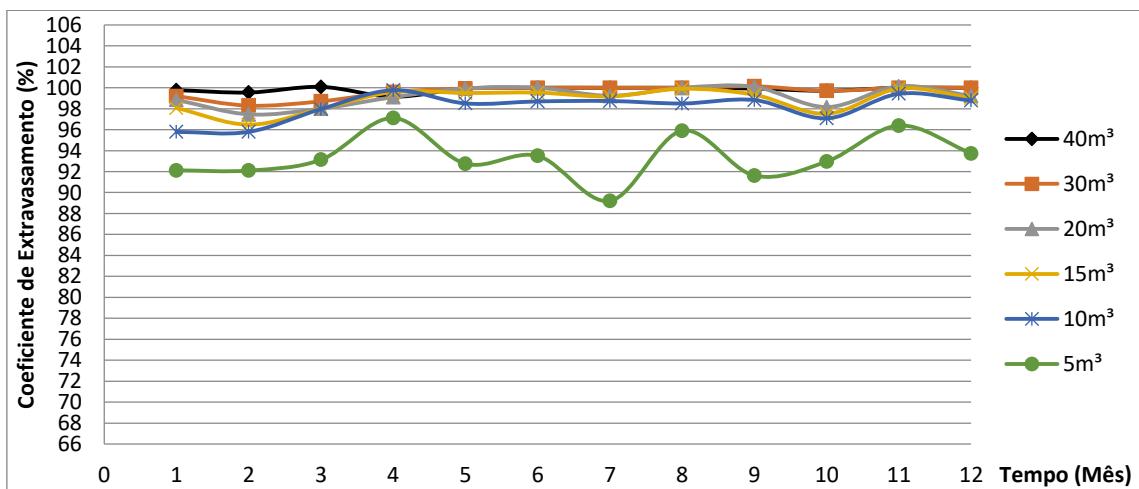


Gráfico 24: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m² - C = 0,90 – Curitiba (PR).

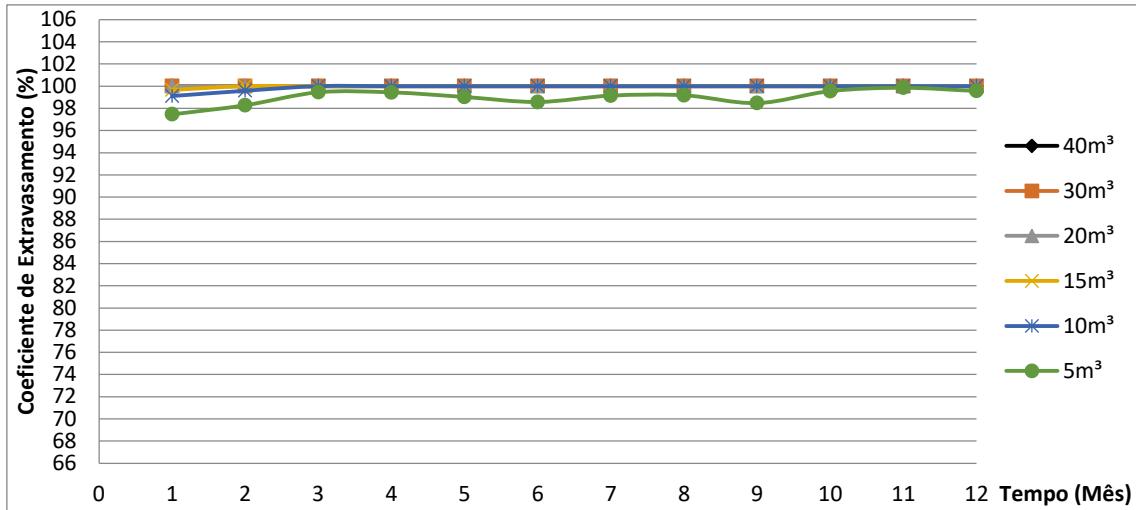


Gráfico 25: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m² - C = 0,85 – Curitiba (PR).

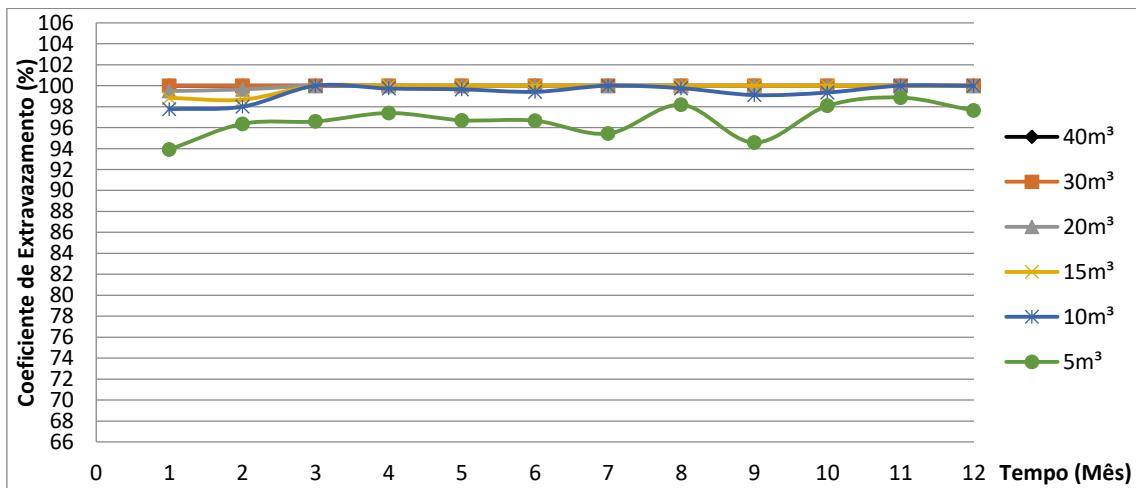


Gráfico 26: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m² - C = 0,85 – Curitiba (PR).

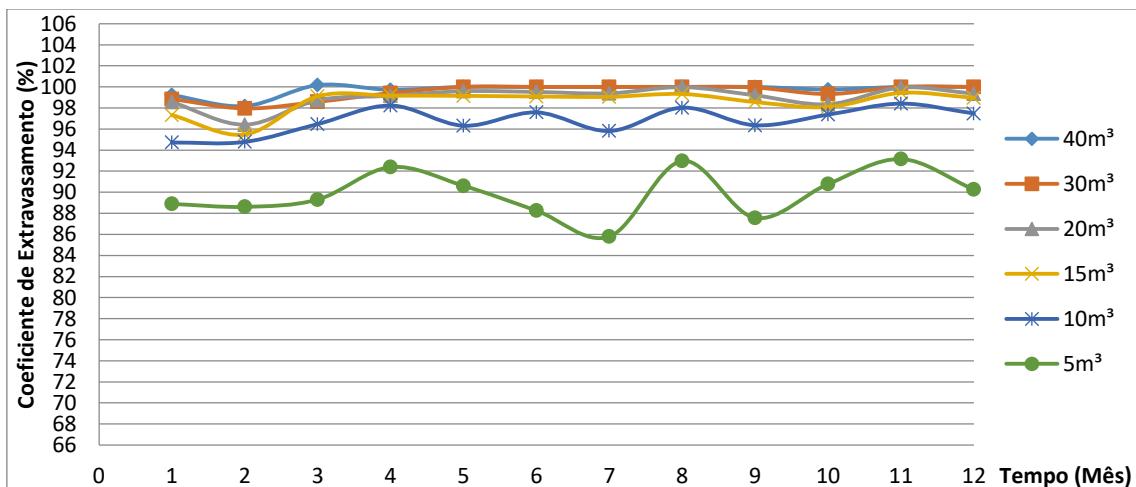


Gráfico 27: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m² - C = 0,85 – Curitiba (PR).

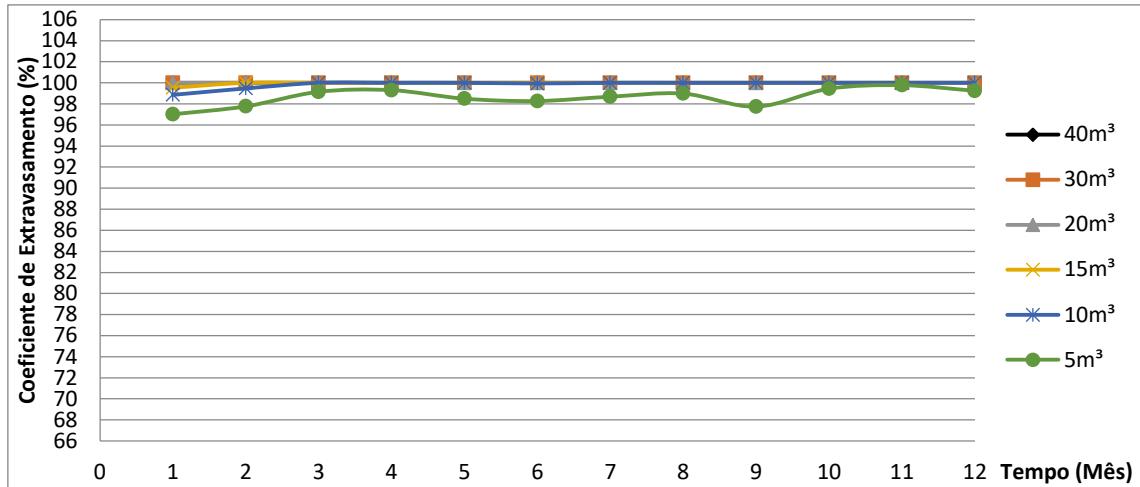


Gráfico 28: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m² - C = 0,90 – Curitiba (PR).

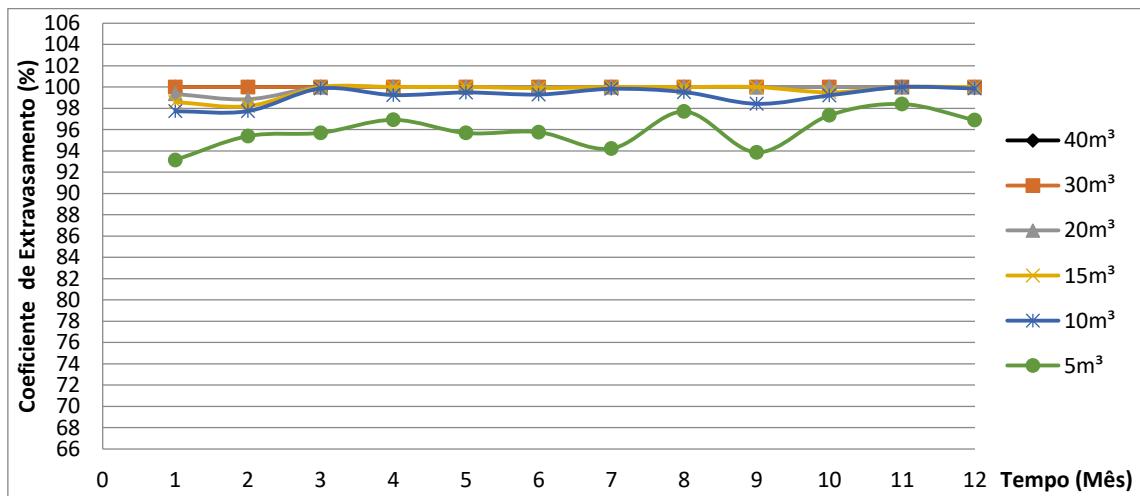


Gráfico 29: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m² - C = 0,90 – Curitiba (PR).

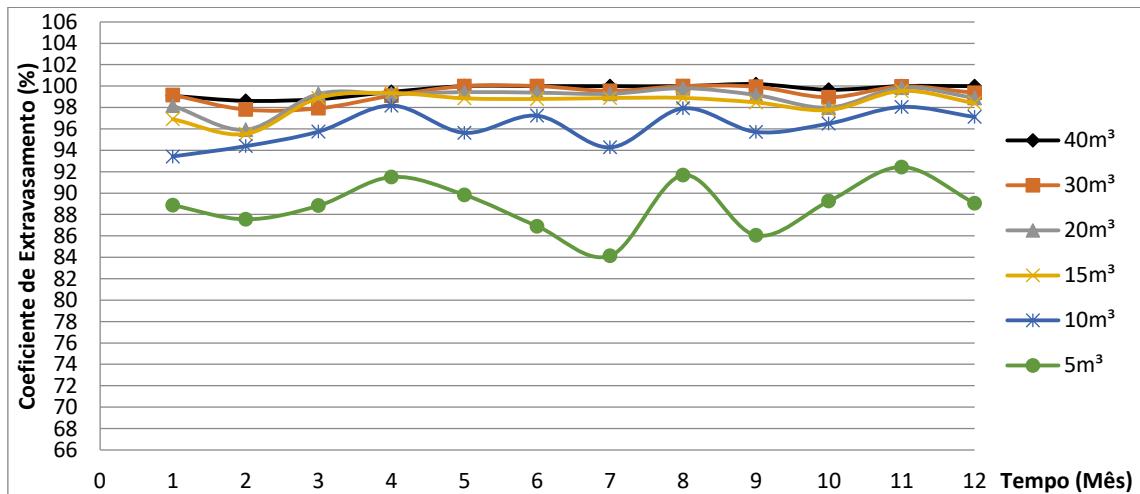


Gráfico 30: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m² - C = 0,90 – Curitiba (PR).

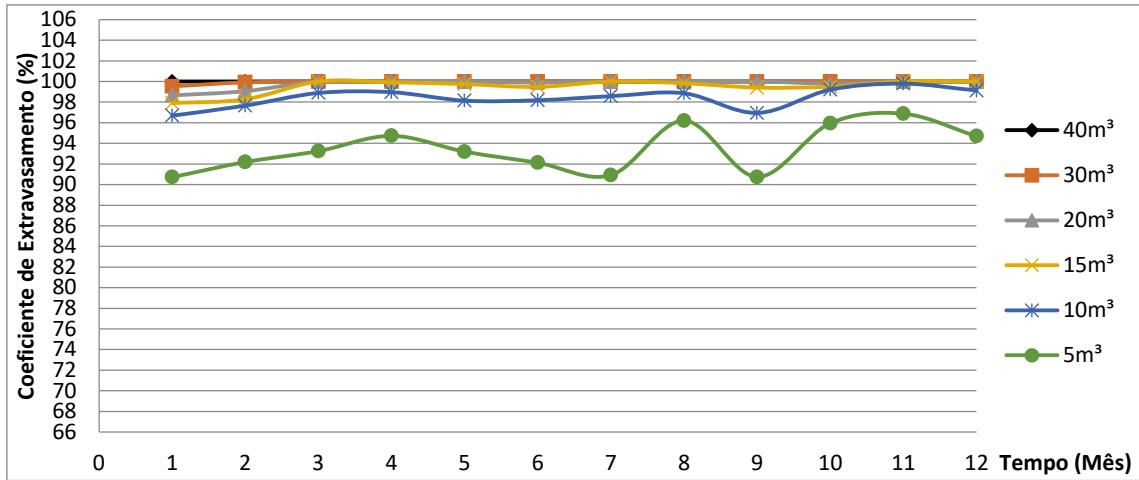


Gráfico 31: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m² - C = 0,85 – Curitiba (PR).

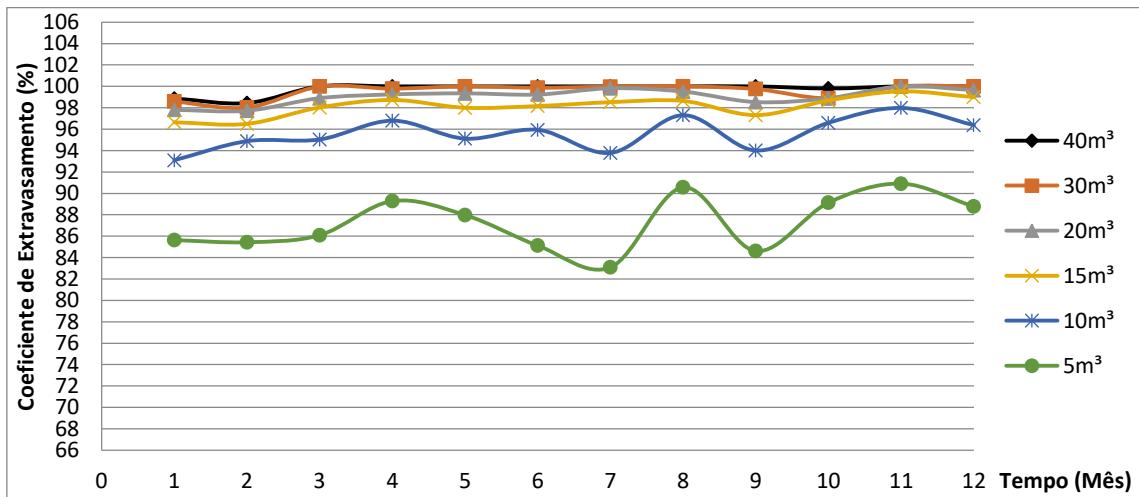


Gráfico 32: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m² - C = 0,85 – Curitiba (PR).

