

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL – ÁREA DE
CONCENTRAÇÃO RECURSOS HÍDRICOS

AUGUSTO DE BRITO SOUSA

MECANISMOS FINANCEIROS PARA A REDUÇÃO DE RISCO ASSOCIADO AO
CLIMA: CONTRATO DE OPÇÕES, SEGURO BASEADO EM ÍNDICE E FUNDO
FINANCEIRO

FORTALEZA - CEARÁ

2014

AUGUSTO DE BRITO SOUSA

MECANISMOS FINANCEIROS PARA A REDUÇÃO DE RISCO ASSOCIADO AO
CLIMA: CONTRATO DE OPÇÕES, SEGURO BASEADO EM ÍNDICE E FUNDO
FINANCEIRO

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Francisco de Assis de Souza Filho, DSc.

FORTALEZA - CEARÁ

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Pós-Graduação em Engenharia - BPGE

S697m

Sousa, Augusto de Brito.

Mecanismos financeiros para a redução de risco associado ao clima: contrato de opções, seguro baseado em índice e fundo financeiro / Augusto de Brito Sousa. – 2014.

125 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Recursos Hídricos, Fortaleza, 2014.

Área de Concentração: Recursos Hídricos.

Orientação: Prof. Dr. Francisco de Assis de Souza Filho.

1. Recursos hídricos. 2. Água - Uso. 3. Recursos hídricos - Gerenciamento. I. Título.

AUGUSTO DE BRITO SOUSA

MECANISMOS FINANCEIROS PARA A REDUÇÃO DE RISCO ASSOCIADO AO
CLIMA: CONTRATO DE OPÇÕES, SEGURO BASEADO EM ÍNDICE E FUNDO
FINANCEIRO

Dissertação submetida à Coordenação do
Curso de Pós-Graduação em Engenharia
Civil, da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial para obtenção do
grau de Mestre em Engenharia Civil. Área
de concentração: Recursos Hídricos.

Aprovada em: 09/12/2014

BANCA EXAMINADORA



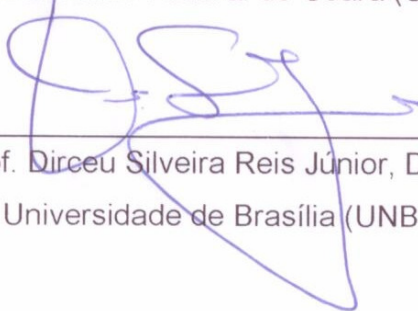
Prof. Francisco de Assis de Souza Filho, D.Sc. (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)



Profª. Ticiania Marinho de Carvalho Studart, PhD.

Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof. Dirceu Silveira Reis Júnior, D.Sc.

Universidade de Brasília (UNB)

Aos meus familiares e amigos,
e minha querida esposa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ser meu apoio e minha direção e por ter me dado inteligência, sabedoria e oportunidade de obter conhecimentos, a luz do mundo.

Ao meu orientador, Professor Francisco de Assis de Souza Filho, pela dedicação, amizade, paciência e ensinamentos dado a mim para a realização deste trabalho.

À Sra. Teresinha Alves e Shirley Gomes, pessoas proativas, especiais e dispostas sempre a auxiliar-nos, por sorte, o DEHA conseguiu contratá-las e com isso, cumprir sua missão institucional ficou mais fácil.

À minha querida esposa, Francisca Murilaia, pessoa de elevada estima e carisma, grande motivadora desse projeto.

Aos meus familiares, principalmente, Hilda Regino de Britto, Antônio Regino (*in memoriam*) e Sebastião Regino de Britto (*in memoriam*), que me apoiaram, incentivaram e ensinaram a superar os desafios, enfrentando todas as dificuldades com garra e humildade.

A todos meus amigos da turma do mestrado que me fizeram entusiasmado com os desafios dessa Pós-Graduação;

A todos os professores e funcionários que fazem parte do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - DEHA;

E aos demais que, de alguma forma, contribuíram na elaboração desta dissertação.

Há momentos nos quais a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos não sejam os critérios preponderantes, mas sim, a efetividade da gestão desses recursos.

RESUMO

Água é um recurso essencial para o desenvolvimento social e econômico como também para manutenção saudável dos ecossistemas. Devido sua importância econômica e social é fonte de conflitos sociais entre os setores interessados em adquiri-la e usufruí-la, sendo a época de escassez o momento de maior conflito. Assim, como forma de harmonizar conflitos de interesses entre os setores, este trabalho objetivou pesquisar e desenvolver mecanismos financeiros de gestão do risco climático em recursos hídricos, fundamentado em seguro baseado índice associado a contrato de opção e fundo financeiro que possibilitem menores variações nos preços dos recursos hídricos, tendo como critério o princípio da compensação aos usuários pela transferência hídrica quando das falhas no abastecimento. A metodologia de avaliação dos recursos financeiros que satisfizessem os setores foi a quantificação econômica dos recursos transferidos a partir das equações de benefícios específicas dos setores. Os valores dos recursos hídricos transferidos foram obtidos por meio da permuta de metodologia de alocação: sistema de prioridades e rateio linear. Foram simulados cinco cenários que dividiam as disponibilidades hídricas entre dois setores (irrigação e urbano) com os seguintes coeficientes, respectivamente, para esses setores (0,10; 0,90), (0,25; 0,75), (0,50; 0,50), (0,75; 0,25) e (0,90; 0,10) para as garantias de 98%, 95% e 90%. Os pagamentos de opções fundamentados nos contratos de opções apresentaram linhas de tendências semelhantes aos impactos negativos da irrigação (perdas), porém com valores abaixo destes para todos os intervalos e garantias simulados. As perdas cresceram até o cenário de coeficientes (0,52, 0,48), a partir do qual os impactos econômicos do setor urbano (ganhos) superam aos da irrigação. No entanto, para os cenários de coeficientes acima de (0,90, 0,10), os ganhos diminuem a valores abaixo dos das perdas. Quanto ao fundo financeiro, somente para os cenários com coeficientes localizados entre (0,50, 0,50) e (0,90, 0,10), considerado cenários viáveis, é que esse fundo possui viabilidade financeira, sendo, dentre os cenários simulados, o de coeficientes (0,75, 0,25) que possui os maiores valores acumulados. Por fim, conclui-se que a viabilidade econômica das transferências hídricas se concentrou apenas nos cenários localizados entre os coeficientes (0,50, 0,50) e (0,90, 0,10). Além disso, conclui-se que a associação entre contrato de opções, seguro baseado no índice vazão liberada e

fundo financeiro pode contribuir para um entendimento mútuo entre os setores interessados nos recursos hídricos locais/regionais quanto à necessidade de se harmonizarem, principalmente, nos momentos mais conflituosos, no caso, épocas de escassez hídrica.

Palavras-chave: compensação financeira, escassez, seguro, transferência hídrica.

ABSTRACT

Water is an essential resource for the social and economic development and to maintaining healthy ecosystems. Due to its economic and social importance is a source of social conflict between the sectors interested in acquiring it and enjoy it, being the lean season far more conflict. So, as a way to harmonize conflicting interests among sectors, this study aimed to investigate and develop financial mechanisms for climate risk management in water resources based on index-based insurance associated option contract and financial background to enable minor variations in resource prices water tended as the principle of compensation to users for transfer when the water supply disruption. The valuation methodology of financial resources that met the sectors was the quantification of economic resources transferred from the equations of specific benefits of sectors. The amounts of transferred water was obtained through the exchange of allocation methodology: linear priorities and assessment system. Five scenarios that divided water availability between two sectors (irrigation and urban) with the following coefficients, respectively, for these sectors (0.10, 0.90), (0.25, 0.75) were simulated, (0, 50, 0.50), (0.75, 0.25) and (0.90, 0.10) for guarantees of 98%, 95% and 90%. Payments of options based on options contracts had lines similar to the negative impacts of irrigation (losses) trends, but with values below these intervals for all warranties and simulated. Losses grew to the scene of coefficients (0.52, 0.48), from which the economic impacts of the urban sector (gains) outweigh the irrigation. However, scenarios for the above coefficients (0.90, 0.10), the gain values decrease below losses. On financial background, only for scenarios with localized coefficients between (0.50, 0.50) and (0.90, 0.10), considered viable scenarios, is that this fund has financial viability, being among the scenarios simulated, the coefficients (0.75, 0.25) having the highest accumulated values. Finally, it is concluded that the economic viability of water transfers only focused on scenarios located between the coefficients (0.50, 0.50) and (0.90, 0.10). Furthermore, it is concluded that the association between options contract based insurance index released flow and financial background can contribute to mutual understanding between the sectors interested in local / regional on the need to harmonize, especially in times water more conflicting in the case, times of water scarcity.