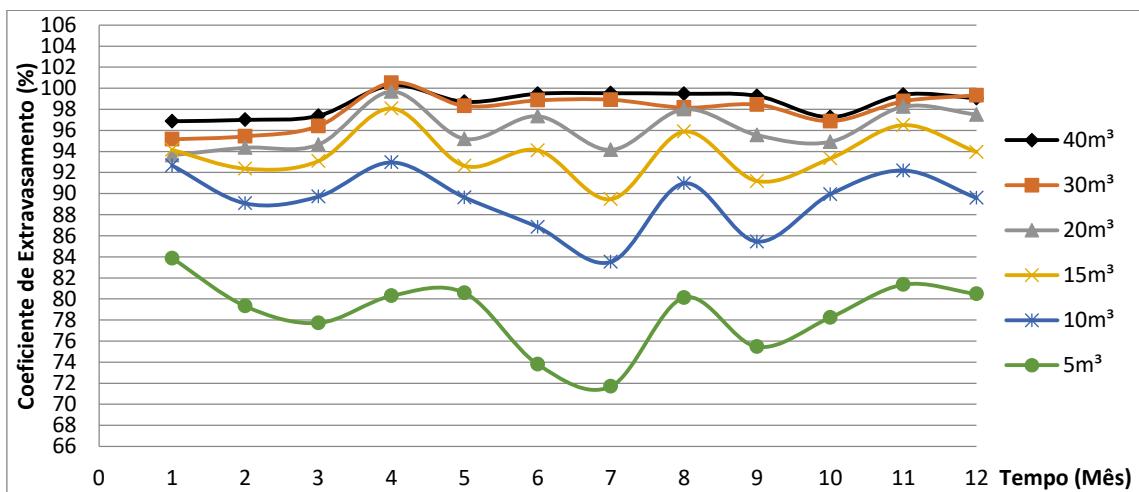


Gráfico 33: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 300m² - C = 0,85 – Curitiba (PR).

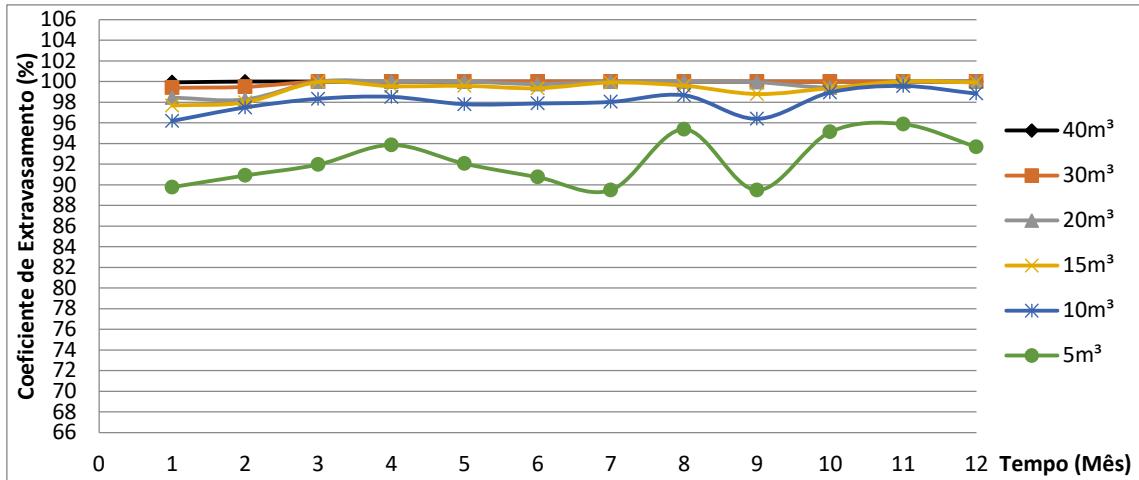


Gráfico 34: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m² - C = 0,90 – Curitiba (PR).

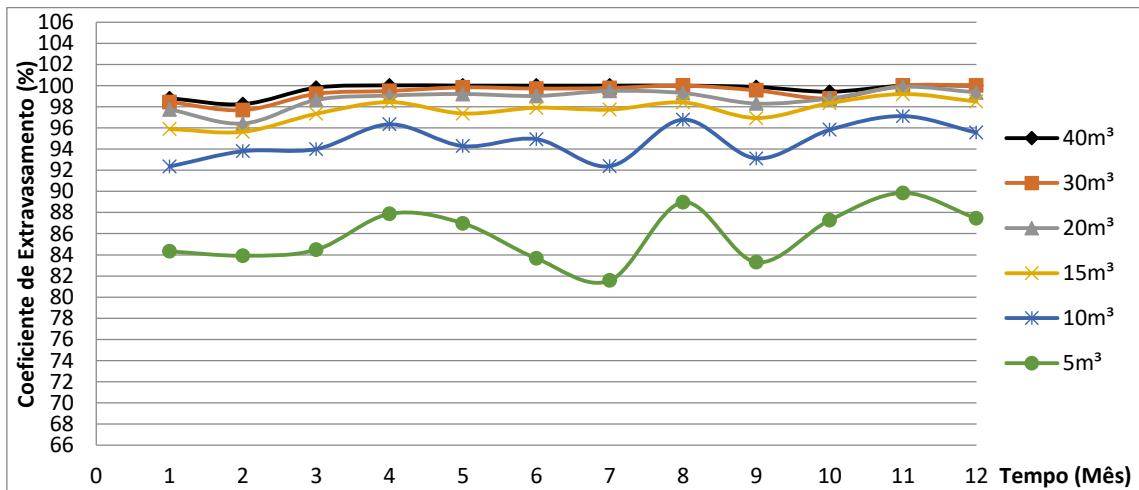


Gráfico 35: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m² - C = 0,90 – Curitiba (PR).

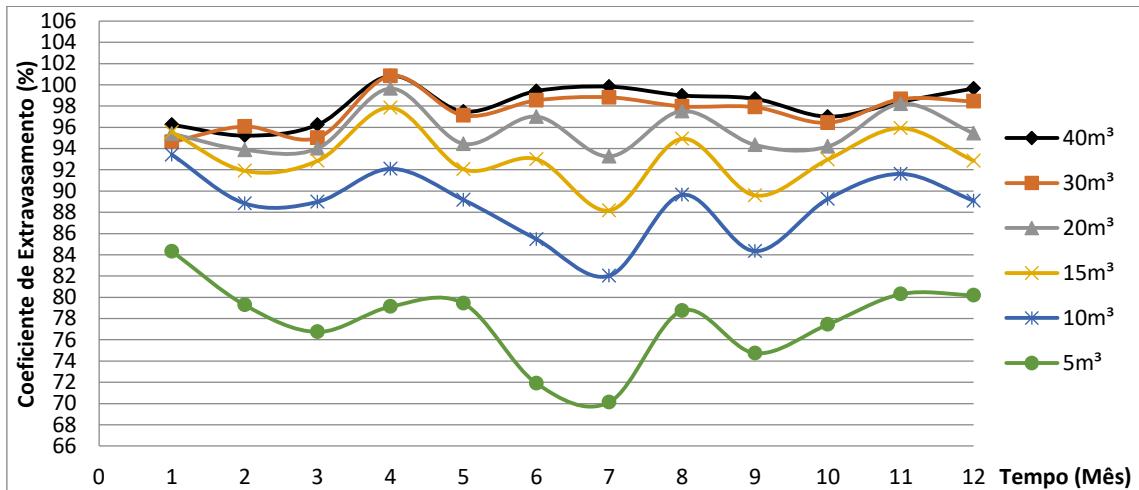


Gráfico 36: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 300m² - C = 0,90 – Curitiba (PR).

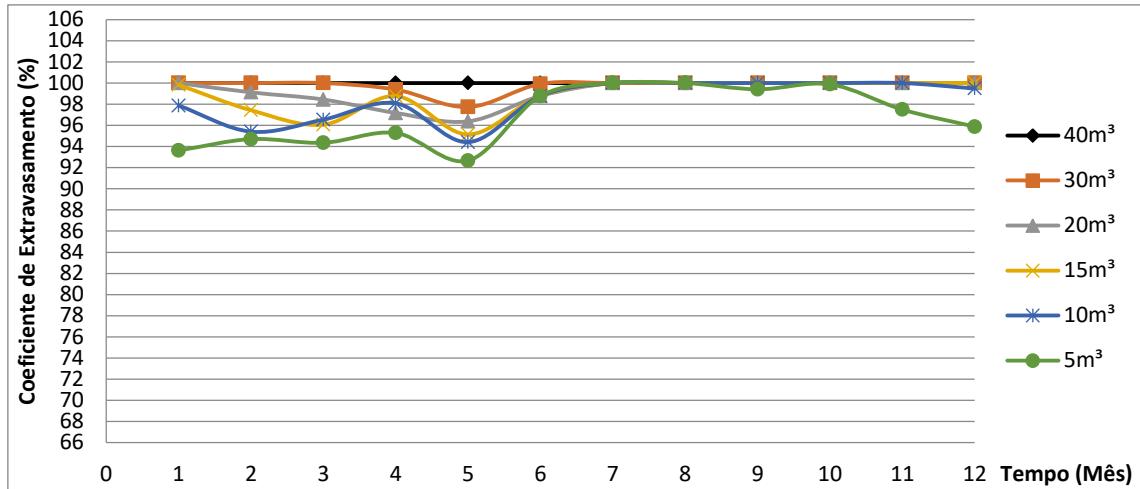


Gráfico 37: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m² - C = 0,85 – Manaus (AM).

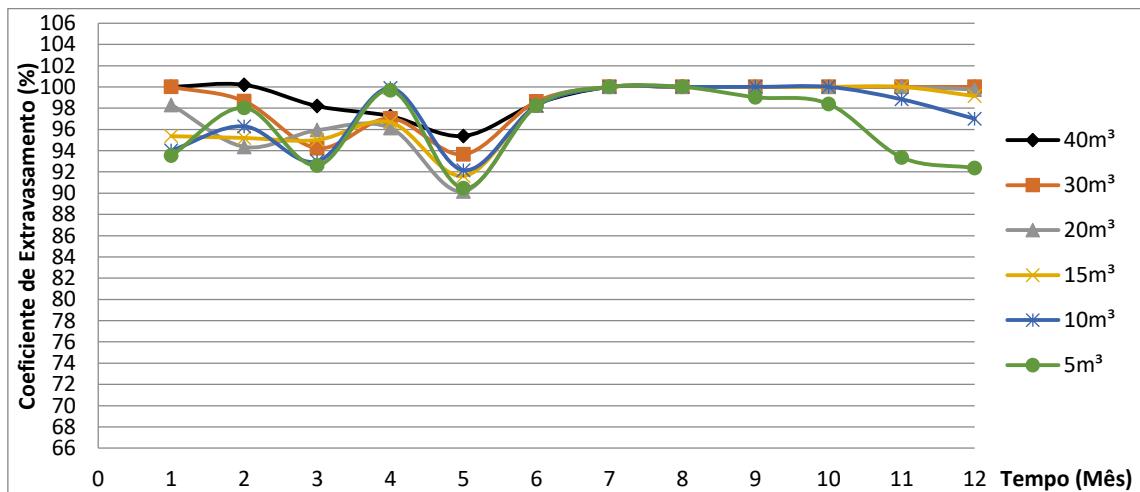


Gráfico 38: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m² - C = 0,85 – Manaus (AM).

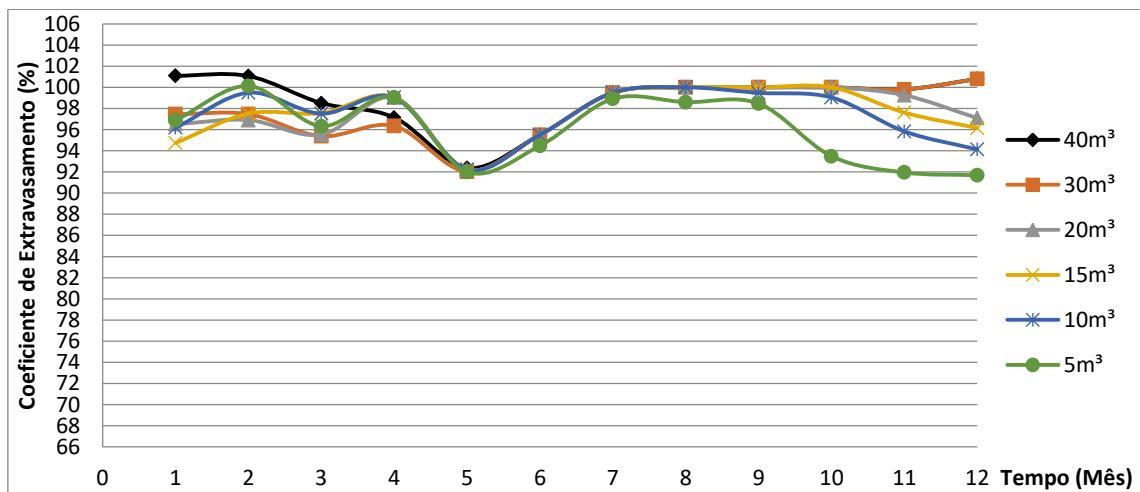


Gráfico 39: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m² - C = 0,85 – Manaus (AM).

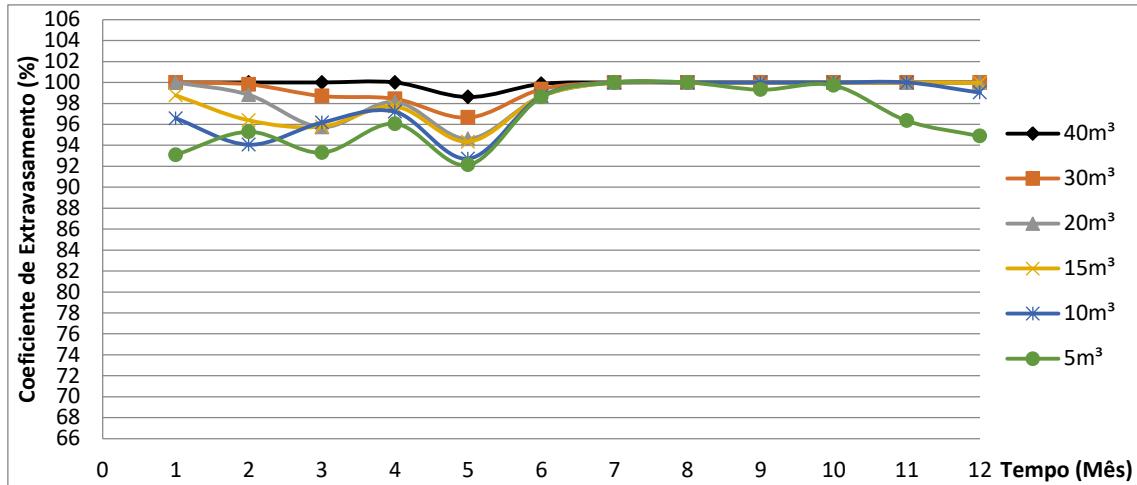


Gráfico 40: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m² - C = 0,90 – Manaus (AM).

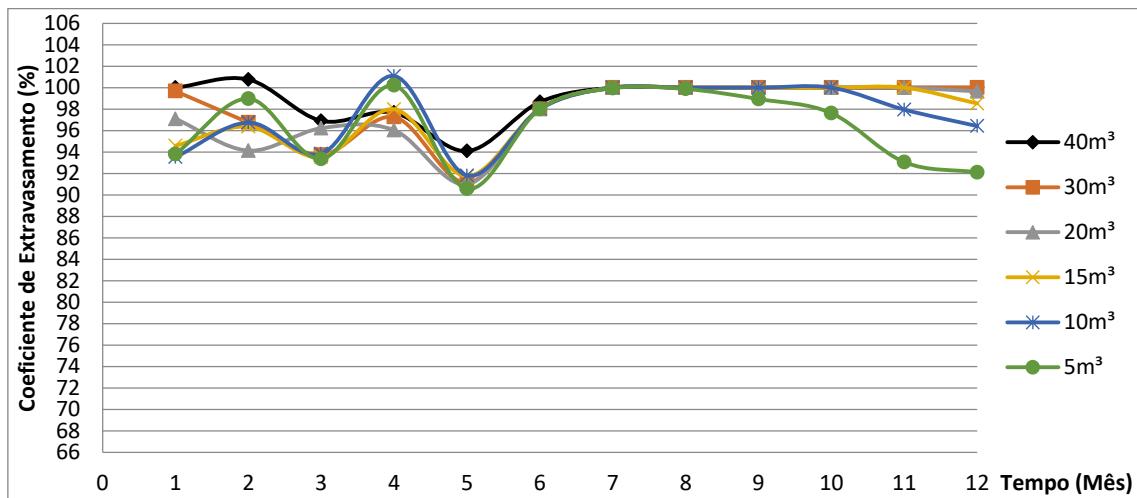


Gráfico 41: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m² - C = 0,90 – Manaus (AM).

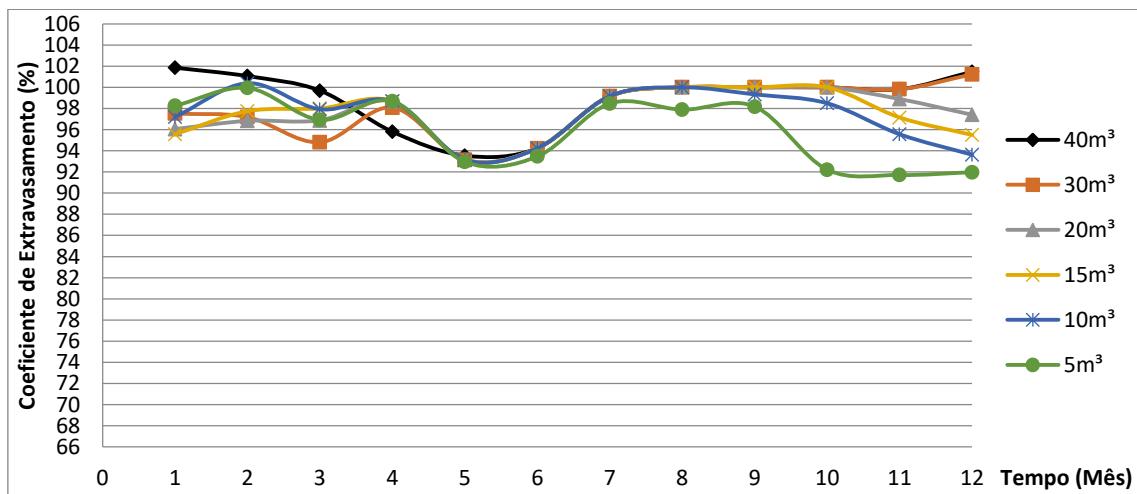


Gráfico 42: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m² - C = 0,90 – Manaus (AM).

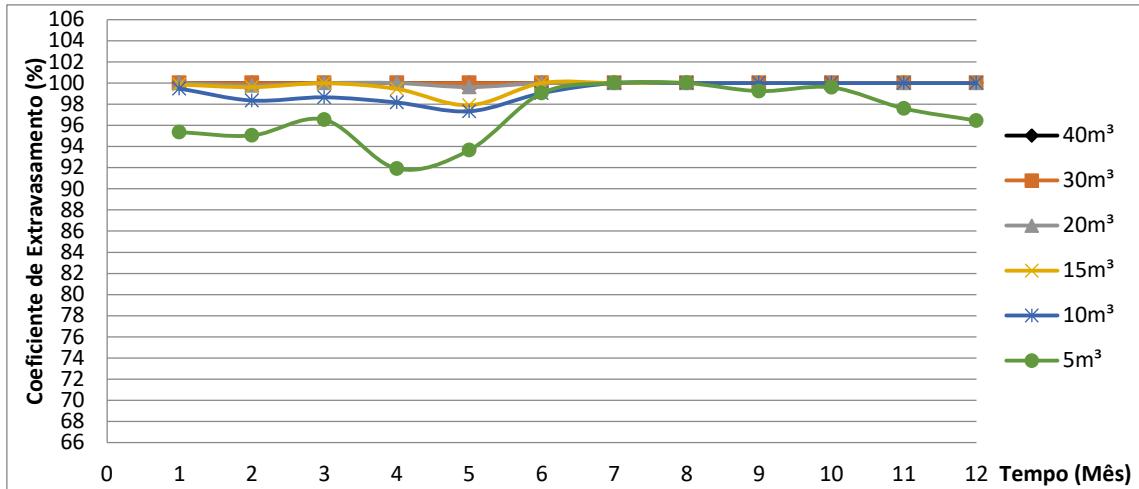


Gráfico 43: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m² - C = 0,85 – Manaus (AM).

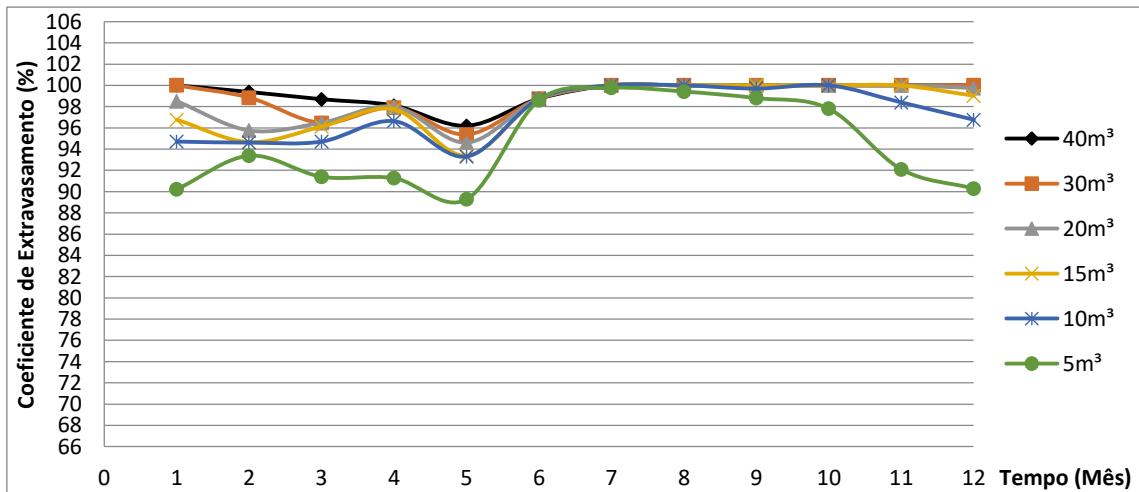


Gráfico 44: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m² - C = 0,85 – Manaus (AM).

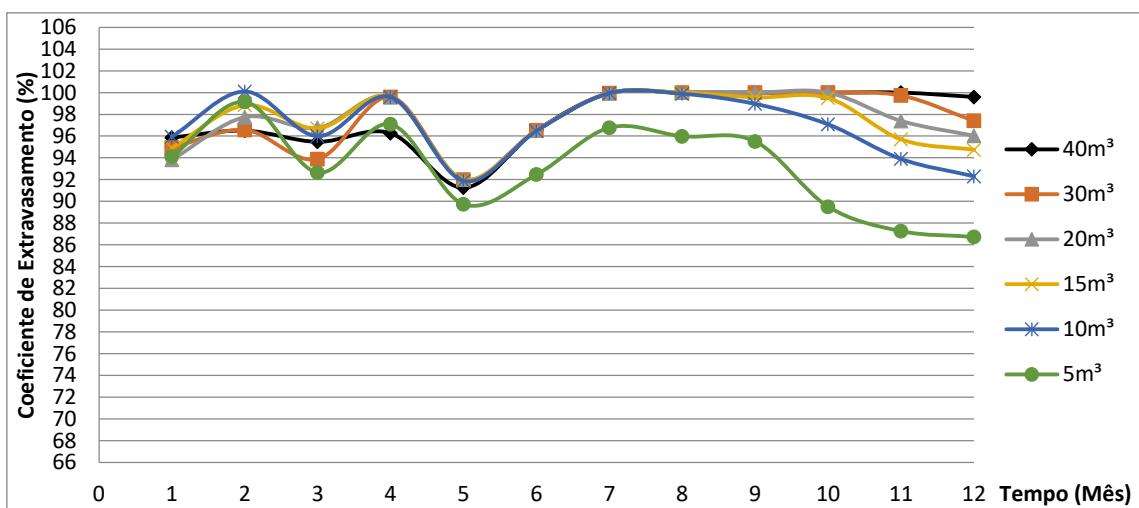


Gráfico 45: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m² - C = 0,85 – Manaus (AM).

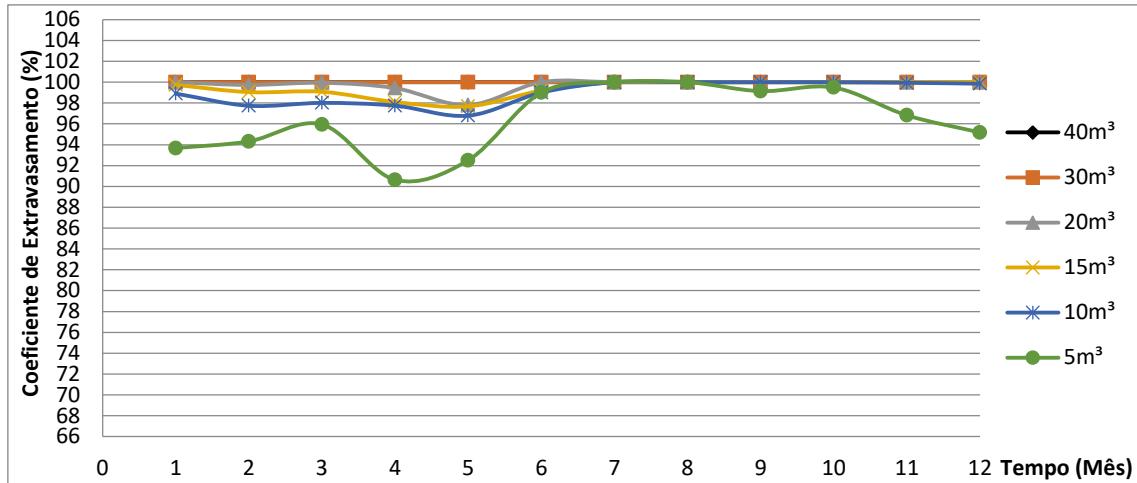


Gráfico 46: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m² - C = 0,90 – Manaus (AM).

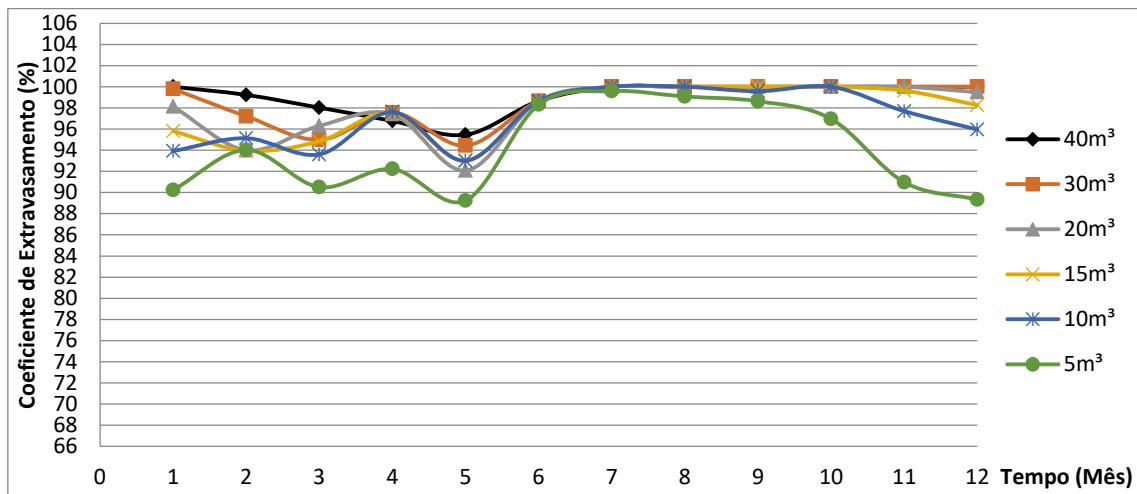


Gráfico 47: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m² - C = 0,90 – Manaus (AM).

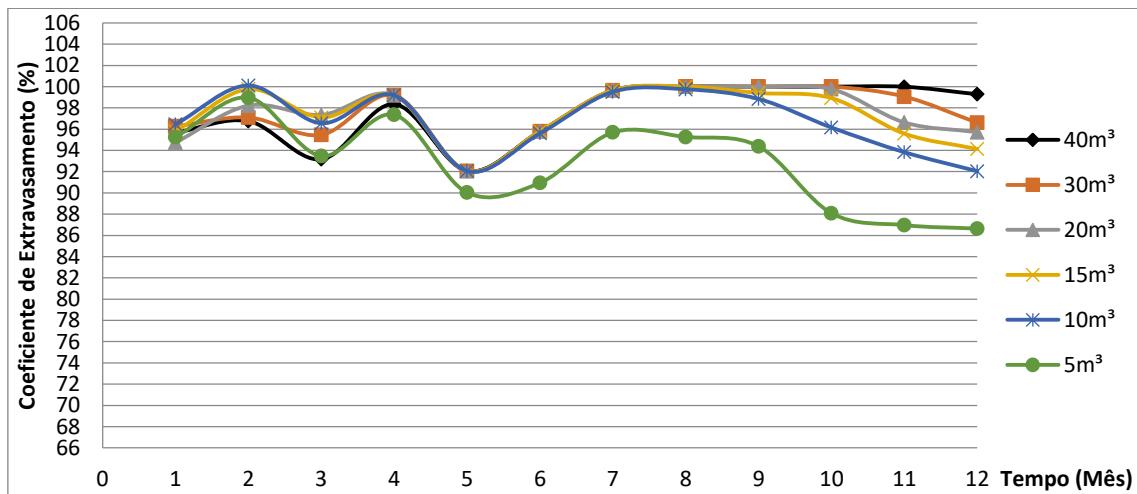


Gráfico 48: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m² - C = 0,90 – Manaus (AM).

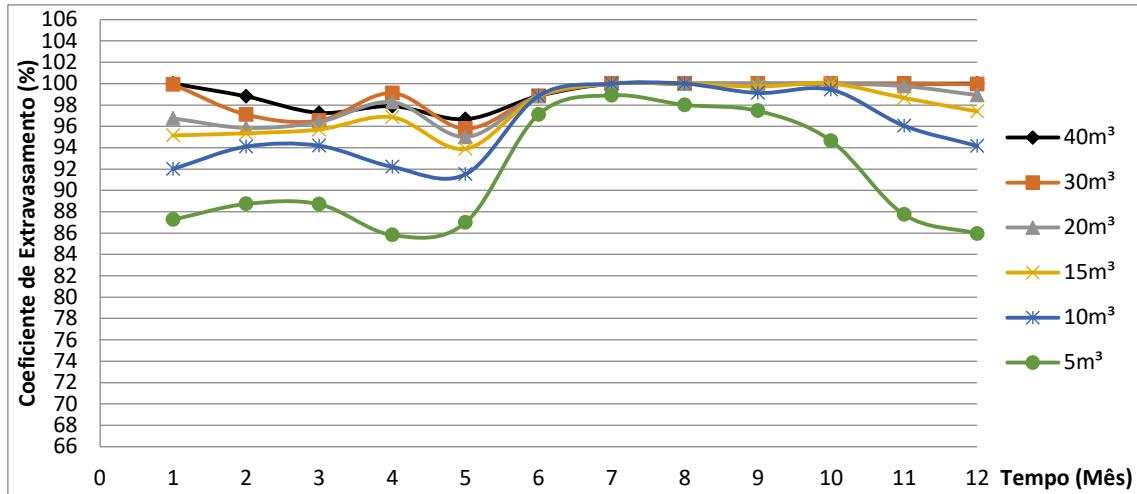


Gráfico 49: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m² - C = 0,85 – Manaus (AM).

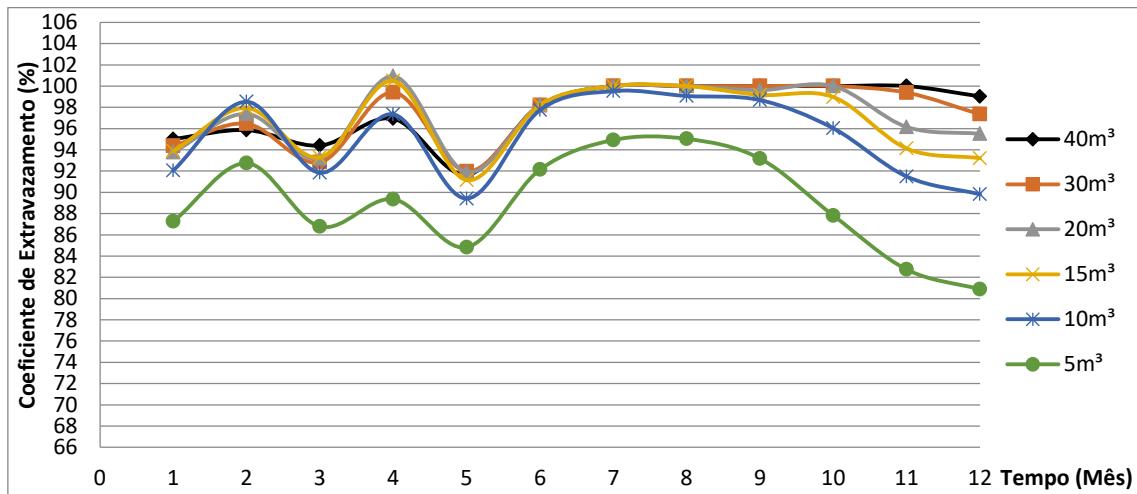


Gráfico 50: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m² - C = 0,85 – Manaus (AM).

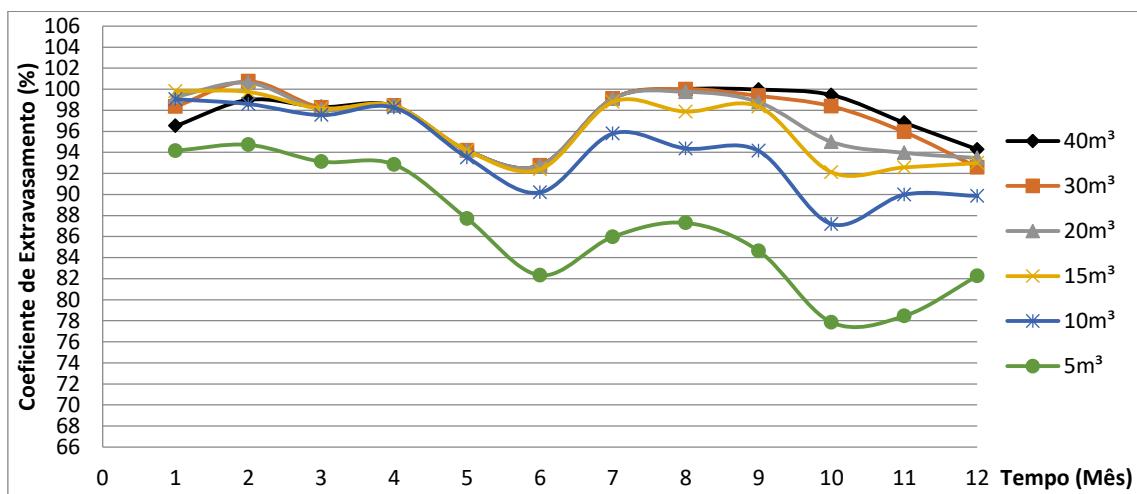


Gráfico 51: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 300m² - C = 0,85 – Manaus (AM).