Keywords: financial compensation, shortages, insurance, water transfer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma adotado na Revisão Bibliográfica.	20
Figura 2 – comportamento da função de pagamento do contrato de opção de Brown e Carriquiry, (2007)	51
Figura 3 - Modelagem de transferências de riscos e financeiras em épocas de falhas.	53
Figura 4 – Fluxograma realizado na execução dos estudos.	56
Figura 5 – Localização da Bacia Jaguaribe-Metropolitana no Estado do Ceará, Brasil (Fonte: Souza Filho e Brown, 2009).	58
Figura 6 - Exemplo de comportamento da função gama.....	62
Figura 7 – Curva de frequência acumulada versus vazão.	63
Figura 8 – benefícios econômicos versus vazão alocada obtidos pelas equações de benefícios.	67
Figura 9 – Benefícios marginais dos setores urbano e de irrigação para o Reservatório Orós.	68
Figura 10 – Exemplo de fluxo financeiro compostos de saídas, entradas e o acumulado.....	74
Figura 11 – Modelagem conceitual do fluxo do fundo financeiro.....	76
Figura 12 – Fluxograma dos resultados.	78
Figura 13 – Vazão (hm ³ /ano) versus garantia (%) do Reservatório Orós.....	79
Figura 14 – Curva de benefícios, urbano e de irrigação, para garantia de 98%.....	80
Figura 15 – Curva de benefícios, urbano e de irrigação, para garantia de 95%.....	81
Figura 16 – Curva de benefícios, urbano e de irrigação, para garantia de 90%.....	81
Figura 17 – Curva de transferência hídrica entre os setores para as garantias de 98, 95 e 90%.	82
Figura 18 – Transferência hídrica para as garantias de 98, 95 e 90% e delta 0,50 versus o período.	83
Figura 19 – Curva de ganhos, de perdas e de pagamento de opções, garantia de 98%.	84

Figura 20 – Curva de ganhos, de perdas e de pagamento de opções, garantia de 95%.....	84
Figura 21 – Curva de ganhos, de perdas e de pagamento de opções, garantia de 90%.....	85
Figura 22 – Taxa de variação de benefícios urbanos e de irrigação versus delta para garantia de 90%.....	88
Figura 23 – Ocorrência de pagamento de opção para garantia de 98%.....	90
Figura 24 – Ocorrência de pagamento de opção para garantia de 95%.....	91
Figura 25 – Ocorrência de pagamento de opção para garantia de 90%.....	91
Figura 26 – Relação de M_1 e M_2 para o delta 0,10 e garantia de 98%.....	94
Figura 27 – Relação de M_1 e M_2 para o delta 0,25 e garantia de 98%.....	95
Figura 28 – Relação de M_1 e M_2 para o delta 0,10 e garantia de 95%.....	95
Figura 29 – Relação de M_1 e M_2 para o delta 0,25 e garantia de 95%.....	96
Figura 30 – Relação de M_1 e M_2 para o delta 0,10 e garantia de 90%.....	97
Figura 31 – Relação de M_1 e M_2 para o delta 0,25 e garantia de 90%.....	97
Figura 32 - Comparação entre pgto. de opções, ganhos e perdas; garantia de 98% e delta 0,50.....	99
Figura 33 – Simulação dos fluxos do fundo financeiro para garantia de 98% e delta 0,50.....	99
Figura 34 – Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas; garantia de 98% e delta 0,75.....	100
Figura 35 – Simulação dos fluxos do fundo financeiro para garantia de 98% e delta 0,75.....	100
Figura 36 – Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas; garantia de 95% e delta 0,50.....	101
Figura 37 – Simulação dos fluxos do fundo financeiro para garantia de 95% e delta 0,50.....	101
Figura 38 – Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas; garantia de 95% e delta 0,75.....	102

Figura 39 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 95% e delta 0,75.	102
Figura 40 – Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas; garantia de 95% e delta 0,90.....	103
Figura 41 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 95% e delta 0,90.	103
Figura 42 – Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas; garantia de 90% e delta 0,75.....	104
Figura 43 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 90% e delta 0,75.	104
Figura 44 – Comparação entre pgto. de opções, ganhos e perdas; garantia de 90% e delta 0,90.....	105
Figura 45 – Simulação dos fluxos do fundo financeiro para garantia de 90% e delta 0,90.	105
Figura 46 – Valor de hm ³ transferido pelo setor de irrigação versus delta e garantia de 98%.	113
Figura 47 – Valor de hm ³ transferido pelo setor de irrigação versus delta e garantia de 95%.	114
Figura 48 – Valor de hm ³ transferido pelo setor de irrigação versus delta e garantia de 90%.	114
Figura 49 – Relação de M1 e M2 para delta 0,50 e garantia de 98%.	115
Figura 50 – Relação de M1 e M2 para delta 0,75 e garantia de 98%.	115
Figura 51 – Relação de M1 e M2 para delta 0,50 e garantia de 95%.	116
Figura 52 – Relação de M1 e M2 para delta 0,75 e garantia de 95%.	116
Figura 53 – Relação de M1 e M2 para delta 0,90 e garantia de 95%.	117
Figura 54 – Relação de M1 e M2 para o delta 0,50 e garantia de 90%.	117
Figura 55 – Relação de M1 e M2 para delta 0,75 e garantia de 90%.	118
Figura 56 – Relação de M1 e M2 para delta 0,90 e garantia de 90%.	119
Figura 57 - Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas e garantia de 98% e delta 0,10.....	119

Figura 58 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 98% e delta 0,10.	120
Figura 59 - Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas e garantia de 98% e delta 0,25.....	120
Figura 60 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 98% e delta 0,25.	120
Figura 61 - Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas e garantia de 98% e delta 0,90.....	121
Figura 62 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 98% e delta 0,90.	121
Figura 63 - Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas e garantia de 95% e delta 0,10.....	121
Figura 64 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 95% e delta 0,10.	122
Figura 65 - Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas e garantia de 95% e delta 0,25.....	122
Figura 66 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 95% e delta 0,25.	122
Figura 67 - Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas e garantia de 90% e delta 0,10.....	123
Figura 68 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 90% e delta 0,10.	123
Figura 69 - Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas e garantia de 90% e delta 0,25.....	123
Figura 70 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 90% e delta 0,25.	124
Figura 71 – Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas; garantia de 90% e delta 0,50.....	124
Figura 72 – Simulação dos fluxos do fundo financeiro para garantia de 90% e delta 0,50.	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evaporação mensal no Reservatório Orós.....	59
Tabela 2– Dados fluviométricos do posto de Iguatu-CE.	60
Tabela 3 – Garantia versus delta para o ponto de máximo benefício para irrigação.	68
Tabela 4 – Garantia versus delta para o ponto que zera os benefícios do setor urbano.	68
Tabela 5 - Valores dos benefícios versus delta para as garantias 98%, 95% e 90%, (Res. Orós).....	80
Tabela 6 – Comparativo entre ganhos, perdas e pagamento de opções para a garantia de 98%.	85
Tabela 7 – Comparativo entre ganhos, perdas e pagamento de opções para a garantia de 95%.	85
Tabela 8 – Comparativo entre ganhos, perdas e pagamento de opções para a garantia de 90%.	86
Tabela 9 – Dados sobre a ocorrência de igualdade de ganhos e perdas para cada garantia.	87
Tabela 10 – Perdas, ganhos e vazão alocada ao setor urbano para os deltas de ganhos máximos.	89
Tabela 11 – Salvaguardas monetárias ($1 - M_2$) para que ocorra a igualdade entre ganhos e os valores da função geral de pagamentos para a garantia de 98%.	93
Tabela 12 - Salvaguardas monetárias ($1 - M_2$) para que ocorra a igualdade entre ganhos e os valores da função geral de pagamentos para a garantia de 95%.	93
Tabela 13 - Salvaguardas monetárias ($1 - M_2$) para que ocorra a igualdade entre ganhos e os valores da função geral de pagamentos para a garantia de 90%.	93

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1 Objetivos	18
1.1.1 Objetivo geral.....	18
1.1.2 Objetivos específicos	18
1.2 Escopo	19
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.1 Sistema de gestão dos recursos hídricos (alocação)	20
2.2 Gestão de riscos climáticos.....	25
2.2.1 Riscos climáticos	30
2.3 Proteção ao risco.....	33
2.3.1 Seguros tradicionais	33
2.3.2 Derivativos climáticos	35
2.3.2.1 Definição de derivativos climáticos.....	36
2.3.2.2 Relação entre seguros e derivativos	36
2.3.2.3 Variáveis climáticas e índices	37
2.3.2.4 Pagamento de derivativos.....	37
2.3.3 Seguros baseados em índices.....	38
2.4 Fundo financeiro.....	45
2.5 Contrato de opção	47
3 Metodologia.....	53
3.1 Estratégia metodológica	55
3.2 Local/situação de aplicação	56
3.3 Obtenção de dados	59
3.3.1 Dados fluviométricos.....	59

3.3.2	<i>Dados de evaporação</i>	59
3.3.3	<i>Obtenção dos valores de vazões</i>	61
3.4	Avaliação de transferências hídricas.....	62
3.4.1	<i>Alocação de água baseada em Sistema de Prioridades</i>	63
3.4.2	<i>Alocação de água baseado no método do Rateio Linear</i>	64
3.5	Avaliação de transferências financeiras.....	66
3.5.1	<i>Diferença de benefícios obtida pela metodologia de alocação</i>	66
3.5.2	<i>Contrato de Opção associado ao Seguro Baseado em Índice</i>	69
3.5.3	<i>Função Geral de Pagamento (FGP)</i>	70
3.5.3.1	<i>Análise de sensibilidade da função geral de pagamento</i>	71
3.6	Fundo financeiro.....	72
3.6.1	<i>Fundamentos da compensação financeira pela transferência hídrica</i>	74
3.6.2	<i>Modelo conceitual da compensação pela transferência de risco</i>	75
3.6.3	<i>Simulação do fluxo do fundo financeiro</i>	76
4	Resultados e discussões	78
4.1	Vazão regularizada.....	79
4.2	Benefícios dos setores usuários de recursos hídricos.....	80
4.3	Transferências entre os setores.....	82
4.3.1	<i>Transferência hídrica</i>	82
4.3.2	<i>Transferências financeiras</i>	83
4.3.3	<i>Opções exercidas pelo contrato de opção</i>	90
4.3.4	<i>Simulação da função geral de pagamento versus a capacidade de pagamento do setor urbano</i>	91
4.4	Fundo financeiro.....	98
5	Conclusões e recomendações	108

6 Referências Bibliográficas.....109

1. INTRODUÇÃO

Água é um recurso dotado de valor econômico que sofre o fenômeno da escassez. Nos momentos em que surge esse fenômeno, embora o setor urbano seja prioritário na utilização desses recursos, os outros setores interessados também em utilizá-los tendem a entrar em conflitos com aquele setor. Dessa forma, esse trabalho propõe adoção de compensação financeira para os setores não prioritários a fim de amenizar os conflitos nos momentos de escassez hídrica.