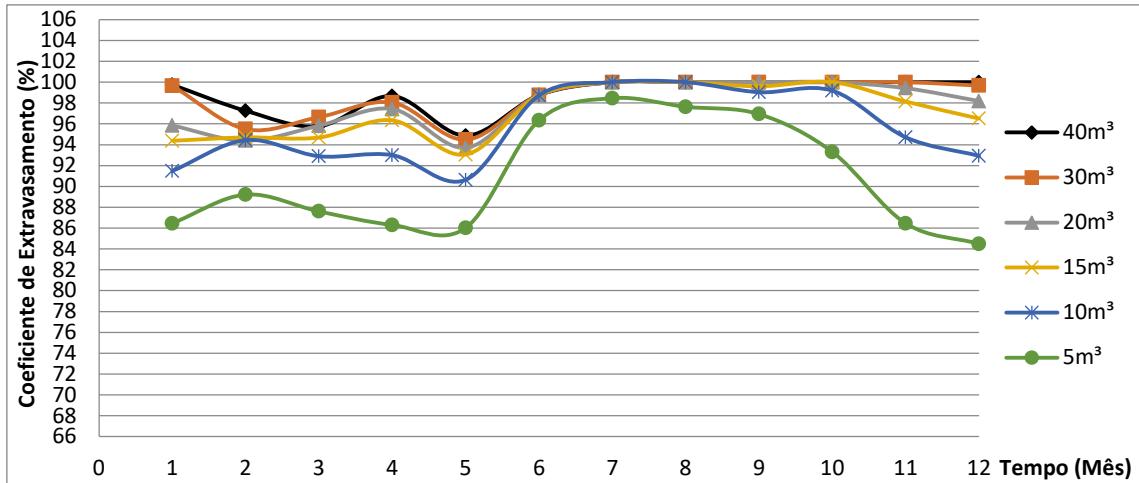


Gráfico 52: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m² - C = 0,90 – Manaus (AM).

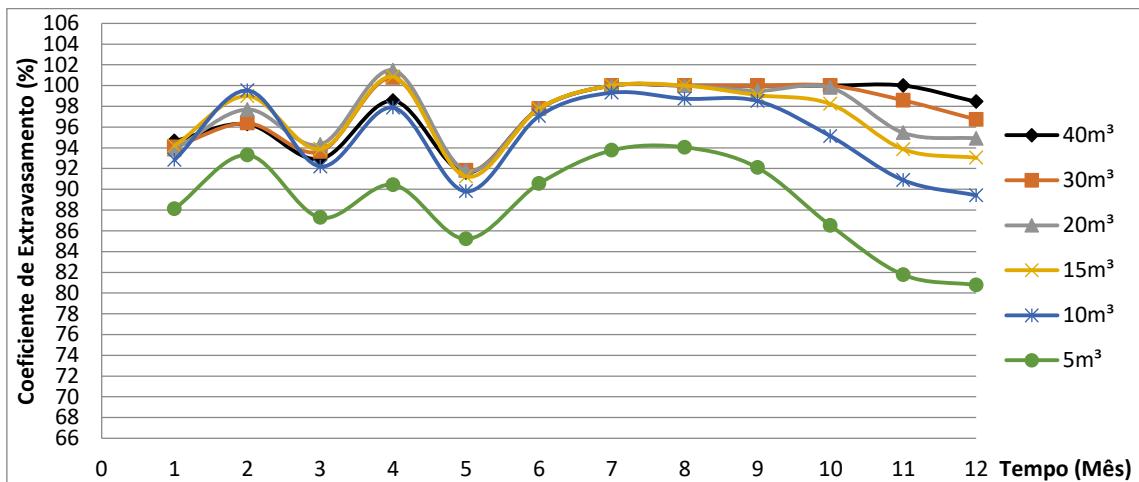


Gráfico 53: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m² - C = 0,90 – Manaus (AM).

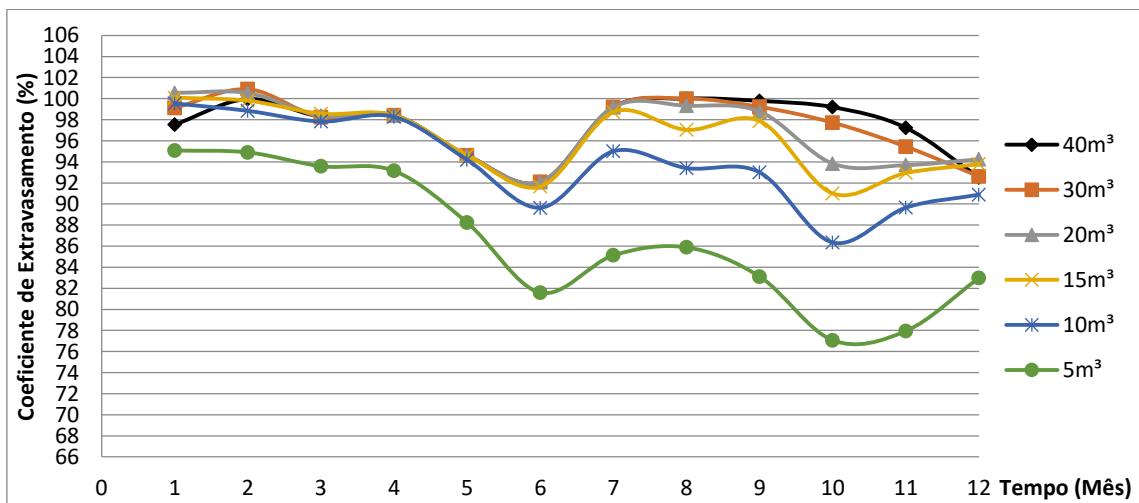


Gráfico 54: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 300m² - C = 0,90 – Manaus (AM).

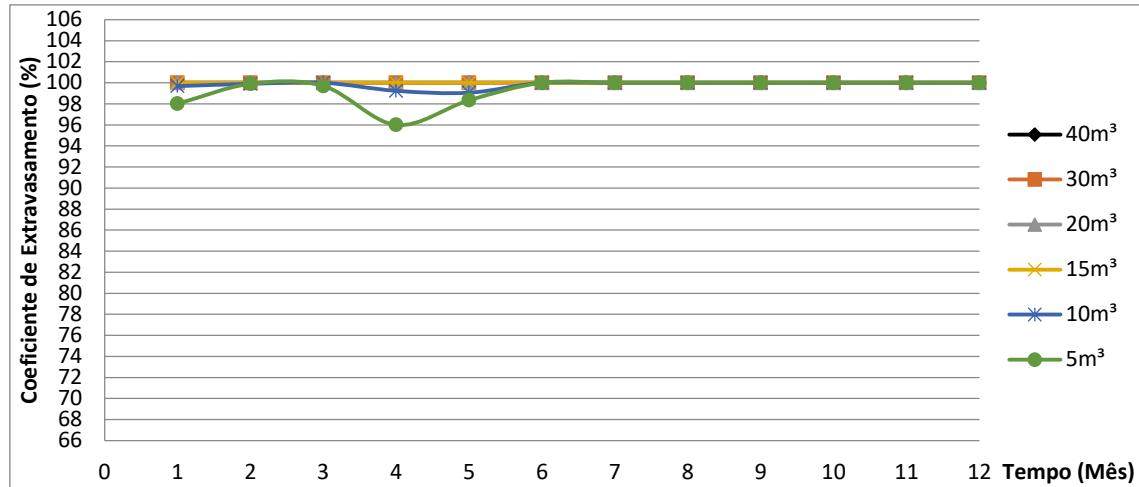


Gráfico 55: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m² - C = 0,85 – Quixeramobim (CE).

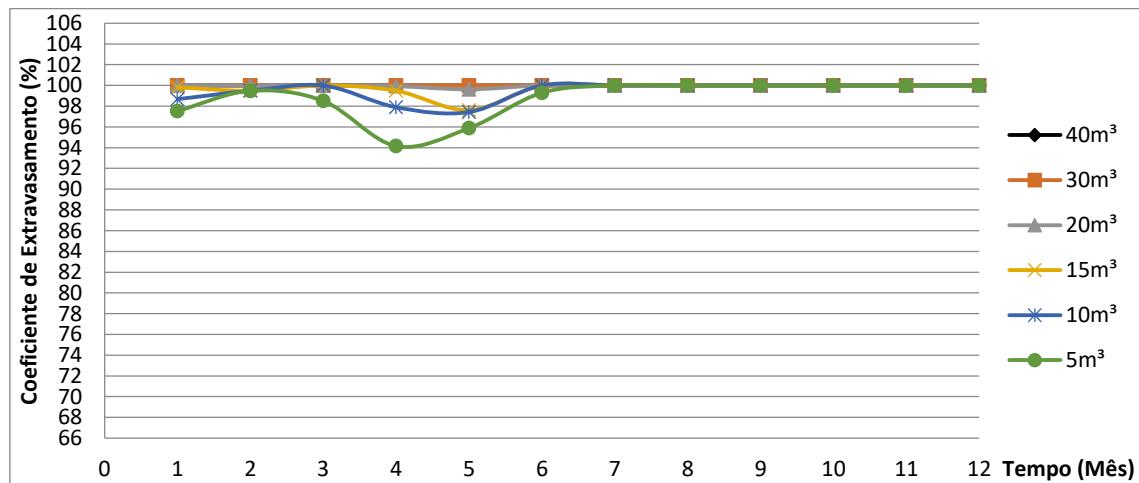


Gráfico 56: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m² - C = 0,85 – Quixeramobim (CE).

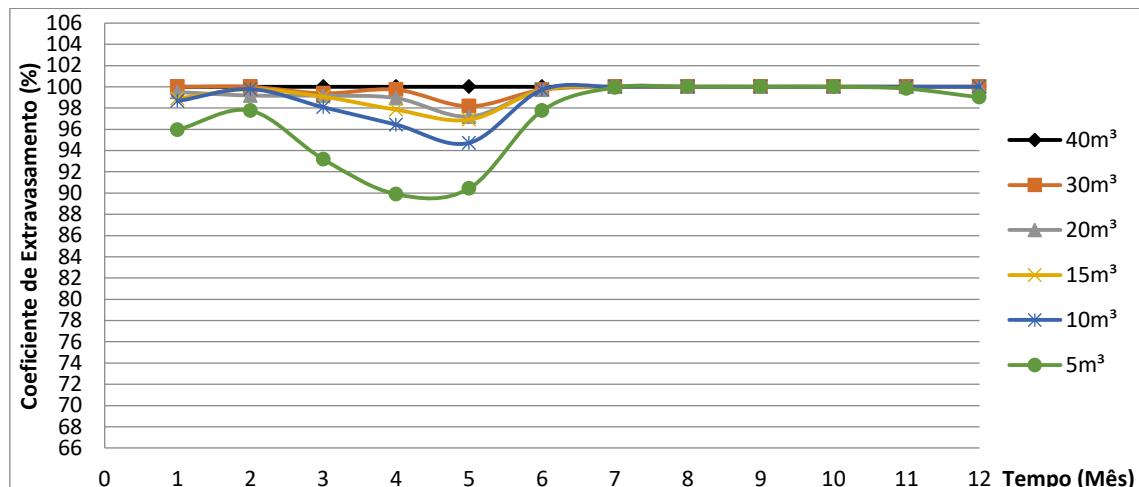


Gráfico 57: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m² - C = 0,85 – Quixeramobim (CE).

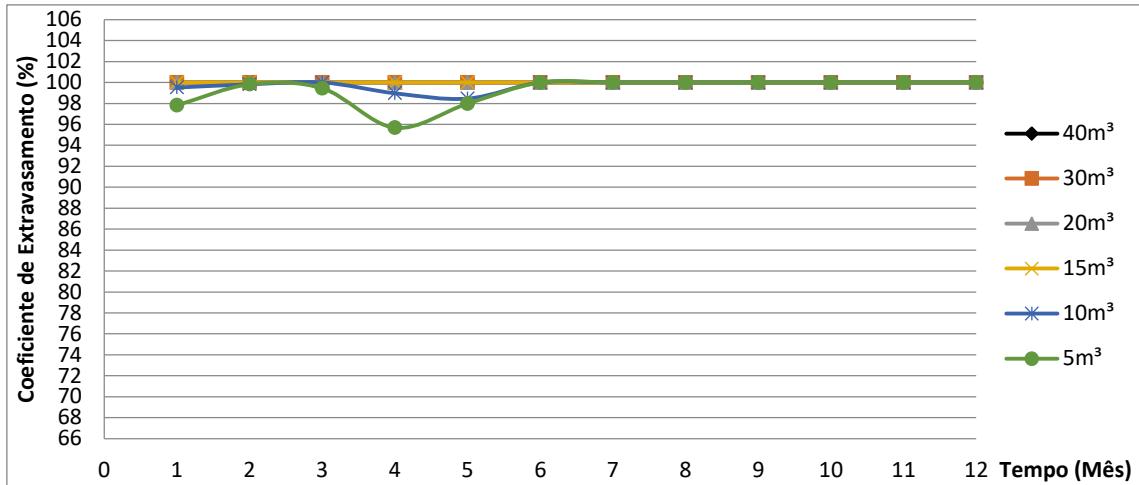


Gráfico 58: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m² - C = 0,90 – Quixeramobim (CE).

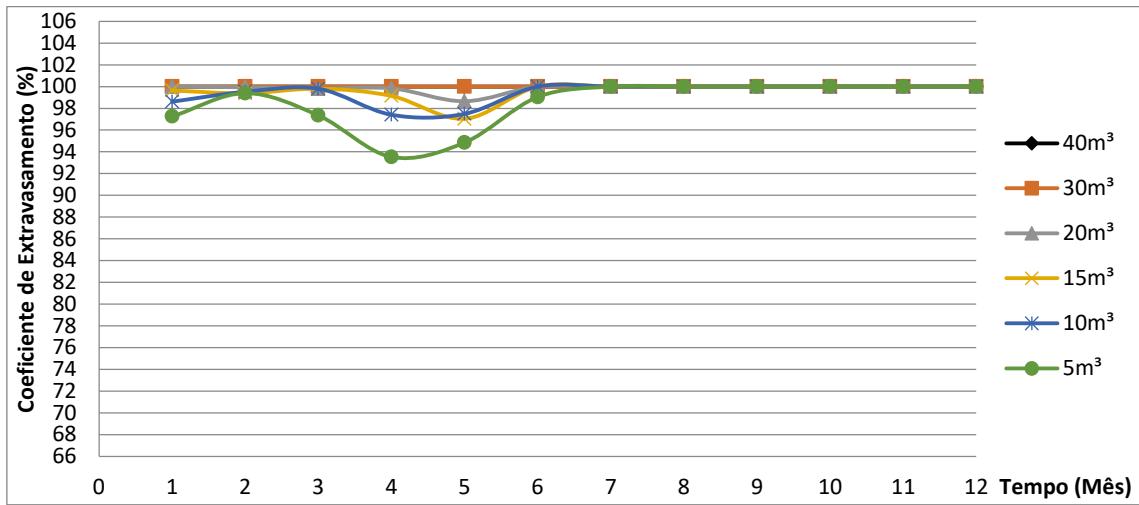


Gráfico 59: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m² - C = 0,90 – Quixeramobim (CE).

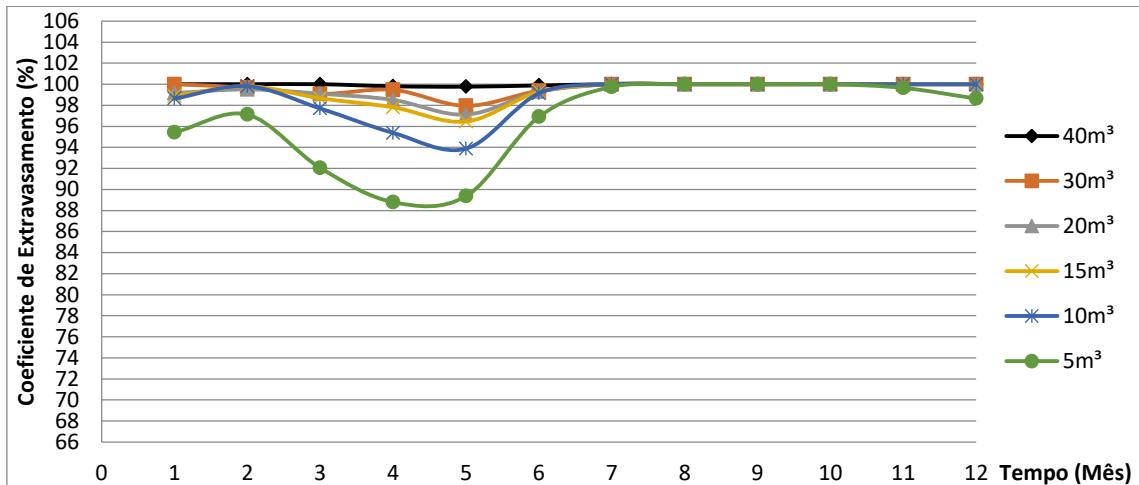


Gráfico 60: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m² - C = 0,90 – Quixeramobim (CE).

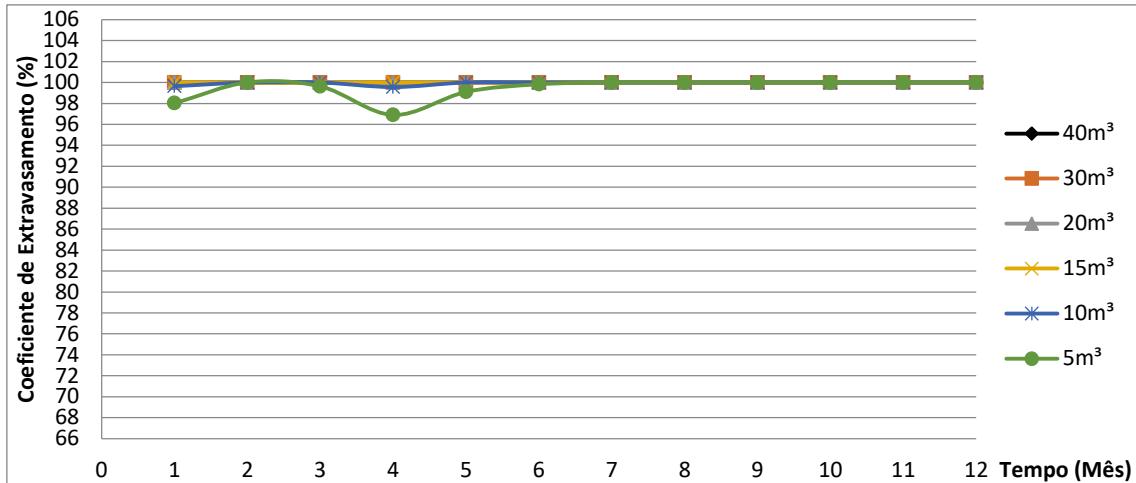


Gráfico 61: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m² - C = 0,85 – Quixeramobim (CE).