Com o aumento da população, a escassez e os conflitos também aumentam, gerando disputas nas alocações dos recursos hídricos entre os setores urbanos, agrícola e industrial, além de elevar a demanda hídrica (Souza Filho e Brown, 2009).

Uma alternativa que reduziria a probabilidade de ocorrência escassez hídrica seria a construção de grandes reservatórios. No entanto, o alto custo econômico e social da ampliação de infraestrutura para suportar os efeitos da variabilidade climática exige alternativas inovadoras (Brown e Carriquiry, 2007).

Os setores não prioritários na alocação de recursos hídricos são prejudicados economicamente com a adoção de políticas de prioridades para o setor urbano em substituição à de alocação de longo prazo com fator distributivo fixo. Assim, esses setores sentem prejudicados por não obterem contraprestação pecuniária com a cessão de seus direitos outorgados.

Todavia, o impacto das reduções na liberação de água pode ser aliviado através da previsão de compensação financeira para quem transferir água por aqueles que a recebem. Pode haver maneiras de conseguir esse alívio sem mercados, incluindo o uso de seguro (Souza Filho e Brown, 2009).

Dessa forma, a sociedade deve buscar equilibrar seus interesses a fim de amenizar os conflitos entre seus setores. Uma das formas de conseguir isso, é por meio de trocas justas entre esses.

Se considerarmos que o setor receptor aumentará sua capacidade econômica à custa de redução dessa capacidade do setor transferidor, seria razoável adoção de medidas mitigadoras para esse desequilíbrio.

Com fim de mitigar os desequilíbrios econômicos afetados a setores transferidores de recursos hídricos, esse trabalho estudou metodologias para adoção de mecanismos financeiros que tornasse operacional aquela compensação com fim de amenizar as consequências das transferências hídricas a setores transferidores de recursos.

A modelagem para operacionalização dessa compensação baseou-se na formulação de um fundo financeiro gerenciado por terceiros, tendo o setor receptor de recursos hídricos (setor urbano) como responsável pelos aportes periódicos e o setor transferidor (irrigação) como destinatário dos valores financeiro do fundo.

Os resultados mostraram se interessantes quanto à capacidade das transferências hídricas ao setor urbano de suportarem as reduções de geração de receitas do setor de irrigação. Percebeu-se que, para as garantias simuladas, essa capacidade não foi plena, apenas para cenários nos quais os fatores de alocação de longo prazo entre os setores se encontravam em regiões com valores intermediários.

1.1 Objetivos

Para assegurar o sucesso e atingir os objetivos desta pesquisa, estão descritos abaixo os objetivos gerais e específicos.

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é pesquisar e desenvolver metodologias de mecanismos financeiros de gestão do risco climático em recursos hídricos tais como, fundo e seguro, que possibilitem menores variações nos preços da água e mitiguem os conflitos entre os setores quando da ocorrência de transferência de risco.

1.1.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral será necessário atender os seguintes objetivos específicos:

i) pesquisar mecanismos financeiros para a redução do risco associado ao clima que possibilitem maior capacidade de adaptação àquele;

ii) desenvolver metodologia de fundo financeiro que possibilite reduzir variações significativas dos preços da água em anos de escassez hídrica; e,

iii) desenvolver metodologia de seguro e de mecanismos financeiros associados a garantias diferenciadas de uso que possibilite compensação devido à transferência de risco entre usuários.

1.2 Escopo

O Capítulo 2 apresenta a revisão da literatura sobre sistema de gestão dos recursos hídricos; gestão de riscos climáticos relatando os principais riscos. Depois, apresentam os principais instrumentos de proteção aos riscos, seguros tradicionais e derivativos climáticos, comenta-se sobre fundo financeiro e contrato de opções.

O Capítulo 3 trata da metodologia de análise de transferências hídricas e financeiras. Neste capítulo, estuda-se, também, a metodologia de composição do fundo financeiro.

Os resultados das transferências hídricas e financeiras, das simulações das metodologias de transferências financeiras e dos fundos financeiros são apresentados no Capítulo 4. Como resultado, é mostrado comparativos dos cenários com os respectivos impactos financeiros aos setores envolvidos e os fluxos dos fundos financeiros simulados.

A conclusão da pesquisa encontra-se no Capítulo 5.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Esta seção do trabalho está sistematizada da seguinte forma: no primeiro subitem comenta-se sobre o sistema de gestão de recursos hídricos; o segundo adentra-se na gestão de riscos climáticos; o terceiro explana temática sobre a proteção ao risco; o quarto apresenta a temática sobre o fundo financeiro; e, por fim, o quinto subitem apresenta temática sobre o contrato de opções.

Para maior esclarecimento, está representado o fluxograma adotado nesse item.

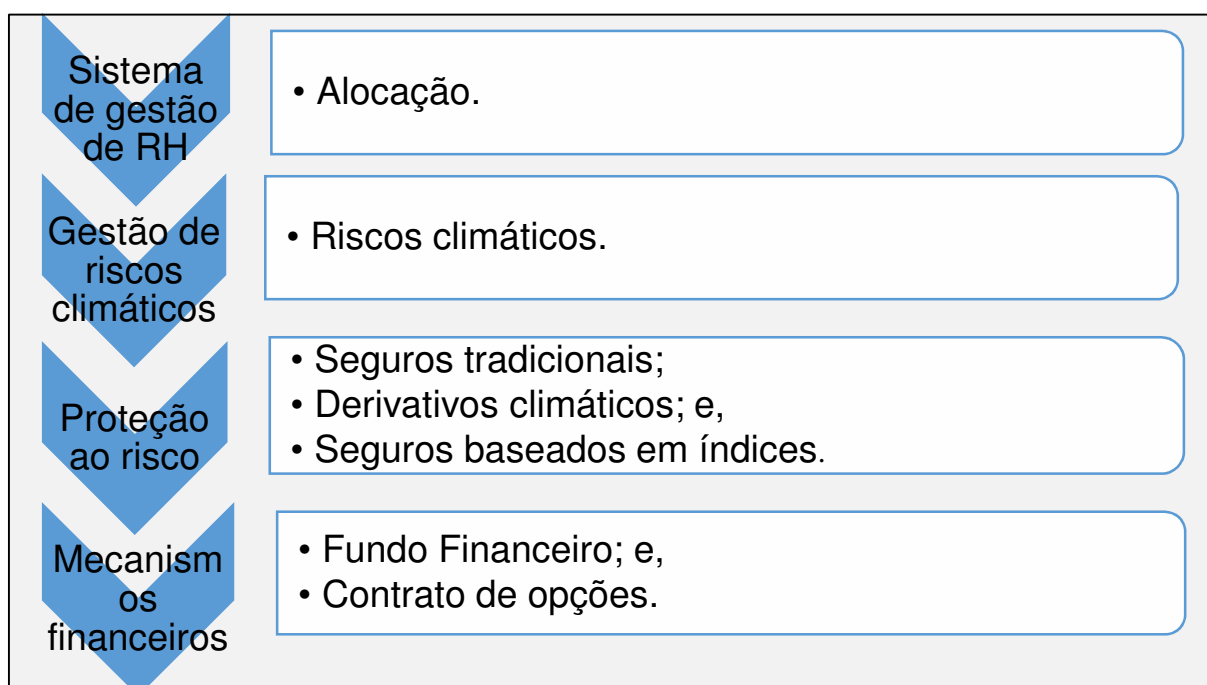


Figura 1 – Fluxograma adotado na Revisão Bibliográfica.

2.1 Sistema de gestão dos recursos hídricos (alocação)

A Gestão dos Recursos Hídricos (GRH) é a ferramenta que possibilitará equacionar e resolver as questões de escassez dos recursos hídricos Oliveira (2011 apud Barth *et al.*, 1987).

De acordo com Santos (2002), os sistemas de gestão de recursos hídricos existentes ou em implantação visam ordenar os conflitos derivados dos usos múltiplos, além de reduzir os efeitos gerados.

O gerenciamento de recursos hídricos teve evolução quanto aos objetos de atuação que merecem destaques. No Brasil, no início dos anos 1980, esse gerenciamento focou a gestão de ofertas, com a construção e operação da infraestrutura hídrica. Os governos agiam como planejadores e investidores (Souza Filho, 2005).

Já em meados da década de 1980, iniciou-se uma mudança no planejamento de recursos hídricos. Alterou-se o entendimento do que vinha ser gerenciar ou administrar recursos hídricos, tendo como motivação básica os conflitos pela água (Souza Filho, 2005).

Surgia o desafio de uma construção de práticas políticas e métodos técnicos que apoiassem essa nova visão de GRH. Esses métodos e práticas necessitavam reconhecer as características básicas do sistema de recursos hídricos que são a complexidade e os conflitos (Souza Filho, 2005).

Os sistemas de recursos hídricos passam a demandar nova abordagem de uma liderança colaborativa para lidar com sua complexidade e com seus conflitos. A complexidade demanda competência e os conflitos requerem cooperação, coordenação e comunicação (Grigg, 1996).

Os Sistemas de Recursos Hídricos é um sistema “técnico-social”, isto é, sistema de gestão de infraestrutura física que incorpora as organizações. Como sistema social, os sistemas de recursos hídricos incorporam os valores, crenças e interesses dos participantes (Grigg, 1996).

Com esse entendimento, as ações necessitam de menos capital intensivo e mais ações de gerenciamento direto; o foco deixou de ser no projeto para ser no processo. O gerenciamento direto considera a operação e manutenção dos hidrossistemas como outro nicho de ações de regulação (Grigg, 1996).