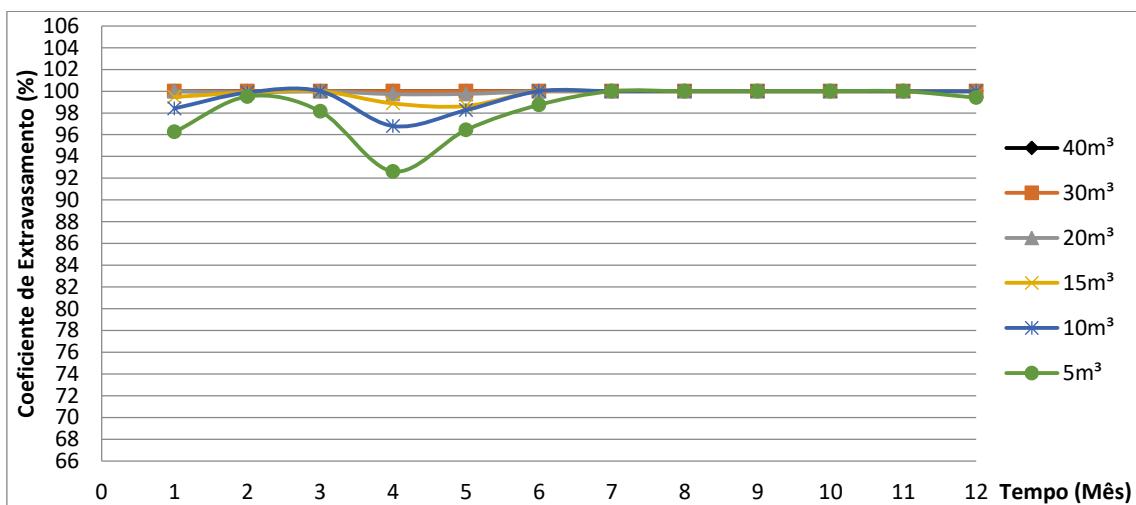


Gráfico 62: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m² - C = 0,85 – Quixeramobim (CE).

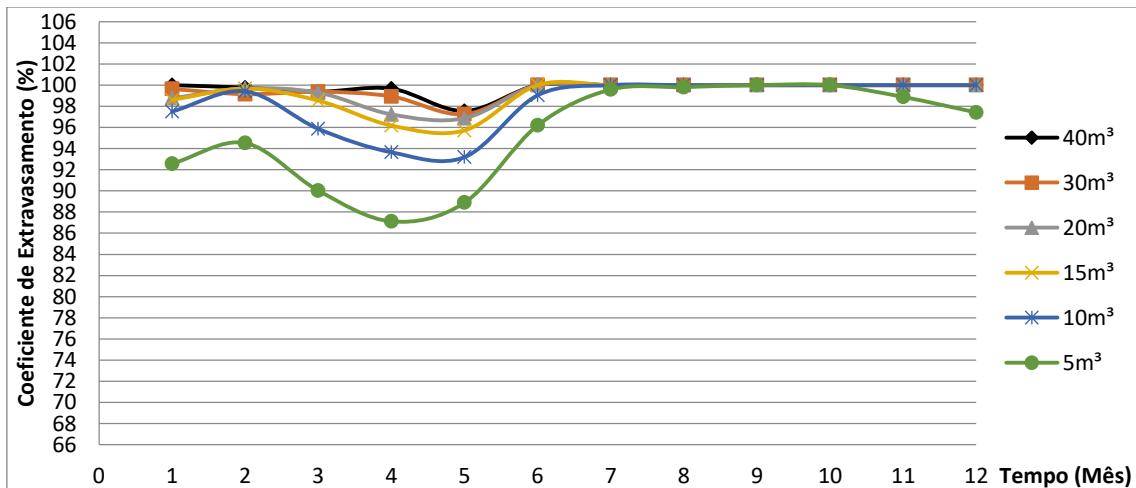


Gráfico 63: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m² - C = 0,85 – Quixeramobim (CE).

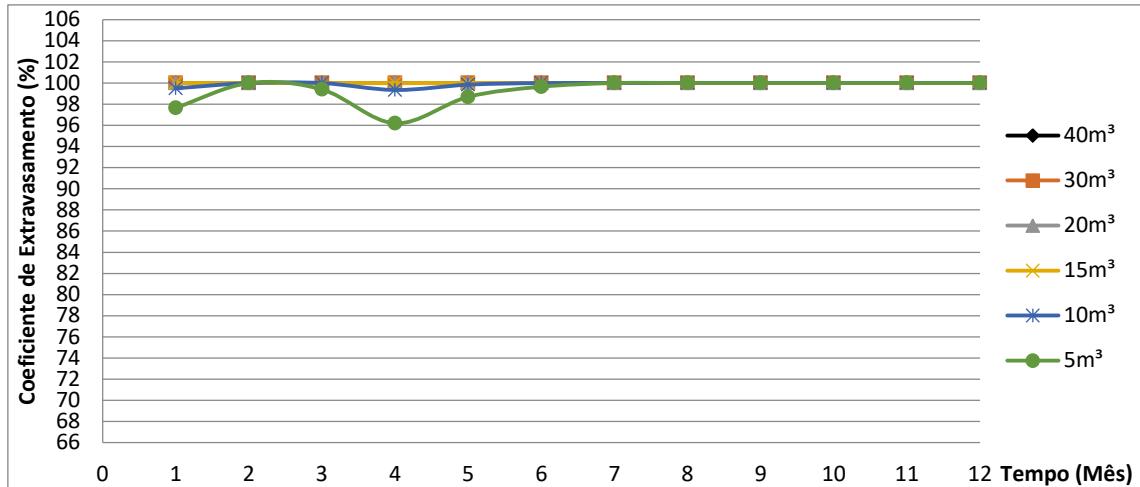


Gráfico 64: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m² - C = 0,90 – Quixeramobim (CE).

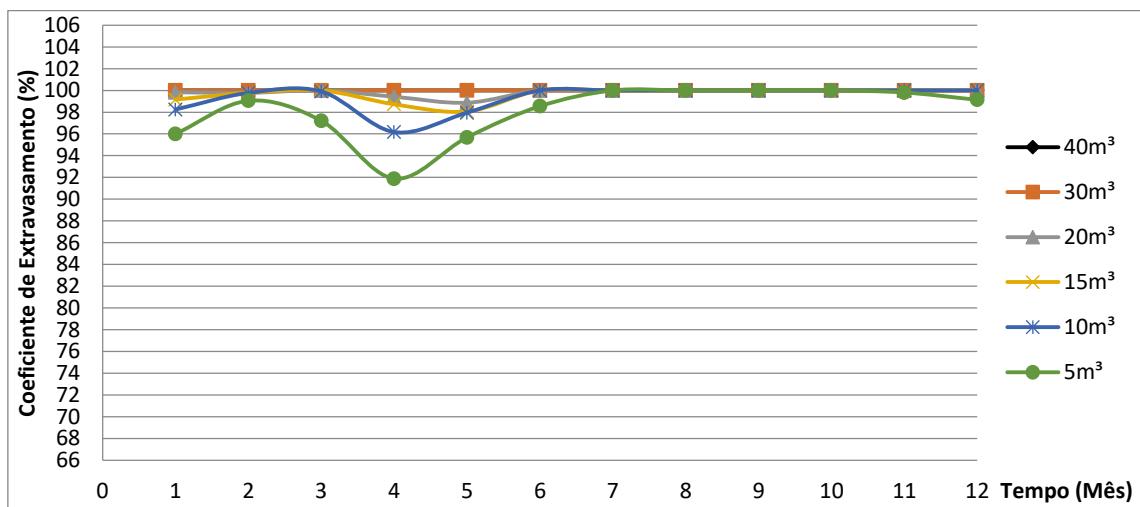


Gráfico 65: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m² - C = 0,90 – Quixeramobim (CE).

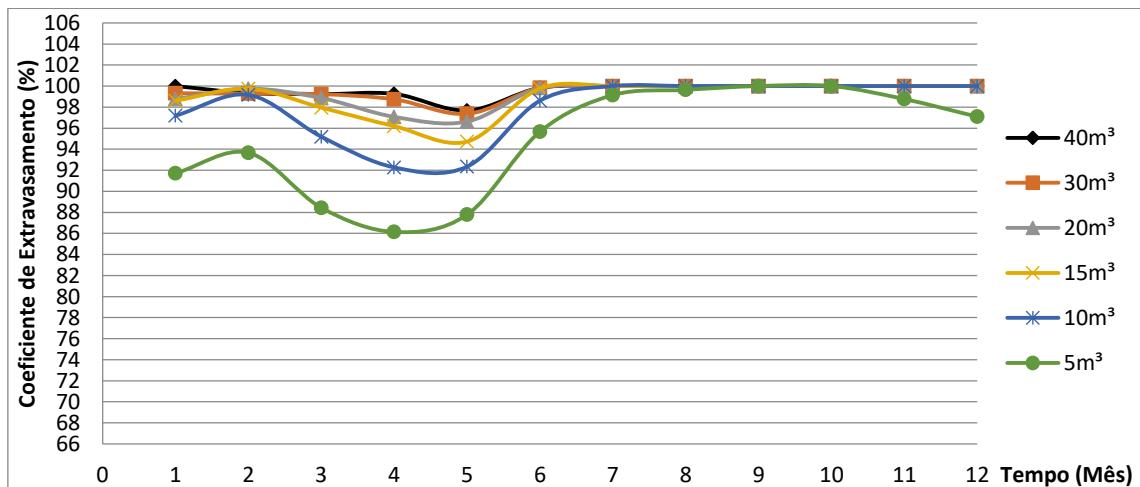


Gráfico 66: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m² - C = 0,90 – Quixeramobim (CE).

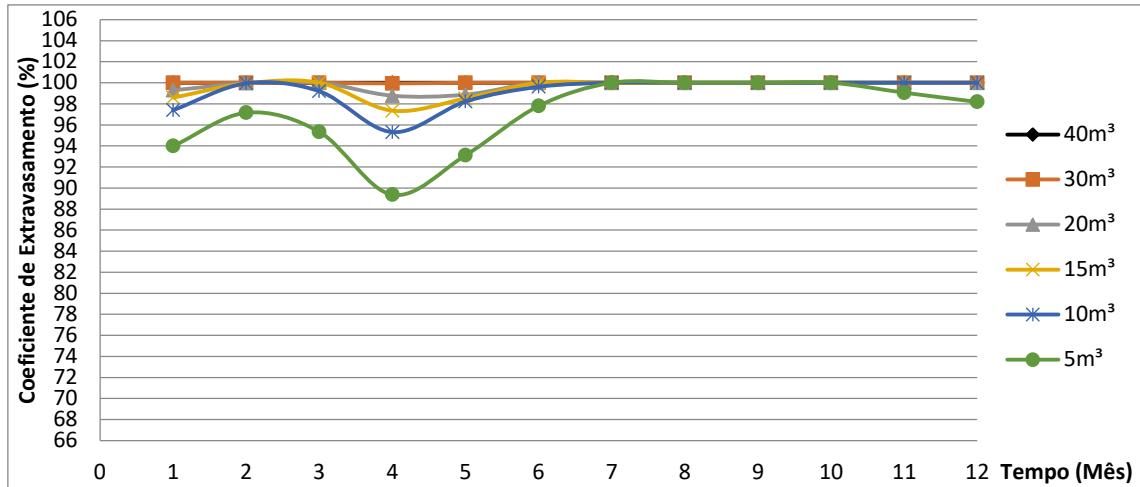


Gráfico 67: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m² - C = 0,85 – Quixeramobim (CE).

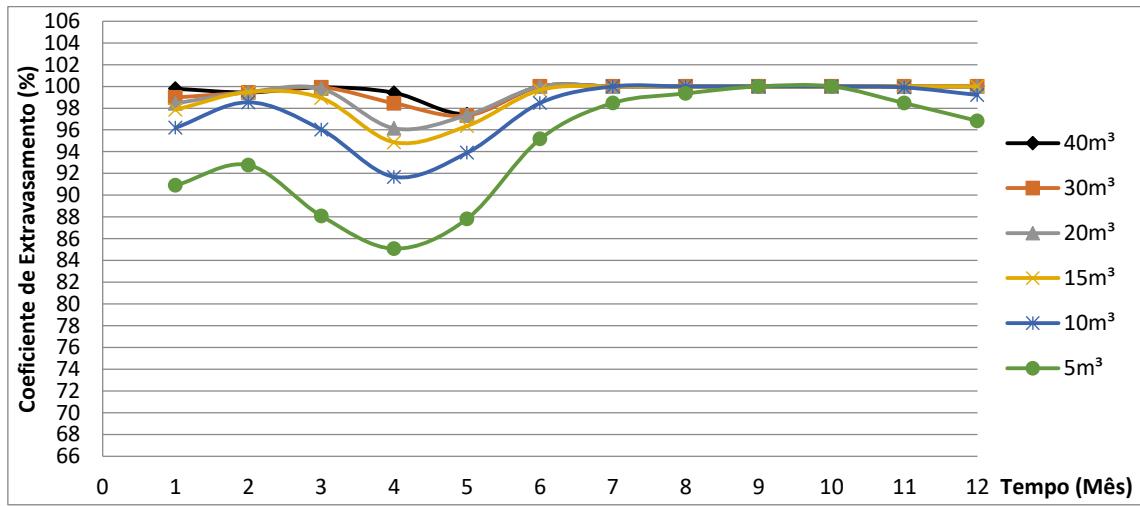


Gráfico 68: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m² - C = 0,85 – Quixeramobim (CE).

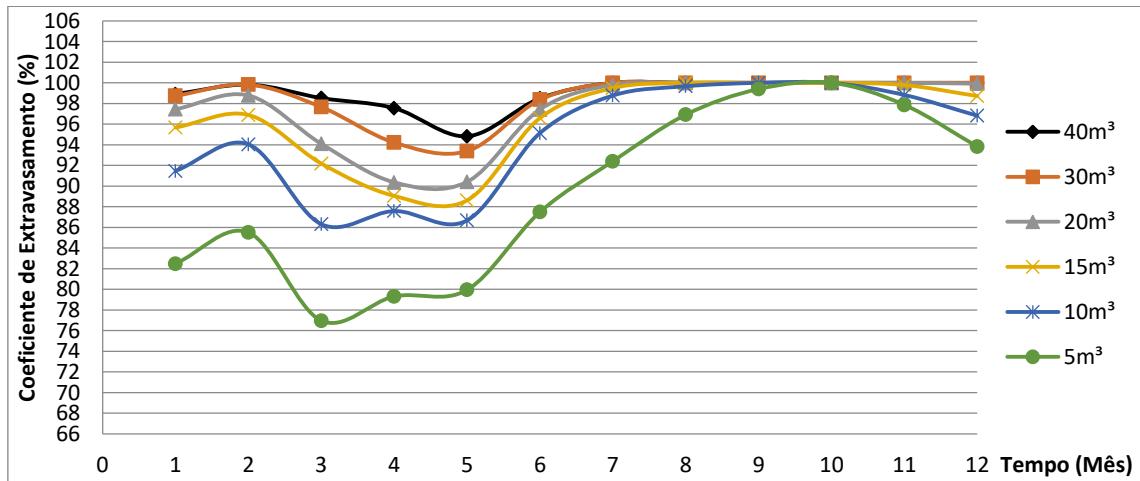


Gráfico 69: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 300m² - C = 0,85 – Quixeramobim (CE).

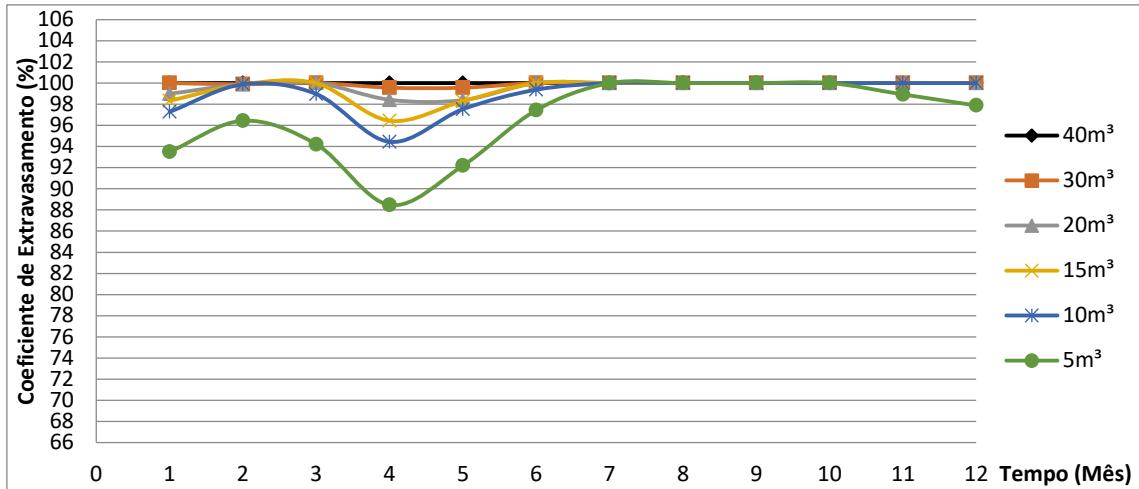


Gráfico 70: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m² - C = 0,90 – Quixeramobim (CE).