Quanto ao aproveitamento dos recursos hídricos, esse teve seis períodos relacionados ao ambiente (Tucci *et al.*, 2000):

- i) Engenharia com pouca preocupação ambiental (1945-60);
- ii) Início da pressão ambiental (1960-70);
- iii) Controle ambiental (1970-80);
- iv) Integração do ambiente global (1980-90);

v) Desenvolvimento sustentável (1990-2000); e

vi) Ênfase na água (2000-).

Assim, a prioridade do setor de recursos hídricos deve incluir: i) a proteção de mananciais e o tratamento de esgoto; ii) a preservação e aumento da disponibilidade de água nas áreas críticas; iii) o adequado controle das enchentes urbanas; e, iv) a conservação do solo rural (Tucci *et al.*, 2000).

Destaca-se que a Lei 9.433/1997 é o marco da reforma regulatória da água em abrangência nacional. Esta lei baseia-se na doutrina do direito ribeirinho, na medida em que cria instâncias decisórias para moderar eventuais contradições entre usuários dos recursos hídricos de uma mesma bacia. Entretanto, a lei generaliza o direito de acesso à água a todos os cidadãos, e não apenas a proprietários ribeirinhos, ampliando o conceito de “bem comum” para “bem público” (Kelman, 2000).

Esta reforma incorporou três dimensões constituintes que demandam maior atenção com vistas ao entendimento das determinações do gerenciamento de recursos hídricos sobre o processo de alocação de água: i) administração da escassez e gestão de conflitos de água; ii) desenvolvimento sustentável e iii) reforma do Estado (Souza Filho, 2005).

A fim de entender os impactos do novo marco regulatório da água, Baptista *et al.*, (2002) discutiram os aspectos institucionais e financeiros do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, identificando os principais problemas e causas, dentre eles, a inadequação no tratamento de questões intermunicipais e metropolitanas.

Outros estudos focaram nos impactos da escassez hídrica na alocação dos recursos hídricos. Constataram-se que, em tempos de escassez hídrica, a teoria econômica neoclássica direciona o uso da água para os seus usos mais produtivos e maximizaria a produtividade da água disponível. E caso um mercado exista, usuários de alto poder aquisitivo poderia compensar os usuários de menor poder aquisitivo pelo direito ao uso de sua água (Brown e Carriquiry, 2007; Souza Filho e Brown, 2009).

Souza Filho e Brown (2009) citaram os métodos atuais de alocação de água que incorporam resposta de curto prazo para escassez nos quais variam de mercado livre a mercado regulado, a bancos, a fixação de preço centralizado, regulado na prioridade e na negociação.

Esses autores avaliaram o desempenho de alternativas políticas para os mercados de água em termos de eficiência econômica através de modelos analíticos de alocação. Os sistemas prioritários e de negociação de preços foram comparados para diferentes níveis de escassez. A análise revelou que o desempenho de cada sistema depende do nível da escassez. Em geral, um sistema com base na prioridade é melhor nas piores condições de escassez, enquanto que a negociação é melhor nos outros casos. Este achado é pertinente à política de gestão da água e da seca, pois a negociação é frequentemente utilizada apenas nas piores condições e a de prioridades usadas em outros momentos. O trabalho mostrou os meios para avaliação das alocações sem mercado em termos econômicos (Souza Filho e Brown, 2009).

Além disso, esses autores avaliaram se os meios de alocação com relação ao desempenho, especificamente, em condições de escassez hídrica e em termos de eficiência econômica. As trocas entre os usuários em diferentes esquemas de alocação de água também foram examinadas. O contexto e os dados foram retirados do estado do Ceará, Brasil, e a análise foi aplicada para o caso de dois usuários de água em massa, a cidade de Fortaleza e do setor agrícola irrigado da Bacia do Jaguaribe-Metropolitana competindo por recursos hídricos compartilhados (Souza Filho e Brown, 2009).

Concluiu que o grau de escassez de água afeta o desempenho dos mecanismos de alternativas de alocação de água. Sob extrema escassez de água, o sistema atribui prioridade de água de acordo com a alocação economicamente ótima. Negociações participativas resultaram em benefícios econômicos menores que o máximo alcançável (Souza Filho e Brown, 2009).

Esses autores conceituaram essa diferença de "o custo de consenso". Ela representaria a distância da alocação economicamente ótima e a alocação negociada em termos de benefícios econômicos líquidos. É uma função do poder das partes envolvidas na negociação e do grau de escassez de água. Curiosamente, o custo de consenso é baixo para a escassez de água moderada e severa, mas, é alto para a escassez de água extrema. Isto pode ser, em oposição à maneira da negociação, a maneira como é empregada na prática - muitas vezes nas escassezes extremas, profissionais de alocação de água abandonam o sistema formal de alocação e voltam-se para resultados negociados. Essa análise não desaconselha tais ações, mas deixa

claro que essas negociações deveriam incluir mais variáveis de decisão, por exemplo, remuneração compensatória, ajuda do governo, etc. (Souza Filho e Brown, 2009).

No entanto, para esses autores, as alocações negociadas poderiam ter benefícios que não foram refletidas no escopo de seu trabalho, pois o custo de consenso é medido apenas em termos econômicos e poderia haver outros resultados negociados benéficos que não foram incluídos nesta análise (Souza Filho e Brown, 2009).

Assim, os autores não tentaram abordar as vantagens e desvantagens gerais de alocação negociada, mas apenas quantificar os resultados econômicos simulados. É importante notar também que alocação é função do poder de negociação das partes envolvidas, por isso, a negociação não é suficiente para alcançar resultados equitativos.

Ainda assim, a negociação realizada de forma transparente pode ser menos propensa a causar agitação política que pode acompanhar uma dependência de diretrizes centralizadas ou de mercado, especialmente onde a instabilidade política e social pode ser alta. Nesses cenários, considerando os custos potenciais associados tão vastos, o custo de consenso poderia ser bastante baixo (Souza Filho e Brown, 2009).

Um fator importante que afeta o desempenho dos mecanismos de alocação de água é a incerteza. Existem várias fontes de incerteza que impactam os seus resultados. As mais importantes são as incertezas de abastecimento devido à variabilidade climática, a de demanda que resulta da utilização de uma curva de demanda agregada e a institucional (Souza Filho e Brown, 2009).

A avaliação financeira das transferências hídricas mostrou que há vantagens econômicas para o setor urbano com essas transferências. Logo, essas vantagens poderiam justificar a adoção de compensação financeira ao(s) setor(es) transferidor(es) quando da necessidade de transferência de recursos hídricos outorgados dos outros setores. Essa compensação tornar-se-á mais uma ferramenta de apoio ao sistema de recursos hídricos (Souza Filho e Brown, 2009).

Esse estudo se motivou nesse fundamento. Buscou obter informações sobre as condições nas quais ocorrerem vantagens e desvantagens para os setores usuários na ocorrência de transferência hídrica entre eles.

2.2 Gestão de riscos climáticos

Pode-se definir risco como o produto da probabilidade pelas consequências de um evento. Considerando a natureza indesejável desse tipo de evento, as pessoas buscam ferramentas e/ou instrumentos a fim de diminuir as chances de ocorrências desse evento ou mitigar as consequências danosas que possa oferecer às pessoas ou a seus patrimônios.

De forma semelhante, define-se risco climático como o produto da probabilidade pelas consequências de algum evento climático prejudicial ocorra, tanto para os bens patrimoniais quanto para a própria vida.

A fim de evitar maiores perdas como a ocorrências desses tipos de eventos, o gerenciamento de riscos deve buscar ferramentas e/ou instrumentos que mitiguem os efeitos danosos à sociedade.

Com esse princípio, os agentes responsáveis pela gestão de riscos climáticos buscam diminuir ou mitigar os danos causados pelas alterações do clima.

A gestão de riscos dos recursos hídricos e do clima, no contexto da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH), aborda uma gama de atores e interesses, que vão desde gestão de desastres e desenvolvimento sustentável a novos instrumentos financeiros e oportunidades de mercado. Seguros e outros serviços financeiros são ferramentas importantes para preparação e resposta a desastre na abordagem integrada de gestão de risco (Hoff *et al.*, 2003).

Transferência de riscos climáticos, em muitas partes do mundo, comporta-se como seguro que objetiva mitigar esses riscos. No entanto, eles (seguros) geralmente não estão disponíveis nos países em desenvolvimento, onde os mercados de seguros são limitados e não são voltados para os pobres (Hellmuth *et al.*, 2009).

Meios baseados no mercado para a gestão do risco de desastres naturais estão surgindo. É possível criar contratos baseado em índices climáticos (Skees, 2000).

Um novo tipo de seguro - seguro baseado em índice climático, por exemplo, precipitação - oferece novas oportunidades para a gestão dos riscos climáticos nos países em desenvolvimento (Hellmuth *et al.*, 2009).

Mercados de riscos climáticos proporcionam novas oportunidades para países em desenvolvimento a fim de transferir riscos de perdas relacionados ao clima. Dessa forma, os decisores políticos podem utilizar os mercados de riscos climáticos para desenvolver e ressegurar programas de assistência efetiva de desastre que seria ativada pelos eventos climáticos catastróficos específicos que foram antecipadamente definidos (Varangis *et al.*, 2002).

Nos últimos anos, a comunidade internacional tem concentrado mais atenção na relação entre desastres climáticos e pobreza. As medidas tomadas para reduzir os impactos econômicos dos desastres climáticos podem proporcionar avanços significativos na luta contra a pobreza (Varangis *et al.*, 2002).

Embora o clima não possa ser controlado, mercados de riscos climáticos podem ser utilizados a fim de compensar os impactos financeiros de eventos climáticos adversos e, possivelmente, compensar o sofrimento humano nos países em desenvolvimento (Varangis *et al.*, 2002).