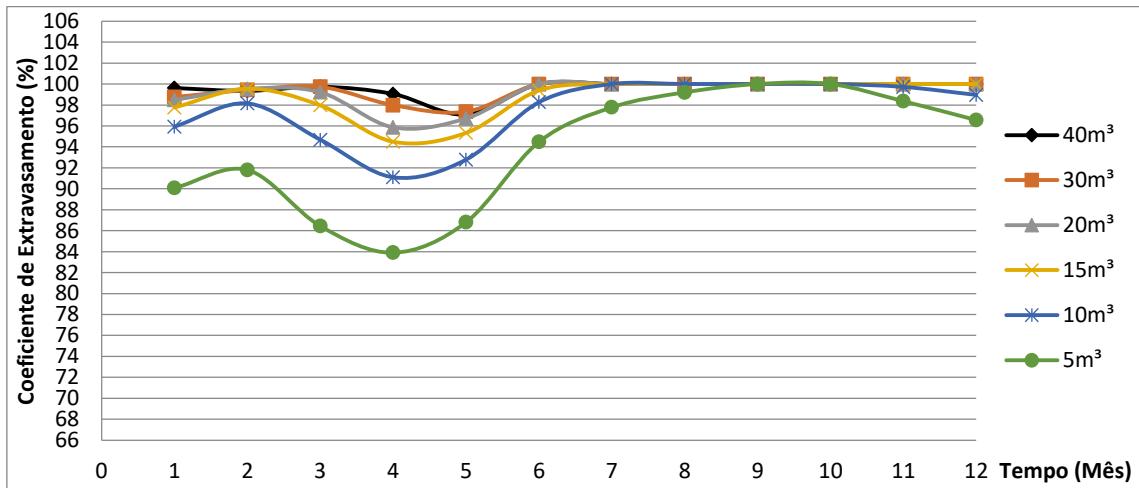


Gráfico 71: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m² - C = 0,90 – Quixeramobim (CE).

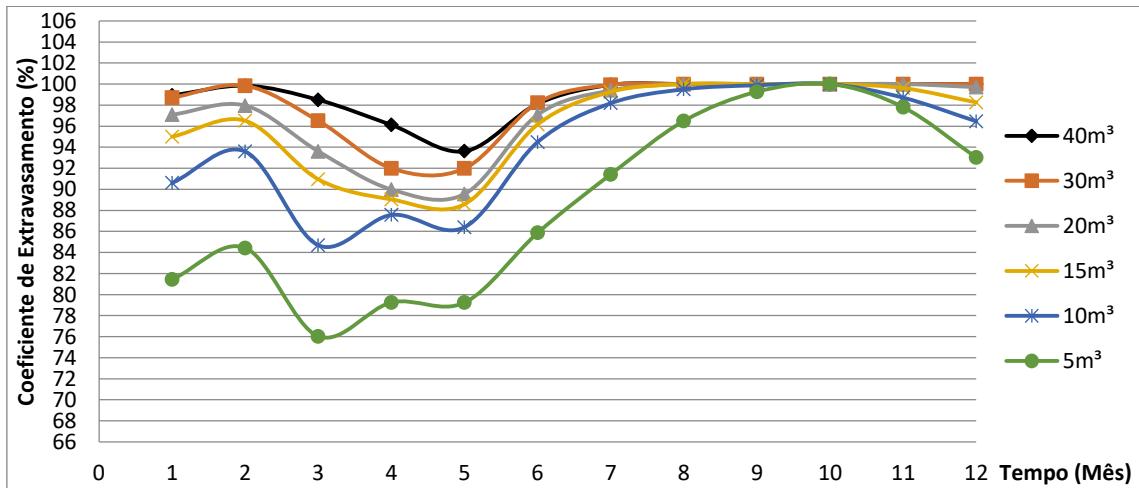


Gráfico 72: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 300m² - C = 0,90 – Quixeramobim (CE).

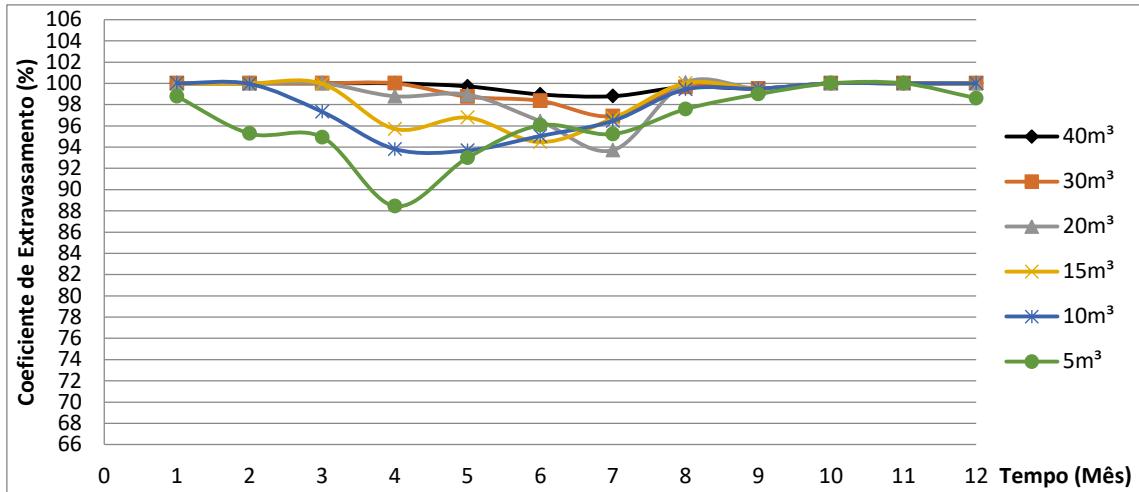


Gráfico 73: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m² - C = 0,85 – Recife (PE).

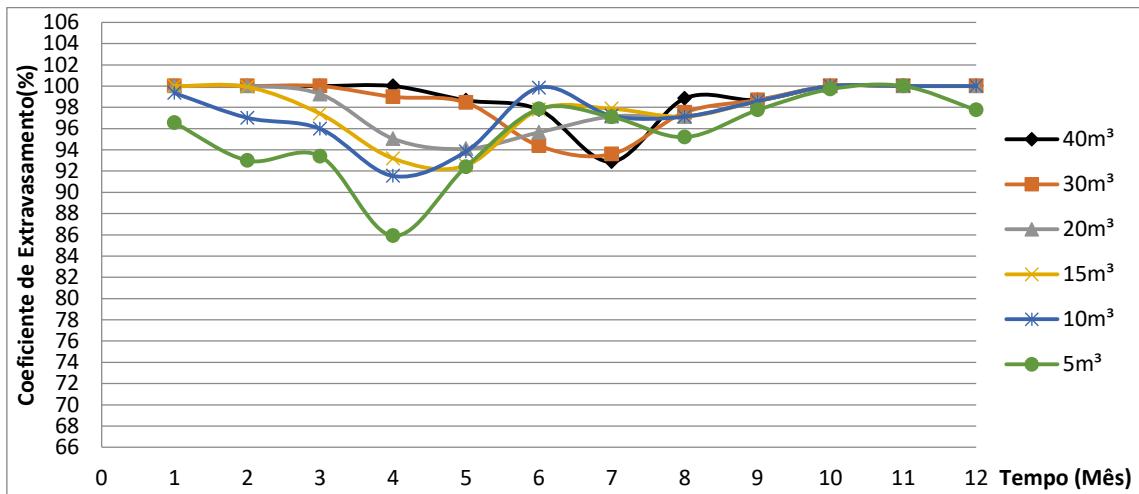


Gráfico 74: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m² - C = 0,85 – Recife (PE).

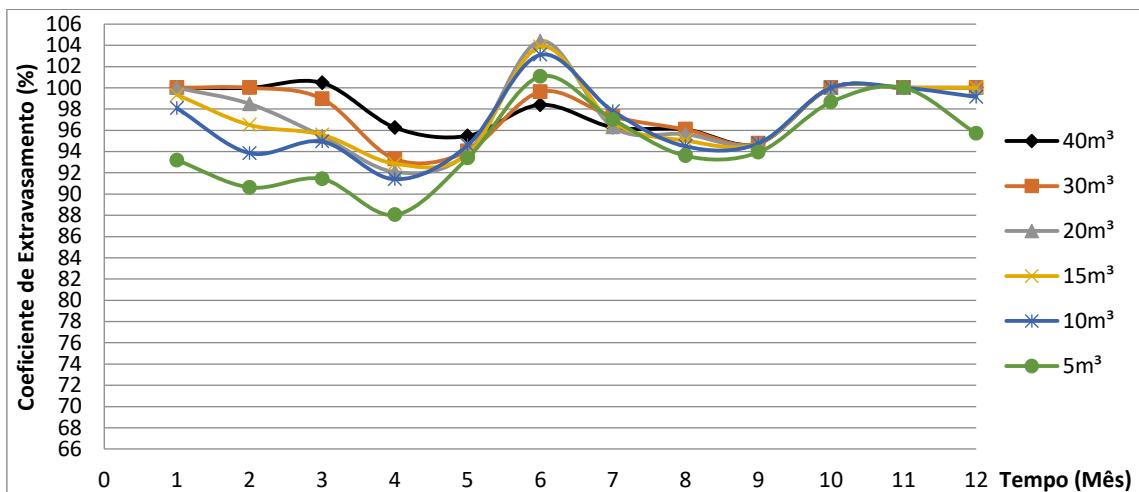


Gráfico 75: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m² - C = 0,85 – Recife (PE).

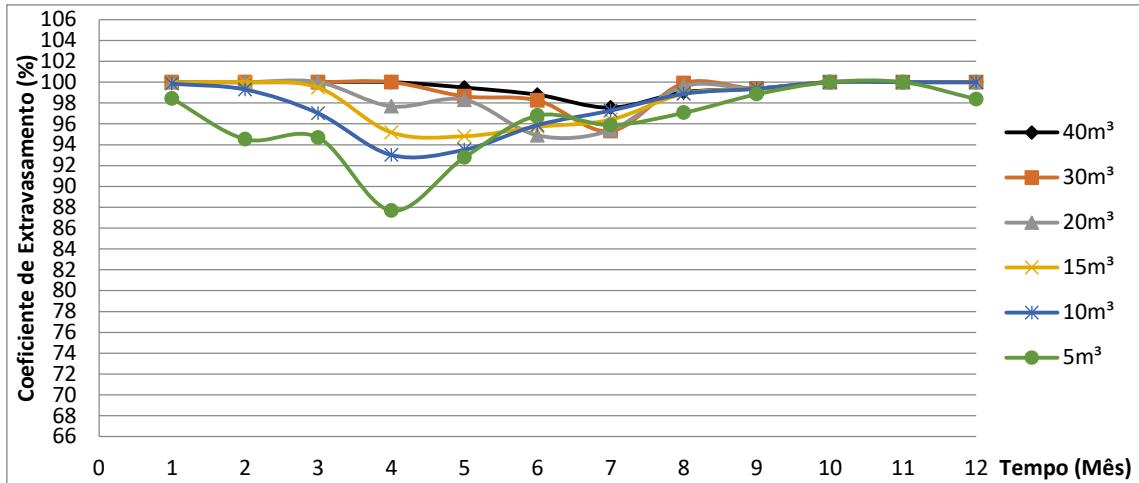


Gráfico 76: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 60m² - C = 0,90 – Recife (PE).

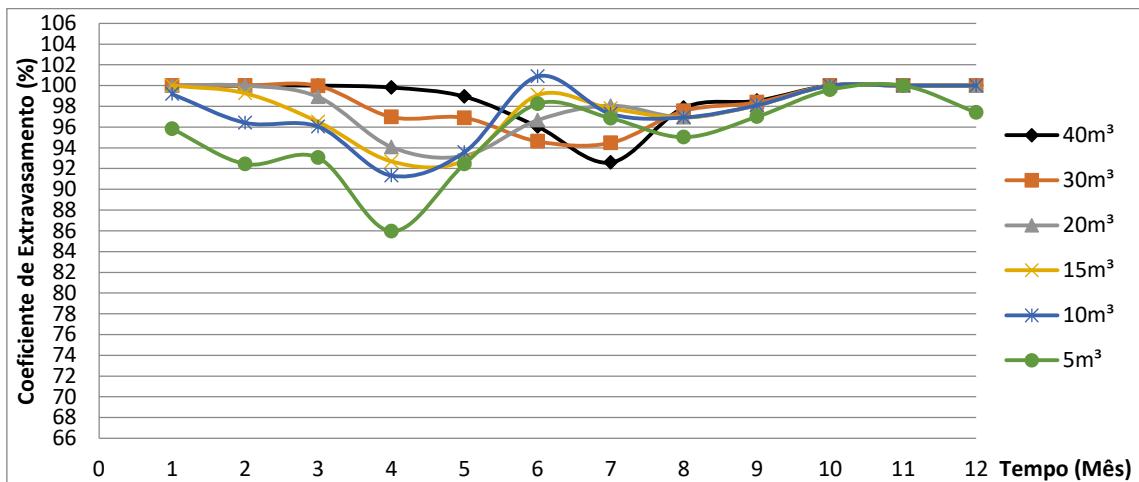


Gráfico 77: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 75m² - C = 0,90 – Recife (PE).

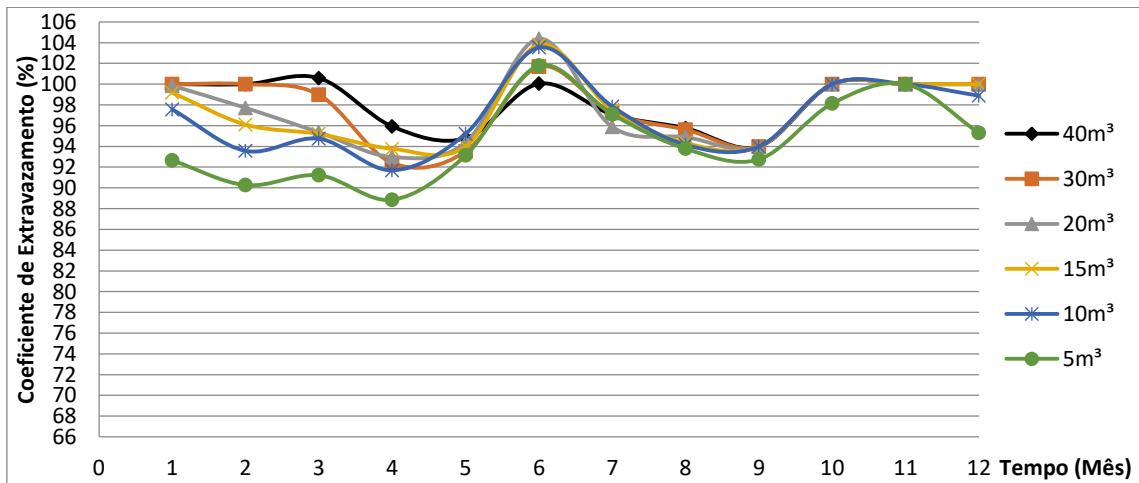


Gráfico 78: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Popular- Área de Captação 100m² - C = 0,90 – Recife (PE).

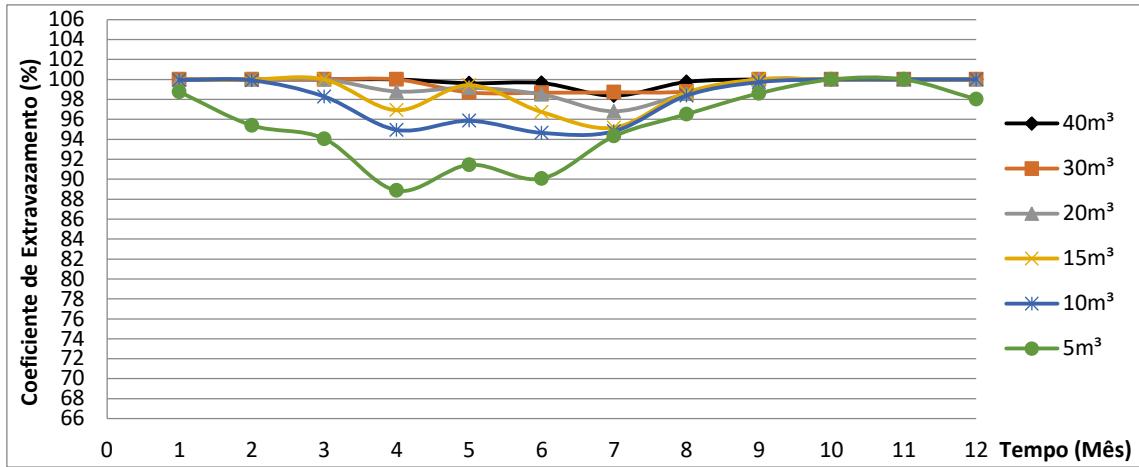


Gráfico 79: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m² - C = 0,85 – Recife (PE).

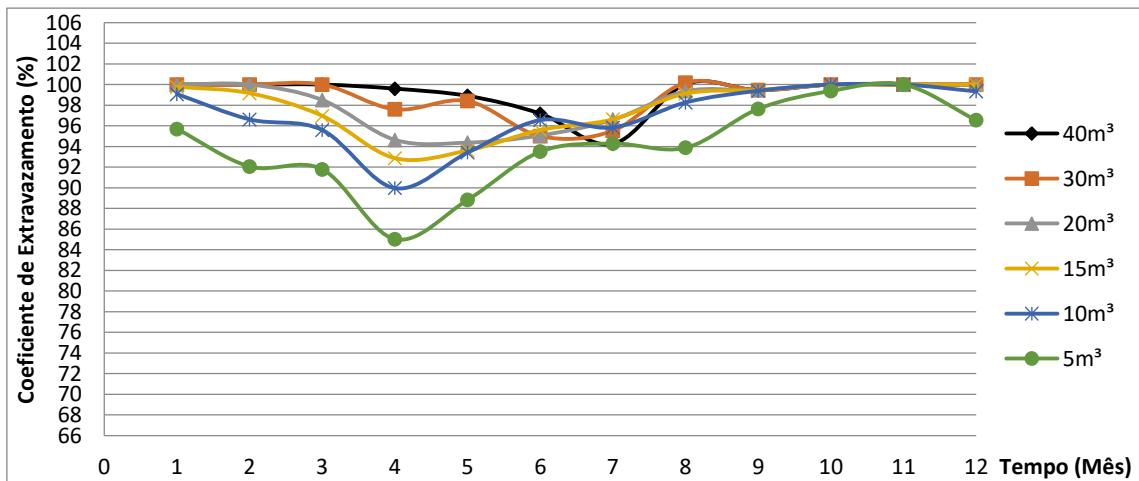


Gráfico 80: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m² - C = 0,85 – Recife (PE).