O clima sempre apresentou um desafio para aqueles cuja subsistência depende dele. Afastar-se dessa dependência é geralmente um passo inicial no desenvolvimento econômico, mas milhões de pessoas ainda não conseguiram dar esse passo. Com a variabilidade climática e o aumento da incerteza com a mudança climática, reversões de desenvolvimento humano é uma possibilidade distinta (PNUD, 2007). Clima tem, portanto, se tornado uma questão urgente para a agenda do desenvolvimento (Hellmuth *et al.*, 2009).

A demanda crescente por água, em meio à hidrologia variável e à incerteza climática, desafia os métodos tradicionais de alocação de recursos hídricos escassos (Souza Filho e Brown, 2009).

A crescente demanda por recursos hídricos observada ao redor de todo o mundo reforça a motivação para melhorar os mecanismos pelos quais a água é alocada entre os usuários e os setores econômicos. Mercados têm sido promovidos como uma solução e eles têm o mecanismo crítico de utilizar a informação privada da demanda de água (disposição a pagar e a quantidade de água demandada agregada) de cada usuário de água que tem acesso ao mercado. Em termos de eficiência econômica, este mecanismo é de alocação ótima e, portanto, a referência contra a qual outros mecanismos são quantificados. Na prática, os mercados reais podem

diferir da alocação ótima devido às várias falhas de mercado que acompanham muitas variáveis, como os recursos de multiuso e de sustentabilidade ambiental como é a água (Souza Filho e Brown, 2009).

A robustez e a resiliência dos métodos existentes para a gestão de risco em recursos hídricos têm o potencial de servir de forma eficaz como a base para a adaptação às mudanças na oferta e na demanda de água resultantes das alterações climáticas. O desafio imediato para os planejadores de recursos hídricos é, portanto, assegurar a aplicação generalizada e adequada de técnicas disponíveis. Ao mesmo tempo, nova pesquisa e o desenvolvimento de métodos adicionais devem ser encorajados (Major, 1998).

Martin *et al.*, (2001) estudaram um derivativo de precipitação única que permite que o comprador especifique os parâmetros da função de indenização. Métodos de precificação são apresentados no contexto de um exemplo para colheita de algodão no Mississippi - EUA.

Skees (2003) produziu um trabalho que se baseia na esperança por inovações revistas em mercados financeiros globais que oferecem oportunidades únicas às Pequenas Entidades de Financiamento Rural (PEFRs) a fim de gerenciar riscos correlacionados e expandir sua capacidade de ajuda às famílias rurais. Duas inovações que se oferecem e que muito se esperam são: 1) o uso de mercados futuros globais através de intermediários que possa oferecer uma forma de preço de seguro e 2) o uso de contratos de seguro baseado em índice para transferir os riscos de desastres naturais aos mercados globais.

Brown e Carriquiry (2007) propuseram-se transformar a variabilidade do espaço climático (variável de afluência) para o espaço financeiro (variável custo) com contrato de opção e então gerenciar a variabilidade financeira com Seguro.

Para Skees (2003), financiamento rural é gerenciamento de risco. Uma grande vantagem de entidades de microfinanças e outras formas de ação coletiva tem sido a capacidade de agregar risco.

Agricultura continua a ser uma atividade dominante em muitas economias rurais das nações mais pobres em todo o mundo. Há inúmeros desafios no desenvolvimento de mercado financeiro para gerenciar os riscos climáticos nos países em desenvolvimento (Skees, 2003).

Goes e Skess (2003) detalharam alguns problemas inerentes às fontes tradicionais de ajuda de desastres e propuseram um mecanismo alternativo para a transferência de riscos de catástrofe que une inovações financeiras e comunidades de doadores.

A escala das perdas por desastres naturais em países pobres muitas vezes supera os recursos de fontes internas e externas de financiamento de caridades. Títulos de catástrofe ofereceriam a oportunidade de transferir o risco de baixa probabilidade e com eventos de alta perda para o mercado de capitais onde há maior capacidade de absorção das perdas de desastres (Goes e Skess, 2003).

Potenciais benefícios de longo prazo de fornecimento de ajuda para desastre nesta forma incluem melhor preparação para o desastre, cooperação entre organizações de ajuda e surgimento de seguros nacionais e de outros mercados financeiros (Goes e Skess, 2003).

Benefícios mais imediatos poderiam ser realizados através do uso mais eficiente dos fundos de socorro. Recursos monetários também garantem que os suprimentos necessários serão comprados, eliminando os fardos muitas vezes colocados em comunidades sinistradas com inundação, de itens desnecessários (Goes e Skess, 2003).

Transferência de risco de desastres naturais catastróficos evita choques econômicos indevidos às economias frágeis dos países de baixa renda. Isto por sua vez, pode facilitar o desenvolvimento de mecanismos formais de gestão de riscos, incluindo seguros e medidas de mitigação. Mercados financeiros confiáveis podem proporcionar oportunidades de geração de renda e desenvolvimento econômico com maior acesso a esses mercados. No entanto, soluções de longo prazo para gestão de riscos de desastres são limitadas pela capacidade do governo central em fornecer regulamentos, estruturas legais e outros serviços. Direitos de propriedade mal definidos também limitará os investimentos feitos na mitigação de riscos. Até os problemas subjacentes da pobreza e da desigualdade social foram abordados, os setores marginalizados da sociedade permanecerão vulneráveis aos impactos econômicos dos desastres naturais (Goes e Skess, 2003).

Quando as informações sobre exposição ao risco são identificadas, melhores decisões poderão ser feitas a respeito de gestão de risco (Goes e Skess, 2003).

Se projetado e introduzido com cuidado, o seguro baseado em índice tem o potencial de contribuir significativamente para o desenvolvimento sustentável, preenchendo uma lacuna existente no portfólio da gestão dos riscos climáticos. No entanto, este potencial ainda precisa ser provado, e existem alguns desafios significativos que devem ser resolvidos (Hellmuth *et al.*, 2009).

Riscos impeditivos direcionados ao desenvolvimento e às inovações nos mercados financeiros têm alimentados um renovado interesse na busca que permitam aos agricultores intensificarem os seus trabalhos e que invistam em retornos mais elevados, mas em atividades de maior risco. Isto é apontado como fundamental para ajudar os agricultores dos países em desenvolvimento a escaparem das armadilhas da pobreza (Carriquiry e Osgood, 2011).

Um esforço considerável tem sido dedicado ao estudo da interação entre o seguro e os dados de entrada de decisões. Trabalho também explorou a relação entre previsões climáticas e utilização de insumos. Como a literatura tem falado pouco sobre a interação entre seguro, em particular, seguro baseado em índice e previsões climáticas, os autores formalizaram e estudaram as relações básicas entre as previsões, seguros e produção de decisões através de um modelo teórico (Carriquiry e Osgood, 2011).

Para Carriquiry e Osgood (2011), trabalhos futuros necessitarão abordar tanto as questões técnicas de forma adequada da tradução da previsão de informações em um seguro imparcial e questões financeiras quanto questões de como construir um produto que pode ser comercializado e financiado por uma empresa de seguro, que atenda às demandas dos clientes e que seja conforme a estrutura legal permitida para o seguro local.

Novas e proativas iniciativas devem ser direcionadas a todos os componentes do ciclo de desastre, reforçar a resistência e a capacidade de adaptação dos grupos afetados, e desenvolver novas ferramentas e parcerias. Em parcerias públicos-privadas, os governos podem tomar vantagem da especialização das

seguradoras comerciais para apreciar as alegações e fazer pagamentos (Hoff *et al.*, 2003).

Sistemas de microsseguro e seguro agrícolas, muitas vezes implementados conjuntamente pelo setor privado, governos e ONGs são mecanismos de diversificação de risco, em especial para países em desenvolvimento. Microcréditos para as famílias de baixa renda e aos agricultores apoiam a recuperação de desastres e contribuem para diversificar as fontes de renda. Instrumentos especializados de finanças podem ajudar a transferir parte da carga de resseguro para mercado financeiro internacional, especialmente em países pequenos, onde um desastre pode causar perdas equivalentes a 30% ou mais da renda nacional (Hoff *et al.*, 2003).

Dentro do contexto GIRH, o Diálogo sobre Água e Clima (www.waterandclimate.org) sintetizou uma alta gama de ferramentas e estratégias de enfrentamento aos riscos climáticos (DWC2003). Esse diálogo indicou que as abordagens proativas são mais susceptíveis de reforçar a resiliência das sociedades contra desastres relacionados à água, (Hoff *et al.*, 2003).

2.2.1 Riscos climáticos

A variabilidade climática, a dinâmica de uso do solo, a evolução do problema demográfico e dos objetivos sociais são alguns dos fatores que geram incertezas climáticas, aumento de cheias em regiões urbanas, potencial redução da qualidade da água, crescimento da demanda, e em contrapartida, oferta cada vez mais cara de água. O que se espera é um suprimento de água confiável, de boa qualidade e o controle de cheias de forma a satisfazer os objetivos definidos pela sociedade (Souza Filho, 2005).

A variabilidade e as alterações climáticas adicionam riscos importantes às variáveis do desenvolvimento sustentável. As alterações climáticas dos últimos anos têm incentivado estudiosos e governos no sentido de atenuar e/ou adaptar-se às mudanças refletidas. Um dos fenômenos mais importantes relacionado ao tema é *El Nino*. Este fenômeno relaciona-se às mudanças nas quais chove muito em locais de pouca chuva e chove menos em locais de muita chuva (Hoff *et al.*, 2003).

A produção agrícola e o agronegócio estão expostos a muitos riscos relacionados ao clima. Nos últimos anos tem visto o surgimento de um interesse crescente em derivativos relacionados ao clima como mecanismos de compartilhamento de riscos devido a fenômenos climáticos (Martin *et. al.*, 2001).

Riscos catastróficos ou sistêmicos são grandes desafios para os sistemas agrícola e alimentar e às comunidades rurais. Mercados do setor privado para a partilha de riscos catastróficos são limitados, porém, menos do que no passado (Skees e Barnett, 1999).

Skees e Barnett (1999) apresentaram uma base conceitual para entender o porquê de os mercados de partilha de riscos catastróficos podem ser incompletas e/ou ineficientes. Em seguida, novos modelos de desenvolvimentos do mercado de capitais foram apresentados e uma alternativa no qual o governo poderia escrever opções de risco para perigos específicos foi introduzida.

Um clima variável e imprevisível apresenta risco às pessoas pobres que pode restringir criticamente as opções e limitar seu desenvolvimento. Assim, o risco se materializa em dois níveis: os efeitos diretos de um choque climático, e os efeitos indiretos, devido à ameaça de um choque climático (se ocorre ou não). Quando ocorre um choque climático, as pessoas pobres são vulneráveis. Estratégias locais de enfrentamento muitas vezes falham. As pessoas pobres têm poucos recursos a se recorrer, e podem ser forçadas a vendê-los a fim de sobreviver e, quando a crise passar, eles estarão em uma posição muito pior do que anteriormente. Esses impactos podem durar anos, na forma de diminuição da capacidade produtiva e do enfraquecimento da subsistência (Hellmuth *et al.*, 2009).

Desastre natural pode criar choques significativos no abastecimento de alimentos para os pequenos estados do país. Estes eventos são muito prejudiciais para o processo de desenvolvimento (Skees, 2000).

A segurança alimentar tem muitas dimensões e desastres naturais a desafiam no curto prazo por meio da escassez de alimentos e, a longo prazo, com o subdesenvolvimento da economia agrícola, se houver mercados incompletos de partilha de riscos. No entanto, tentativas para introdução de programas de seguro agrícolas com múltiplos perigos nas economias em desenvolvimento falharam em grande parte do globo (Skees, 2000).

Skees (2000) revisou algumas das razões para o fracasso do seguro agrícola. Com base em sua revisão e discussão dos mercados internacionais de resseguro para as catástrofes naturais e dos novos mercados de capitais, o autor apresentou a alternativa de uso de um índice de chuvas nos países em desenvolvimento ao invés de seguro agrícola tradicional.

O desafio de lidar com desastres naturais tem aumentado tanto quanto as populações. Esses desafios têm sido agudos, particularmente, nos países em desenvolvimento onde tanto as perdas humanas quanto econômicas podem ser surpreendentes e os recursos financeiros serem limitados (Varangis *et al.*, 2002).

Reduzir a vulnerabilidade econômica devido a eventos climáticos em países em desenvolvimento pode ser o desafio econômico muito mais crítico para o desenvolvimento do novo milênio. E as perdas em desastres naturais nos países em desenvolvimento são 20% maior do que em países industrializados em proporção ao PIB. As economias de muitos países em desenvolvimento dependem muito da agricultura e o sucesso agrícola é diretamente ligado ao clima (Varangis *et al.*, 2002).

Os fatos históricos são convincentes - extremos de precipitação e de temperatura são causas da grande maioria dos problemas documentados relacionados ao clima. Estas questões merecem atenção, tanto do setor público quanto do setor privado (Varangis *et al.*, 2002).

Embora os eventos catastróficos de baixa frequência possam precisar de assistência do governo, outros eventos mais frequentes, com menor gravidade de perdas, seriam mais adequadamente direcionados para os mercados formais de seguros. Assim, mercados internacionais relacionados ao clima poderiam apoiar o desenvolvimento de seguros privados e de mercados de resseguros dentro de países em desenvolvimento, fornecendo oportunidades para a transferência de risco climático sistêmico local a intermediários financeiros fora do país (Varangis *et al.*, 2002).

Empresas de comércio internacional do clima ganhariam os benefícios da diversificação incluindo o risco climático de países em desenvolvimento em suas carteiras. Isso pode contribuir para reduzir o risco global da carteira de clima e os custos globais de cobertura de riscos climáticos (Varangis *et al.*, 2002).

2.3 Proteção ao risco

A partir da percepção sobre a existência de riscos nas atividades exercidas pelos agentes, buscar-se-á gerenciá-los com uso de metodologias e ferramentas disponíveis que mitiguem as consequências que as ocorrências de eventos danosos possam resultar.

A ferramenta mais utilizada de proteção aos riscos atualmente é o seguro. No entanto, seguro é gênero tendo como espécie o seguro agrícola, seguro baseado em índice, dentre outros. De outra forma, proteção ao risco é transferir a terceiros a responsabilidade dos danos causados pela ocorrência de eventos desagradáveis e de ser recompensado financeiramente a partir de um pagamento proporcional ao dano.

2.3.1 Seguros tradicionais

Seguro é uma transação contratual no qual uma das partes se compromete a cobrir os danos financeiros devido a um evento específico com contraprestação pecuniária da outra parte denominada de prêmio.

Dessa forma, seguro é a transferência de um prêmio a fim de assegurar-se contra eventos de efeitos negativos aos patrimônios das pessoas, possibilitando uma garantia de não deterioração destes.

A forma de formação do seguro pode utilizar o Prêmio Puro ou o Prêmio comercial (Ferreira, 2010).

Prêmio Puro – esse prêmio é igual ao prêmio de risco mais um carregamento de segurança estatístico (β) (Ferreira, 2010).

$$P = E[S] \times (1 + \beta) \quad (1)$$

Onde:

P é igual ao prêmio puro;

$E[S]$ é a sinistralidade esperada, ou seja, o valor médio do dano financeiro causado pelo evento climático assegurado; e,

(β) é o carregamento de segurança estatístico.

O carregamento de segurança serve como uma margem de segurança para cobrir as flutuações estatísticas do risco, de modo que exista uma probabilidade pequena de os sinistros superarem o prêmio puro (Brito, 2007 e Ferreira, 2010).

Prêmio Comercial (π) – esse prêmio corresponde ao prêmio puro acrescido do carregamento para as demais despesas da seguradora (α), incluída uma margem para lucro (Ferreira, 2010).

Supondo que o índice de despesas α incida sobre o prêmio comercial, temos, então (Ferreira, 2010):

$$\pi = \alpha \pi + P \quad (2)$$

$$\pi = \frac{P}{1-\alpha} = \frac{E[S](1+\beta)}{1-\alpha} \quad (3)$$

Logo,

$$\frac{E[S]}{\pi} = \frac{1-\alpha}{1+\beta} \quad (4)$$

Onde:

π é o prêmio comercial; e,

α é o carregamento para as demais despesas da seguradora incluída a margem de lucro.

Na prática, $\frac{E[S]}{\pi}$ é a chamada sinistralidade esperada sobre o prêmio comercial. De outra forma, essa sinistralidade é o valor financeiro médio que o evento climático a ser segurado provoca danosamente às pessoas que compõem o grupo de risco considerado nos cálculos do seguro (Ferreira, 2010).

Após calcularmos o prêmio comercial (π) suficiente para cobrir todos os sinistros esperados na carteira ($E[S]$) e as demais despesas da seguradora ($\alpha\pi$), precisamos calcular o prêmio por cada unidade de exposição ao risco (π_1), ou seja (Ferreira, 2010):

$$\pi_1 = \pi/F \quad (5)$$

Onde F é o total de exposição ao risco. Quando consideramos F como sendo o número de segurados contra os riscos expostos, π_1 representa o prêmio

comercial individual a ser pago por cada segurado. Quando F é o total de importância segurada exposta, então π_1 é a taxa comercial individual a ser aplicada à importância segurada de cada apólice, resultando no prêmio comercial individual (Ferreira, 2010).

No cálculo da exposição ao risco leva-se em consideração a relação entre o tempo em que o risco ficou exposto no período de análise e o tempo total do período de análise, mesmo que o risco tenha iniciado antes desse período (Brito 2007).

2.3.2 Derivativos climáticos

Outra proposta de securitização seria a utilização de derivativos climáticos. A proposta dos derivativos climáticos é permitir empresas e outras organizações a se segurar contra flutuações do clima. Por exemplo, eles permitem que companhias de gás evitem os impactos negativos de um inverno ameno quando poucos usuários ligam aquecedores (Jewson *et al.*, 2005).

Derivativos climáticos foram concebidos para ajudar as empresas a assegurar-se contra os eventos climáticos **não catastróficos**, diferentemente dos seguros tradicionais que arcam sobre os eventos catastróficos. Aqueles eventos incluem períodos quentes ou frios; chuvoso ou seco, de ventania ou calmaria, assim por diante (Jewson *et al.*, 2005).

A cobertura com esses derivativos seria desejável para muitas empresas porque eles reduziram significativamente a volatilidades anuais de seus lucros. Isto é benéfico por várias razões, incluindo (Jewson *et al.*, 2005):

- baixas volatilidades nos lucros podem reduzir com frequência as taxas de juros em empréstimos financeiros; e,
- em empresas de capital aberto, baixa volatilidade nos lucros normalmente se traduz em menores volatilidades nos valores das ações e ações menos voláteis, valorizam-se mais rapidamente.

Destaca-se que entidades estatais também podem usar os derivativos climáticos a fim de reduzir as variabilidades dos custos e com isso, reduzir os riscos de seus orçamentos se elevarem com a ocorrência de variações climáticas (Jewson *et al.*, 2005).

O interesse nesses derivados está crescendo rapidamente. Até aquele momento, a maioria das aplicações nos Estados Unidos tem sido em indústrias não

agrícolas. No entanto, vários outros países estão tentando usá-los em aplicações agrícolas (Martin *et al.*, 2001).