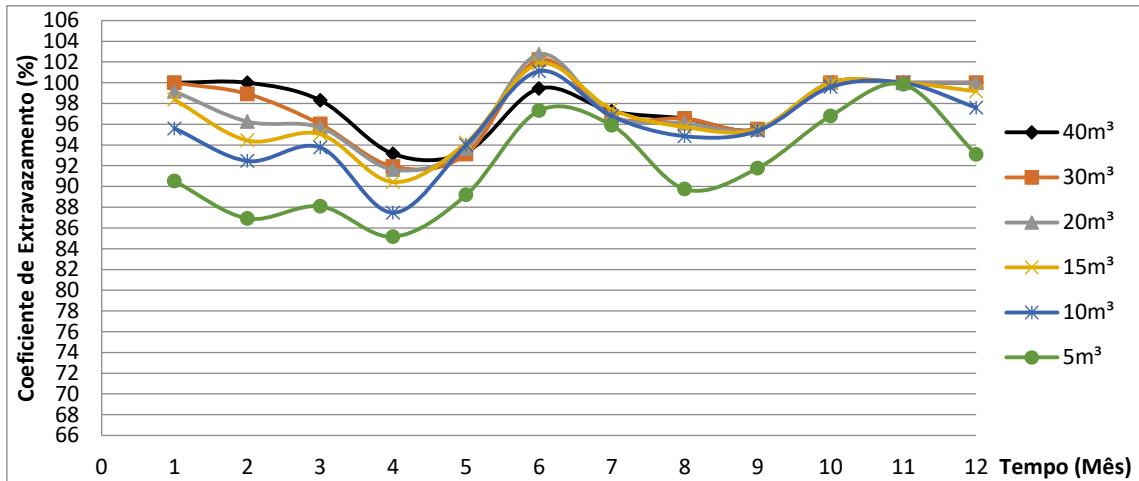


Gráfico 81: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m² - C = 0,85 – Recife (PE).

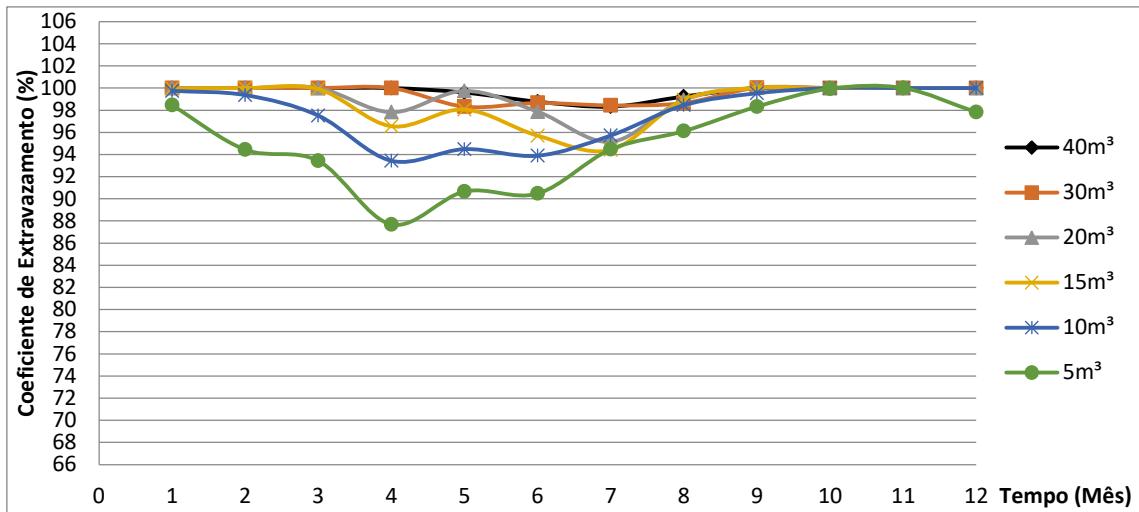


Gráfico 82: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 75m^2 - $C = 0,90$ – Recife (PE).

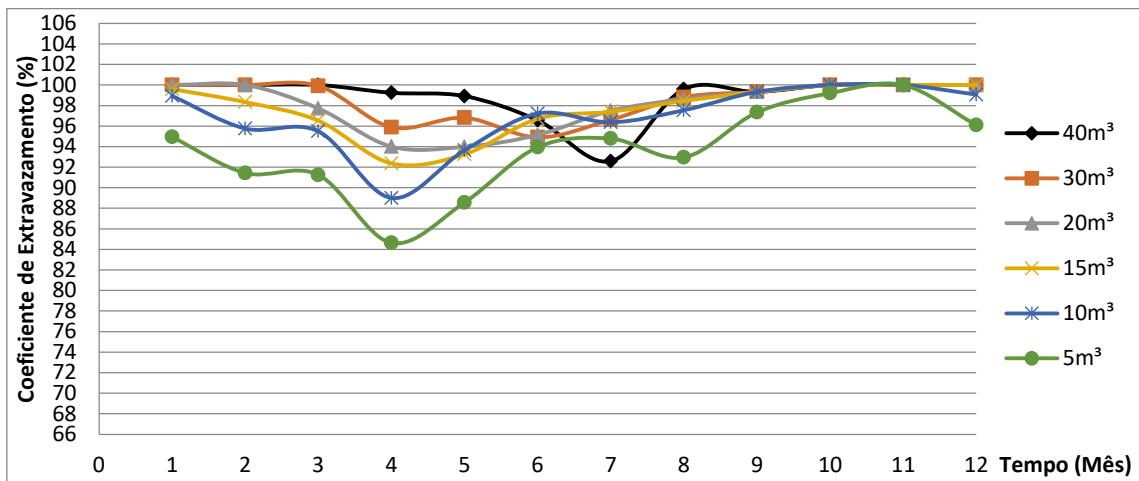


Gráfico 83: Coeficiente de Extravasamento X Tempo(mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m^2 - $C = 0,90$ – Recife (PE).

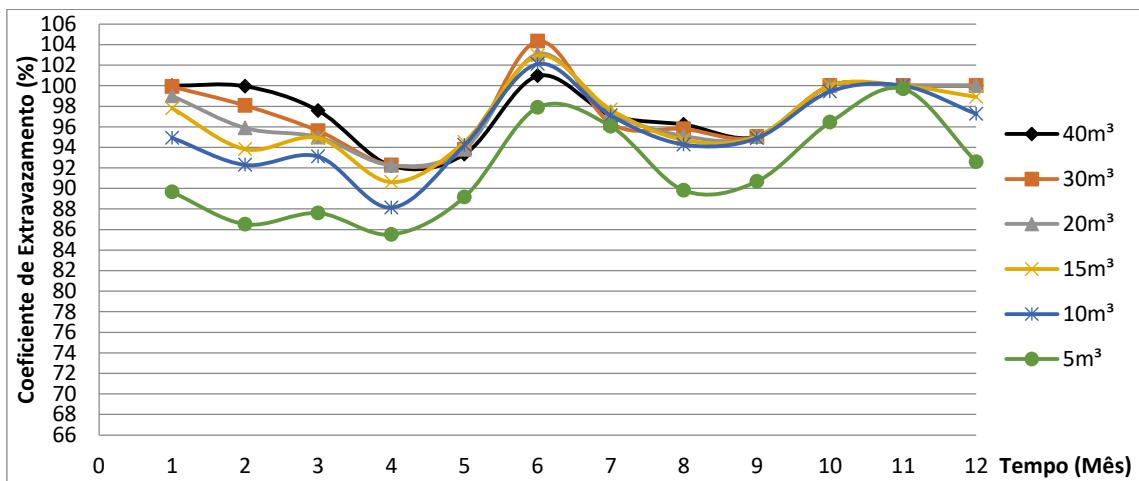


Gráfico 84: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m^2 - $C = 0,90$ – Recife (PE).

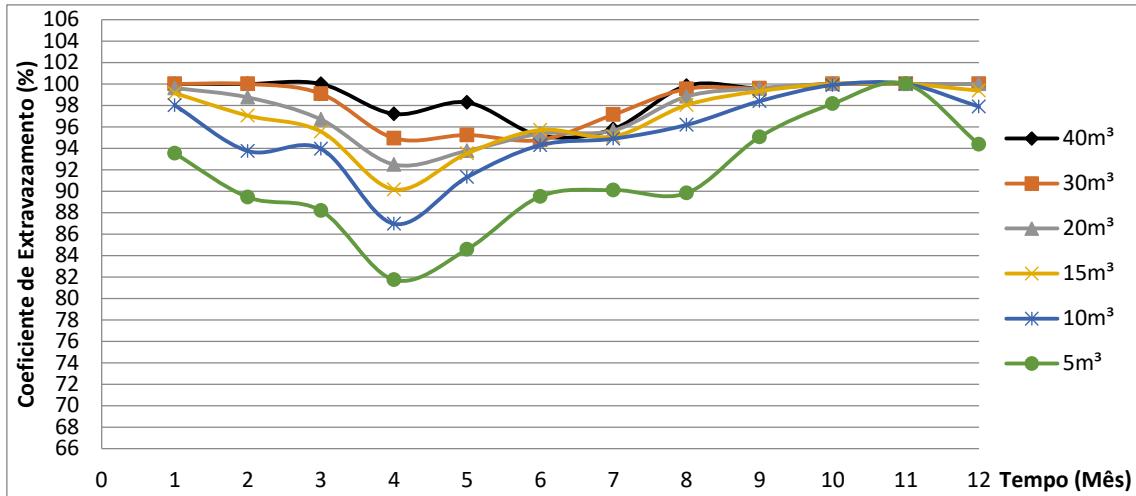


Gráfico 85: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m² - C = 0,85 – Recife (PE).

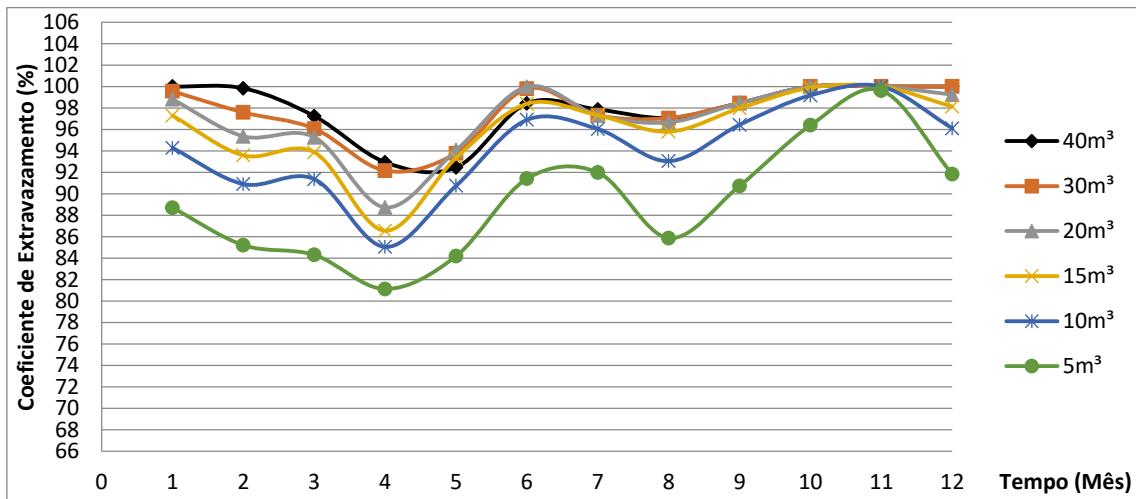
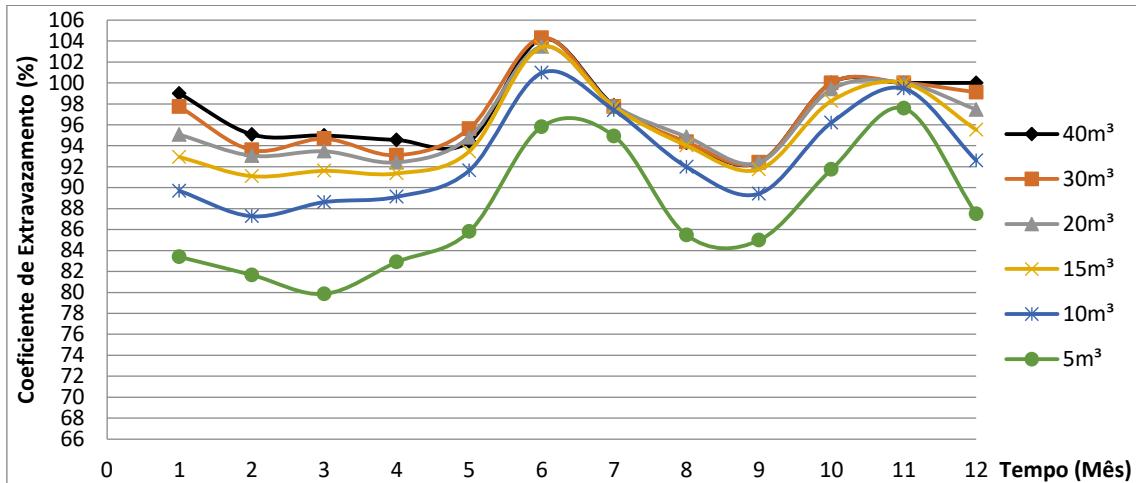


Gráfico 86: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m² - C = 0,85 – Recife (PE).



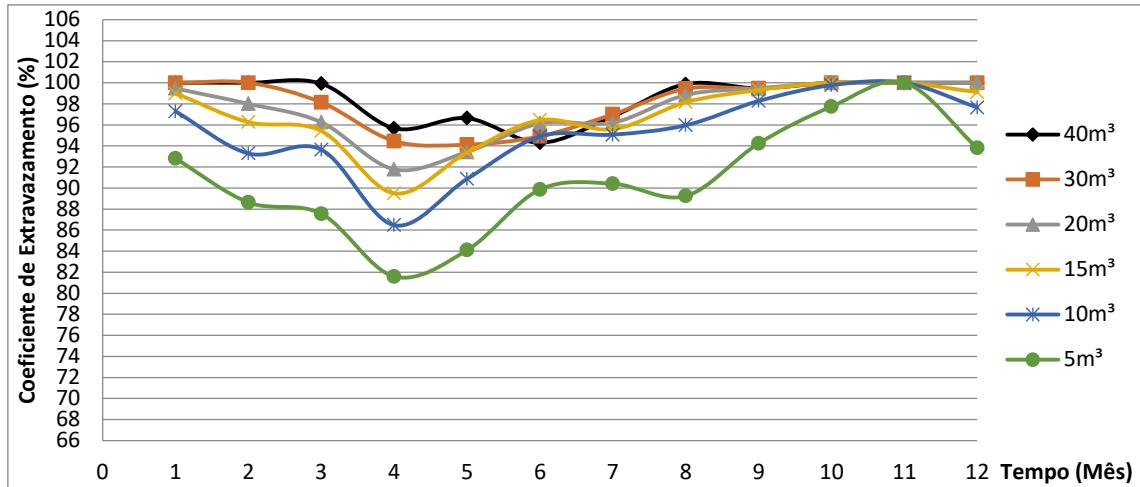


Gráfico 88: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 150m² - C = 0,90 – Recife (PE).

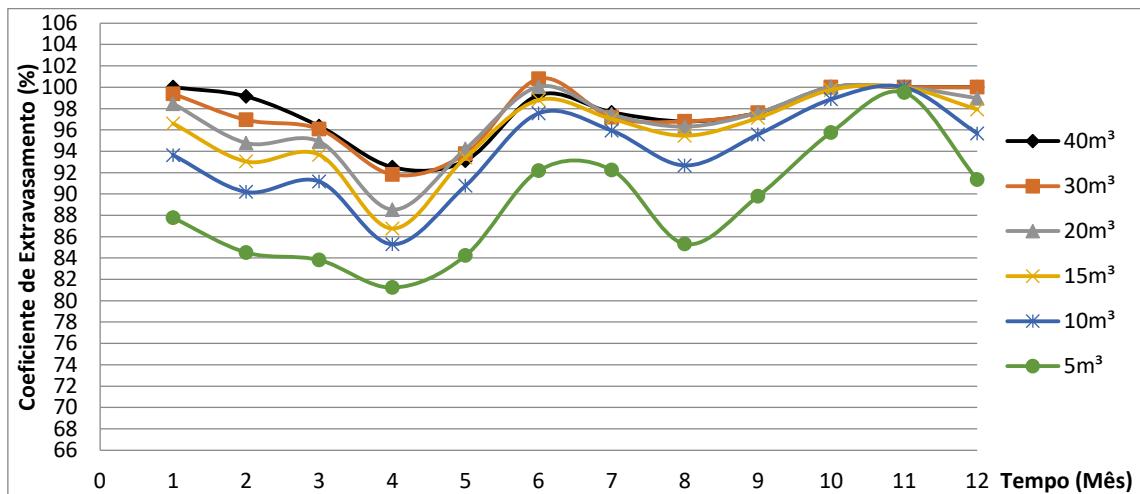


Gráfico 89: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 200m² - C = 0,90 – Recife (PE).