2.3.2.1 Definição de derivativos climáticos

Um contrato de derivativo climático é definido pelos seguintes atributos (Jewson *et al.*, 2005):

- período de contrato: uma data de início e uma data de fim;
- uma estação de medição climatológica identificada/definida;
- uma variável do clima que possa ser medida nessa estação climatológica;
- um índice que agrega a variável climática ao contrato de alguma forma;
- uma função de pagamento que converte o índice em fluxo de pagamento e que liquida os derivativos rapidamente depois do fim do período do contrato; e,
- para alguns tipos de contratos, um prêmio pago pelo comprador ao vendedor no início do contrato.

Estes atributos básicos são suplementados por um(a): (Jewson *et al.*, 2005)

- agência reguladora, responsável pela definição da variável climática;
- agência de liquidação, responsável pela definição dos valores finais dos índices na base dos valores medidos, a fim de definir o algoritmo que lida com todas as eventualidades, tais como as falhas nos equipamentos de medição;
- estação de medição climatológica de segurança, para ser usada nos casos em que a estação principal falhar; e,
- período sobre o qual a liquidação ocorra.

2.3.2.2 Relação entre seguros e derivativos

Derivativos climáticos têm um pagamento dependente do índice climático que tem sido cuidadosamente escolhido para representar as condições climáticas contra a qual a proteção está sendo desejada. O efeito econômico da cobertura usando derivativos climáticos também pode ser alcançado usando um contrato de seguro tradicional que tem um pagamento baseado no índice climático (Jewson *et al.*, 2005).

Outras formas nas quais o seguro e derivativos diferem incluem os seguintes (Jewson *et al.*, 2005):

- pode ser necessário realizar uma reavaliação frequente (diária, semanal ou mensal) de posições dos derivativos, conhecidas como marcação a mercado ou a modelo, mas geralmente isso não é necessário para seguros;
- obrigações fiscais podem ser diferentes (mais comumente, seguros incorrem em uma taxa, mas derivativos não);
- o tratamento contábil pode ser diferente.
- detalhes contratuais podem ser diferentes.

2.3.2.3 Variáveis climáticas e índices

O clima afeta diferentes entidades de formas diferentes. A fim de cobrir estes diferentes tipos de riscos, derivativos climáticos são baseados na variedade de diferentes variáveis climáticas e também podem ser estruturados a partir de mais de uma variável climática. A variável mais comumente usada é a temperatura, seja como valor horário, seja diária mínima ou máxima, seja média diária. Destas, a média diária é a mais frequente (Jewson *et al.*, 2005).

Além da temperatura, o vento e a precipitação são medidas usadas também como variável climática nos derivativos climáticos. Seguros baseados em outras variáveis climáticas, tais como o “número de dias com sol”, vazões ou temperatura da superfície do mar, são também possíveis. Tudo que é necessário é uma fonte de medições confiável e precisa, que seja possível que uma estrutura de derivativo seja criada e que o índice capture a maior relevância do evento climático a ser segurado (Jewson *et al.*, 2005).

2.3.2.4 Pagamento de derivativos

Os índices que definem a variável climática é base para as propostas de contratos de derivativos climáticos. Os contratos serão liquidados financeiramente usando o valor mensurado dos índices como a entrada à função pagamento. Esta função define precisamente quem poderia pagar, quem deve pagar o quê a quem ao fim do contrato. As estruturas das funções de pagamentos mais comuns são a permuta e a opções de compra e venda (Jewson *et al.*, 2005).

2.3.3 Seguros baseados em índices

Seguro baseado em índice climático é originado da aplicação do derivativo climático para cobertura financeira sobre eventos climáticos (Jewson *et al.*, 2005).

Seguro baseado em índice pode ser aplicado em uma gama variada de problemas relacionados aos riscos climáticos, de perda de colheitas devido à seca, à perda de animais em condições de inverno rigoroso, às perdas resultantes de furacões. Ele pode ser comprado em diferentes níveis sociais - a nível micro por pequenos agricultores, a nível intermediário por fornecedores de insumos ou bancos, ou a nível macro pelos governos, por exemplo. Esse tipo de seguro será inadequado em muitas situações, mas pode ser uma opção útil em muitas outras. Como a consciência e o conhecimento desta nova ferramenta está aumentando, e se vários desafios podem ser superados, esse novo tipo de seguro poderia se tornar amplamente disponível como uma opção adicional para aqueles que enfrentam um risco meteorológico (Hellmuth *et al.*, 2009).

Uma literatura crescente e prática foca na regra e no potencial do seguro baseado em índice para cobertura de riscos relacionados ao clima. Enquanto há poucos estudos do potencial da aplicação à cobertura de riscos de abastecimento de água, não há estudo de um índice desenvolvido para ajudar aos gestores a dividir os recursos hídricos ou uma estratégia de cobertura de risco de abastecimento de água para o abastecimento de água potável. Seguro baseado no índice do nível do reservatório poderia realizar pagamentos quando a afluência chegar abaixo de um especificado volume (Brown e Carriquiry, 2007).

Leiva e Skees (2005) propuseram o índice “afluência ao reservatório” no México como forma de os fazendeiros se protegerem dos riscos de que eles não teriam quantidade de água suficiente para irrigar suas culturas.

Brown e Carriquiry (2007), propuseram o seguro baseado no índice “nível do reservatório” como um mecanismo complementar a fim de suavizar a variável custo de fornecimento do mercado de água.

Breustedt *et al.*, (2008) analisaram a redução do risco através de contratos de índice climático e de seguros baseado em índice - área de produção - para fazendas de trigo do Cazaquistão, empregando dados de 1980 a 2002 usando, como critério, a abordagem da média comum e da variância.

Seguro baseado em índice reduz a variabilidade dos custos para um pequeno intervalo e reduz fortemente a magnitude de prêmio máximo. Seguro e outras estratégias de cobertura relacionadas ao clima são novos aspectos de desenvolvimentos pelos mercados financeiros. Contratos de seguro oferecem o potencial de aliviar a variabilidade dos custos da água no abastecimento através de mercados ou de transferências de mercado, e assim, melhorar a sua viabilidade como uma alternativa à criação de nova infraestrutura de armazenamento. Assim como um reservatório não cria água, mas só altera a distribuição temporal de seu fluxo, então um mecanismo institucional pode fazer com menos, uma vez que não cria água nem fluxo médio. Ele pode, se bem projetado, fornecer um justo, suave e eficiente meio de partilha de escassez entre os usuários (Brown e Carriquiry, 2007).

Progressos têm sido feitos na concepção e na oferta de contratos de seguro baseado em índice para uma variedade de riscos correlacionados nos países em desenvolvimento. Esses seguros podem transferir os riscos correlacionados de pequenos países para o mercado global. À medida que o índice é baseado em uma medida segura e objetiva do risco, esta abordagem oferece uma importante mudança na inovação de riscos para os países em desenvolvimento, onde a estrutura legal para produtos mais sofisticados de seguro é totalmente inadequada. Contratos de seguro baseado em índice envolvem custos de transação significativamente mais baixos e podem ser oferecidos diretamente aos usuários finais de empresas que operam em um mercado global (Skees, 2003).

É possível que a oferta de seguro baseado em índice diretamente para as Pequenas Entidades de Financiamento Rural (PEFR) possa contornar governos ruins, políticas macroeconômicas equivocadas e estruturas jurídicas inadequadas (Skees, 2003).

Skees (2008) apresentou a inovação de seguro climático projetado para atender às circunstâncias especiais dos países pobres com baixa renda. Com o seguro baseado em índice, os pagamentos serão feitos com base em um índice objetivo e independente que atua como um intermediário para perdas significativas das culturas, dos animais ou de outros bens. Por exemplo, o índice pode ser baseado em medidas extremas de chuva que criam secas ou inundações. Estações meteorológicas ou imagens de satélite até mesmo em conjunto com modelos de computador podem ser usadas para criar confiáveis "índices" como base dos

pagamentos. O autor analisou esta inovação, proporcionando o pano de fundo para o seu desenvolvimento e a motivação para usar a inovação nos países pobres.

Cita-se exemplos de como o seguro baseado em índice está sendo utilizado para gerenciar o risco climático em países de baixa renda. Embora o seguro de índice baseia-se em determinadas condições e princípios, cada país apresenta desafios únicos que influenciará como o seguro baseado em índice será estruturado e implementado. Como os exemplos a seguir ilustram, seguro baseado em índice pode apoiar vários objetivos de desenvolvimento comuns, incluindo a proteção da vida rural e redução da pobreza, fortalecendo a economia rural e melhoria da assistência em catástrofes e as políticas de rede de segurança (Skees, 2008).

a) Na Índia, o seguro baseado em índice de chuva foi vendido por empresas privadas desde 2003 a fim de compensar os agricultores pelas perdas agrícolas devido à seca e à chuva em excesso. Em 2005, a companhia de seguros do governo indiano também começou a vender este tipo de seguro. Até 2008, estes produtos de seguros estavam sendo vendidos sem subsídios. Em 2005, cerca de 250.000 pequenas famílias de agricultores indianas compraram alguma forma de seguro baseado em índice para risco climático. O interesse tem sido significativo o suficiente para que os investimentos privados estejam sendo feitos para aumentar o número de estações meteorológicas a fim de reduzir a base de risco (Skees, 2008 apud Bryla e Syroka, 2007).