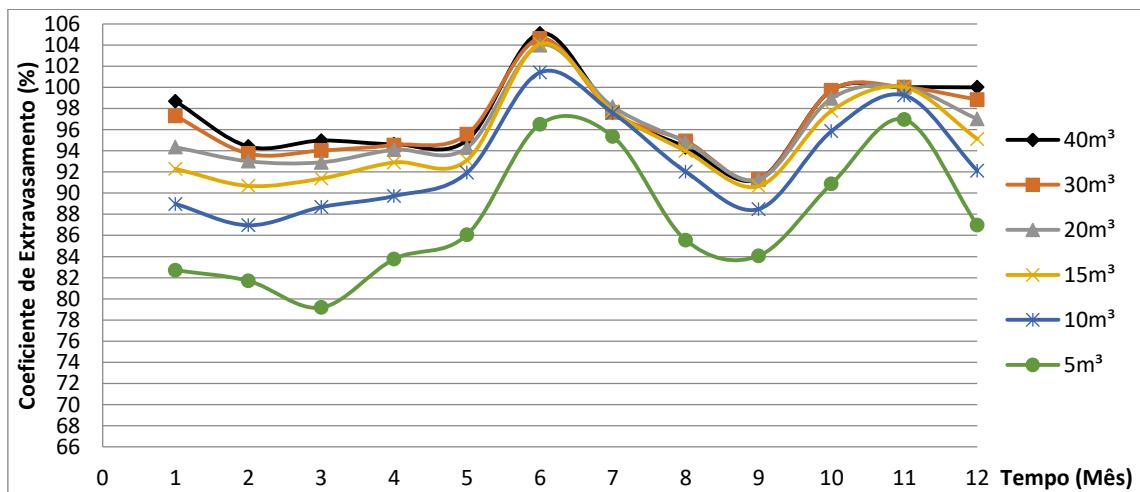


Gráfico 90: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Alto- Área de Captação 300m² - C = 0,90 – Recife (PE).

Foi observada uma relação entre os valores de CE e a distribuição das chuvas dentro do mês, podendo ser muito grandes ou muito pequenos.

Os valores de CE muito pequenos ocorrem quando se tem dois meses chuvosos consecutivos, no primeiro mês a maior parte da chuva ocorre no final e no segundo mês a chuva ocorre apenas no começo. A interpretação desse fato é que quando a chuva ocorre no final do mês, o reservatório enche e estando cheio no começo do segundo mês, como o volume de chuva no segundo mês é grande e todo concentrado no começo, grande parte dessa água extravasa do reservatório, devido ele já estar cheio. Dessa forma o volume de água extravasado no segundo mês é muito grande e no final do mês o reservatório estará quase seco quando é usado o método de Rippl diário. Já quando o volume aproveitado de água é obtido pelo método de Rippl mensal, tem-se que os acumulados mensais são grandes e a chuva é distribuída de forma igual para todos os dias, assim no final de ambos os meses o reservatório estará completamente cheio, dessa forma extravasando uma quantidade bem menor de água. Com isso tem-se que o CE será baixo, pois o volume aproveitado de água com base mensal será muito maior em relação ao volume aproveitado de água com base diária.

Já os valores de CE acima de 100% ocorrem também em meses consecutivos de alta pluviosidade, mas a distribuição da chuva é dada na forma que no começo ao meio do primeiro mês apresenta grandes volumes precipitados enchendo o reservatório, do meio ao fim do mês se tem um período de pouquíssimo volume de chuva ou nenhum, assim com o consumo irá esvaziar o reservatório que no fim do mês estará quase ou completamente seco, já no segundo mês em que o CE é maior que 100%, apresenta grandes volumes de chuva logo no começo até o meio, enchendo o reservatório, mas sem grandes volumes extravasados, pois anteriormente estava seco anteriormente, após esses grandes volumes temos um breve momento de pouquíssima ou nenhuma chuva, consumindo parte do volume armazenado, no fim do mês voltam os grandes volumes de chuva, enchendo o reservatório e extravasando certo volume do mesmo.

Já a interpretação utilizando o Rippl mensal, que distribui o volume de chuva do mês de forma igual para todos os dias, com isso ele não prever a distribuição da chuva dentro no mês, tem que os dois meses apresentam grandes volumes precipitados, assim o reservatório no primeiro mês, estaria completamente cheio e a

maior parte da chuva do segundo mês extravasaria, devido ao reservatório estar cheio no começo do mês. Com isso observa grande diferença na leitura do volume aproveitado de água, pois no Rippl diário apresenta um volume bem menor extravasado em relação ao Rippl mensal, assim o volume de água aproveitado no Rippl diário será maior.

Exemplo de Aplicação na cidade de João Pessoa

O exemplo de aplicação desse trabalho teve como referência o estudo de (Lacerda, 2015). Assim, utilizou das mesmas séries mensais de precipitação de 10 anos da cidade de João Pessoa-PB, retirada do INMET e condições do estudo para demonstrar a efetividade quando usado do coeficiente de extravasamento no dimensionamento do reservatório em um sistema de reuso das águas pluviais.

As condições usadas no trabalho foram:

- Área de Captação de 120 m²;
- Volume do Reservatório de 7,50 m³;
- Coeficiente de Runoff de 0,85;
- Padrão Médio de Consumo, com 5 habitantes na residência e Consumo de 150L/habitante.dia.

A partir do regime pluviométrico da cidade de João Pessoa – PB, observou-se as cidades contempladas por esse estudo e a que mais se assemelha em relação ao regime das chuvas foi a cidade de Recife – PE, assim foi possível usar os Coeficientes de Extravasamento obtidos para a cidade de João Pessoa – PB.

Pelas condições impostas para o dimensionamento do sistema, foi preciso o uso da interpolação linear no, Gráfico 80: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Médio- Área de Captação 100m² - C = 0,85 – Recife (PE) e no Gráfico 81: Coeficiente de Extravasamento X Tempo (mês): Padrão Médio- Área de Captação 150m² - C = 0,85 – Recife (PE), nos volumes de reservatório e 10 m³ e de 5 m³, se adequando aos valores da área de captação de 120 m² e volume do reservatório de 7,50 m³. Sendo possível a obtenção dos CE para a cidade de João Pessoa – PB.

A tabela abaixo mostra o dimensionamento obtido pelo método de Rippl corrigindo os valores com o Coeficiente de Extravasamento.

MÊS	PRECIPITAÇÃO MÉDIA (mm)	ENTRADA (m³/mês)	DIAS NO MÊS	CONSUMO (m³/mês)	SALDO NO RESERVATÓRIO (m³)	VOLUME EXTRAVASADO (m³)	VOLUME DE ÁGUA APROVEITADO PELO RIPPL MENSAL (m³)	COEFICIENTE DE EXTRAVASAMENTO	VOLUME DE ÁGUA APROVEITADO CORRIGIDO PELO CE (m³)	
JANEIRO	111,19	11,34	31,00	23,25	-11,91	0,00	0,00	11,34	0,95	10,82
FEVEREIRO	111,44	11,37	28,00	21,00	-9,63	0,00	0,00	11,37	0,92	10,48
MARÇO	116,24	11,86	31,00	23,25	-11,39	0,00	0,00	11,86	0,91	10,81
ABRIL	246,21	25,11	30,00	22,50	2,61	0,00	22,50	0,86	19,43	
MAIO	313,57	31,98	31,00	23,25	8,73	7,50	3,85	23,25	0,92	21,34
JUNHO	413,92	42,22	30,00	22,50	19,72	7,50	19,72	22,50	0,97	21,74
JULHO	304,98	31,11	31,00	23,25	7,86	7,50	7,86	23,25	0,96	22,22
AGOSTO	196,29	20,02	31,00	23,25	-3,23	4,27	0,00	23,25	0,98	22,70
SETEMBRO	85,70	8,74	30,00	22,50	-13,76	0,00	0,00	13,01	0,97	12,59
OUTUBRO	25,38	2,59	31,00	23,25	-20,66	0,00	0,00	2,59	0,99	2,57
NOVEMBRO	23,23	2,37	30,00	22,50	-20,13	0,00	0,00	2,37	1,00	2,37
DEZEMBRO	24,66	2,52	31,00	23,25	-20,73	0,00	0,00	2,52	0,97	2,44
SOMA	1972,81	201,23	-	273,75	-	31,43	169,80	-	159,50	
Volume do Reservatório (m³) =					7,5					
Diferença do Volume de Água Aproveitado (m³) =					10,30					
Volume de Água Extravasado Corrigido (m³) =					41,72					

Tabela 2: Dimensionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva, pelo Método de Rippl, corrigido pelo coeficiente de Extravasamento.

Para o reservatório de 7,50 m³, utilizando apenas o método de Rippl, o volume aproveitado de água foi de 169,80 m³/ano, e o volume total extravasado foi de 31,43 m³/ano.

Para o mesmo reservatório utilizando o método de Rippl junto ao Coeficiente de Extravasamento, o volume aproveitado de água foi de 159,50 m³/ano, e o volume total extravasado foi de 41,72 m³/ano.

A diferença entre o volume de água aproveitada com a utilização do CE em relação a apenas o uso do Rippl é de aproximadamente 10,30 m³ (10300 litros), isso se dá devido a diferença do volume de água extravasado com a correção.

6 CONCLUSÃO

Com os resultados apresentados neste trabalho, é possível se fazer a estimativa mais precisa do volume de água de chuva que pode ser aproveitado, quando comparado com o mesmo cálculo com base apenas nas médias mensais de precipitação. Esta maior precisão fornece valores mais realísticos da quantidade de água aproveitada e da análise de viabilidade econômica da alternativa.

7 REFERENCIAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR 15527/07:** Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. 8 p., 2007.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial.** Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008.

ANA – Agência Nacional de Águas: **Atlas Brasil:** Abastecimento urbano de água: Panorama Nacional. Brasília – DF, 2010.

ANA - Agência nacional de águas; FIESP - Federação das indústrias do estado de são paulo; SINDUSCON-SP - Síndicato da indústria da construção civil do estado de são paulo. **Conservação e Reúso da água em Edificações.** Prol Editora Gráfica. São Paulo, 2005.

BRANCO, P. M. **Coisas que você deve saber sobre a água.** Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Coisas-Que-Voce-Deve-Saber-Sobre-a-Agua-1084.html>>. Acesso em: 07/10/2018.

CARDOSO, K . A. **Avaliação do período mínimo de precipitações pluviométricas a ser utilizado em estudos sobre aproveitamento de água pluvial em edificações.** 2006. 185p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

CHAGAS, T. W.; G.; SALATI, E.; TAUK-TORNISIELO, S. M. **Sistemas construídos de áreas alagadas:** Revisão da legislação e dos padrões de qualidade da água. Holos Environmental. V. 12, n.1, 2012.

CHOW, V.T. **Handbook of applied hydrology:** a compendium of water-resources technology. New York: McGraw-Hill, 1964.

CLARKE, R., KING, J. **O Atlas da Água:** O Mapeamento Completo do Recurso mais precioso de Planeta. São Paulo - SP: Publifolha, 2005. 128p.

COELHO FILHO, J. M. **Análise do desempenho de reservatório de armazenamento de água de chuva no suprimento domiciliar e controle do**

escoamento nas cidades de Natal e Caicó. 2005. 64p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. **Captação e aproveitamento de água de chuva:** dimensionamento de reservatórios. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 9, Bahia, Brasil. 2008.

DIAS, S. C. I. **Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Social do aproveitamento de água de chuva em residências na cidade de João Pessoa.** Dissertação de Mestrado, UFPB. João Pessoa – PB, 2007.

DRENAGEM URBANA – Manual de Projeto. São Paulo - SP: CETESB, 1986.

ESTEVES, C. C. O. **Regime jurídico das águas minerais na Constituição de 1988.** 2012. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2012.

FEWKES, A.; BUTLER, D. **The Sizing of Rainwater Stores Using Behavioural Models.** In: INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE, 9th, 1999, Petrolina, Brazil. Proceedings... Petrolina: IRCSA, 1999.

FONTANELA, L. **Avaliação de metodologias para dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água pluvial.** 2010. 68 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Criciúma, SC. 2010.

FREITAS, M. A. V. de. **O estado das águas no Brasil:** Perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos. Brasília, DF: aneel/mme/ mma-srh/omm, 1999.

FUNDO DE POPULAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS – UNFPA – **População.** Disponível em: <<http://www.unfpa.org.br/novo/index.php/populacao>> Acesso em 07/10/2018.

GELT, J. **Home Use of Graywater, Rainwater Conserves Water - and May Save Money.** Arizona Water Resources Research Center, College of Agriculture and Life Sciences, University of Arizona. 2003. Disponível em <<http://www.ag.arizona.edu/AZWATER/arroyo/071rain.html>>. Acessado em outubro 2018.

GHISI, E. **Influência da precipitação pluviométrica, área de captação, número de moradores e demandas de água potável e pluvial no dimensionamento de**

reservatórios para fins de aproveitamento de água pluvial em residências unifamiliares. 2006. 63p. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Civil como requisito parcial para participação em concurso público - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006b.

GHISI, E.; FERREIRA, D. F. Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. Building and Environment, West Lafayette, v. 42, n. 7, p. 2512-2522, jul. 2007.

GOMES, A. S.; CLAVICO, E. Propriedades físico-químicas da água. Departamento de Biologia Marinha da Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2005. 15 p.

GONÇALVES, F. R. (Coordenador). Uso Racional da Água em Edificações. Rio de Janeiro – RJ: ABES, 2006. 352p.

GONÇALVES, O. M., HESPAÑHOL, I., OLIVEIRA, L. H. et al., 2005. Conservação e Reúso de água em edificações. Ministério do Meio Ambiente, Agência Nacional de Águas, SindusCon-SP, FIESP, São Paulo, SP, Prol Editora Gráfica.

HERNANDES, A.T.; CAMPOS, M.A.S.; AMORIM, S.V. Análise de custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de Ribeirão Preto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10, 2004, e CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1, 2004, São Paulo, Brasil. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004.

HUNAIDI, O., WANG, A., BRACKEN, M., GAMBINO, T., & FRICKE, C. (2004, MAY). Acoustic methods for locating leaks in municipal water pipe networks. In International Conference on Water Demand Management (pp. 1-14). Jordan: Dead Sea.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia: BDMEP – Dados Históricos. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 10/08/2018.

LACERDA, N. M. S. Confiabilidade volumétrica de reservatórios para armazenamento de água de chuva em municípios brasileiros. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal da Paraíba – UFPB. 2015.

MACOMBER, P.S.H. **Guidelines on Rainwater Catchment Systems for Hawaii.** Department of Natural Resources and Environmental Management. College of Tropical Agriculture and Human Resource. University of Hawaii at Manoa. 2001. Disponível em . Acessado em agosto de 2003.

MATHIS, J.E. **The rationale for reservoirs.** In: GEORGIA WATER RESOURCES CONFERENCE, 2003, Georgia, United States. Proceedings... Georgia: University of Georgia, 2003.

MINIKOWSKI, M.; MAIA, A. G. **Sistemas de aproveitamento de água de chuva no município de Irati (PR).** In: Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient., Curitiba, v. 7, n. 2, p. 181-188, abr./jun. 2009.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. **Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana.** Rev. Saúde Pública. v. 36, n. 3, p. 370-4, 2002.

MORAIS, A. W.; SALEH, B. B.; ALVES, W. S, et al. **Qualidade sanitária da água distribuída para abastecimento público em Rio Verde, Goiás, Brasil.** Cad. Saúde Colet., 2016, Rio de Janeiro. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/cadsc/v24n3/1414-462X-cadsc-24-3-361.pdf> >. Acesso em: 07/10/2018.

MOTA, S., **Introdução à Engenharia Ambiental.** 1.ed. Rio de Janeiro, RJ, ABES. 1997

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA – FAO. **Brasil** disponível em: <<https://www.fao.org/h2o.asp>>. Acesso em 06/10/2018.

PINHEIRO, A., VALLE, J., TORDO, O. et al., “**Efeito da abstração inicial no aproveitamento da água de chuva**”. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande, MS. 2005.

SALES, E. T. **Relação entre o Coeficiente de Extravasamento em Reservatórios Domiciliares para Armazenamento de Água de Chuva e Parâmetros Pluviométricos em Municípios Brasileiros.** UFPB: Trabalho de Conclusão de Curso, 2016.

SÃO PAULO. Decreto-Lei nº 13.276, de 04 de Janeiro de 2002. **Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m.** Diário Oficial do Município de São Paulo, São Paulo, SP, Ano 47, nº3, 5 de jan. de 2002.

SCHILLER E.; LATHAM, B. **Computerized methods in optimizing rainwater catchment systems.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RAINWATER CISTERN SYSTEMS, 1st, 1982, Honolulu, United States. Proceedings... Honolulu: IRCSA, 1982b.

SCHILLER E.; LATHAM, B. **Rainwater roof catchment systems, information and training for low-cost water supply and sanitation.** World Bank, 1982a.

SILVA, E. R. da. **Curso da água na história: simbologia, moralidades e a gestão de recursos hídricos.** Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz; 1998. 201 p.

SINDUSCON (SP) – **Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo:** Conservação e Reúso da Água em Edificações. São Paulo – SP: Prol Editora Gráfica, 2005. 152p.

SNIS (2014). **Sistema Nacional de Informação Em Saneamento.** Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. Brasília: MINISTÉRIO DAS CIDADES, Governo Federal. Disponível em <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 07/10/2018.

SPERANCETTA, D.; ALVES, J. V.; KRÜGER, C. M. **Captação de águas pluviais para abastecimento residencial.** da Vinci, v. 1, n. 1, p. 29-42, 2004.

TOMASONI, M.A; PINTO, J.E.S.; SILVA, H.P. **A questão dos recursos hídricos e as perspectivas para o Brasil.** GeoTextos, v. 5, n. 2, p. 107-127, 2009.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva.** São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TOMAZ, P. **Economia de água: Para empresas e residências.** São Paulo: Navegar, 2001. p. 112.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva - Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** Navegar Editora. São Paulo, 2003.

TUCCI, C. E. M.; HESPAÑOL, I.; NETTO, O. de M. C. **Gestão da água no Brasil.** Brasília-DF: UNESCO, 2001. 156p.
UNESCO. **World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World.** Paris, 2015.

VANSBOTTER, B., NOLDE, E., **Regenwassernutzung von Dach-, Hof,- und Straßenabläufen.** Technologieberatung für innovative Wasserkonzepte, Technische Universität Berlin, Berlin, Deutschland. 2000.

WERNECK, G. A. M. **Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações:** O estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Piraí. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Rio de Janeiro: UFRJ/FAU, 2006. 283p.