b) Na Mongólia, o projeto piloto mongol, apoiado pelo Banco Mundial, oferece seguro aos pastores a fim de se proteger contra as elevadas perdas do gado, devido a invernos severos (Mahul e Skees, 2006). Empresas de seguros privados venderam seguro de índice para o gado a 2.400 pastores em 2006, primeiro ano piloto. A taxa de participação superou as expectativas para o primeiro ano, em cerca de 9% dos pastores que foram elegíveis, compraram o seguro no primeiro ano. O índice baseia-se no nível municipal de taxas de mortalidade de gado que são coletadas pelo Escritório Nacional de Estatísticas. Embora o índice se baseie sobre a mortalidade de animais e não em um evento climático específico, a principal causa subjacente de perdas de animais de grande porte é o somatório de seca seguida de inverno severo. É importante ressaltar que o projeto mongol explicitamente separa o lado comercial do lado social do seguro. Seguradoras comerciais vendem o produto de seguro base, que indeniza as perdas quando a mortalidade de gado do país estiver entre 7% e 30%. Quando há perdas superiores a 30% de mortalidade, o governo paga para eles com o Produto de Resposta a Desastres. Os pastores que não comprar o produto de seguro base pode pagar uma pequena taxa administrativa para se inscrever no Produto de Resposta a Desastres. Três dos principais credores rurais que estão fazendo micro empréstimos para os pastores já têm taxas de juros reduzidas para os pastores que adquirir o Produto Seguro Base.

c) No Malawi, o Banco Mundial ajudou a desenvolver um seguro baseado em índice de precipitação, piloto em 2005, para agricultores de amendoim a fim de se proteger contra as perdas da seca (Hess e Syroka, 2005). Quase 900 agricultores compraram o seguro no primeiro ano (Bryla e Syroka 2007). O resultado pretendido é melhorar o acesso ao crédito para os pequenos agricultores. Duas instituições financeiras rurais concordaram em estender o crédito aos agricultores que comprarem o seguro baseado em índice,

permitindo que os agricultores obtenham empréstimos para a compra de semente certificadas de maior qualidade.

d) No Peru, desenvolvido no âmbito de um projeto da USAID, um seguro baseado em índice piloto sobre El Niño e Oscilação do Sul (ENSO) recebeu aprovação preliminar dos reguladores bancários e de seguros. O Seguro ENSO é baseado em um índice de temperatura da superfície do mar na costa do Peru e pagaria quando existirem anomalias nessas temperaturas. Quando o Oceano Pacífico aquece significativamente, há precipitações extremas e inundações nas regiões do norte do Peru. Estes períodos de chuvas extremas causam quebras de safras significativas e danos à infraestrutura e à economia rural. Estas condições também podem resultar em um grande aumento no número de empréstimos que não são pagos de volta aos credores rurais. O Seguro ENSO foi projetado para proteger a carteira de risco dos intermediários - as instituições de micro créditos e outros credores rurais. Quando a catástrofe ocorre, os credores rurais incorrem custos adicionais que deve adicionar mais provisões ou reservas como o aumento de seus problemas de empréstimo. Isso ocorre ao mesmo tempo em que depositantes, devido ao desastre, começam a retirar seu dinheiro e os pobres estão pedindo mais empréstimos para ajudá-los a enfrentar a crise.

e) O governo mexicano está utilizando seguro baseado em índice para ressegurar dois fundos de alívio de desastre: Fonden e Fapracc. O Fundo de Desastres Naturais (Fonden) é um fundo nacional mexicano de desastres naturais criado em 1995 para fornecer fundos de socorro para a reparação de infraestrutura não assegurada e a assistência às vítimas de desastres de baixa renda. Já o Fundo para Atender a População Rural Afetada por Contingências Climatológicas (Fapracc) é um fundo especializado em desastre natural, criado para fornecer assistência imediata para restaurar a produtividade de subsistência dos agricultores, protegendo os ativos produtivos das populações vulneráveis e sem acesso aos mercados de seguro formais (ISMEA 2006). O programa oferece pagamentos contingentes para danos a ativos de produção causados pela seca, geada, granizo, excesso de chuvas e inundações, e vendaval. Ao utilizar o seguro baseado em índice para ressegurar a resposta de emergência do governo, esse é capaz de manter a sustentabilidade e solvência dos programas de socorro.

f) Na Etiópia, o Banco Mundial e o Programa de Alimentação Mundial das Nações Unidas (PAM) desenvolveram um contrato de seguro baseado em índice de chuvas para pré-financiar algumas partes das operações de emergência do PAM (Syroka e Wilcox, 2006). O seguro baseado em índice, adquirido através de uma resseguradora global, AxaRé, é projetado para fornecer o PAM com financiamento rápido e previsível que deverá melhorar o tempo de sua resposta a uma crise de seca por quatro meses. O montante da proteção comprado era uma fração das necessidades alimentares totais, demonstrando que a mistura das reservas de emergência de alimentos com soluções financeiras que utilizam o seguro baseado em índice pode ser uma maneira melhor de lidar com esses problemas do que simplesmente implantar dependência de ajuda alimentar depois de ocorrência de um evento. Enquanto um doador internacional adquira este seguro baseado em índice de segurança de alimento, deve ser possível estruturar índices semelhantes que poderiam ser vendidos para uma grande variedade de doadores, ONGs, ou entidades locais que necessitam de resposta rápida quando os eventos sugerem claramente que um problema de segurança alimentar está a emergir (Skees, 2008).

Seguro baseado em índice para risco climático tem muitas aplicações potenciais (Skees, 2008). Para melhorar a confiança nos dados e, conseqüentemente, nos seguros baseados em índices climáticos, a tecnologia de satélite poderia ser usada pelo setor privado, ONGs, governos ou organizações internacionais para

fornecer seguro baseado em índice para a produção agrícola ou de catástrofe (Skees, 2008).

Os produtos de seguro baseado em índice também podem servir como o primeiro passo no desenvolvimento de produtos de seguros climáticos mais avançados e melhorar o acesso aos mais amplos serviços financeiros rurais em países de baixa renda (Skees, 2008).

Entre as vantagens mais importantes do seguro baseado em índice é a ausência de risco moral e seleção adversa e que um índice pode ser vendido a qualquer pessoa em risco. Três grandes desafios devem ser tratados antes de os contratos efetivos de chuva serem introduzidos: (1) determinação dos períodos críticos de chuva e como eles se correlacionam aos resultados destes riscos; (2) a necessidade de uma infraestrutura segura e confiável para medir a precipitação, e (3) o papel do governo contra as resseguradoras internacionais na proteção contra os riscos sistêmicos incorporados em uma carteira de contratos de chuva. Se os contratos efetivos de chuva são oferecidos, eles podem tomar grande parte do risco sistêmico fora da equação e abrir a possibilidade de esforços privados a assegurar risco independente (Skees, 2000).

Skees (2008) verificou algumas perspectivas sobre a evolução e os desafios da gestão de riscos climáticos catastróficos nos países de baixa renda através da utilização do seguro baseado em índice.

Inovações em seguro para riscos de desastres naturais são extremamente importantes para ajudar a população rural pobre a melhorar suas vidas e contribuir para o crescimento econômico global em países de baixa renda (Skees, 2000).

Skees e Barnett (2006) consideraram inovadores os Produtos de Transferência de Riscos Baseados em Índice e que poderiam ser usados para transferir os riscos de desastres naturais correlacionados, que muitas vezes travam o desenvolvimento do microcrédito em nível de fazendeiros.

Quando os riscos são altamente correlacionados, a vantagem de utilização comum ou a combinação dos rendimentos desaparecem. Para lidar com o risco correlacionado, a renda deve vir de fora da comunidade local (seguros, crédito ou poupança) (Skees, 2003).

Índices devem ser padronizados, verificáveis e bem compreendidos. Quando um contrato de índice é construído corretamente, em grande parte, é livre de perigo moral (Skees, 2003).

Contratos de índice oferecem numerosas vantagens sobre as formas mais tradicionais de seguros agrícolas de múltiplo perigo em nível de fazenda. Essas vantagens incluem (Skees, 2003):

1. Sem perigo moral: risco moral surge com o seguro tradicional, quando os segurados podem alterar o seu comportamento de modo a aumentar a probabilidade potencial ou magnitude de uma perda. Isso não é possível com o seguro baseado em índice porque a indenização não depende de rendimento realizado de cada produtor.
2. Sem seleção adversa: seleção adversa é um problema causado por erro de classificação de informação assimétrica. Se o assegurado potencial tem melhor informação do que a seguradora sobre a possibilidade ou potencial magnitude de uma perda, o segurado potencial pode usar essa informação para auto se selecionar quer ou não comprar o seguro. Seguro baseado em índice, por outro lado, é baseado em informações amplamente disponíveis, para que não haja assimetrias de informação a ser explorada.
3. Baixos custos administrativos: Ao contrário do múltiplo perigo a nível de fazenda; políticas de seguro agrícola, produtos de seguros baseados em índice não necessitam de subscrição e inspeções de indivíduo nas fazendas. Indenizações são pagas apenas sobre o valor percebido do índice correlacionado como, por exemplo, medido por agências governamentais ou outros terceiros.
4. Estrutura padronizada e transparente: apólices de seguro baseado em índice podem ser vendidas em várias denominações como certificados simples com uma estrutura que é uniforme em todos os índices correlacionados. Os termos dos contratos seriam, portanto, relativamente fácil para compreensão dos compradores.
5. Disponibilidade e negociabilidade: Uma vez que os índices sejam padronizados e transparentes, apólices de seguro podem ser facilmente negociadas em mercados secundários. Esses mercados criariam liquidez e permitiriam políticas de fluxo para os locais onde eles são mais valorizados. As pessoas poderiam comprar ou vender políticas quando a realização do índice guia começasse a se desenrolar. Além disso, os contratos poderiam ser postos à disposição de uma grande variedade de partes, incluindo agricultores, financiadores agrícolas, comerciantes, processadores, fornecedores de insumos, lojistas, consumidores e trabalhadores agrícolas.
6. Função de Resseguros: Seguro baseado em índice pode ser usado para transferir os riscos degeneralizados e correlacionados das perdas de produção agrícola. Assim, ele pode ser usado como um mecanismo para ressegurar carteiras de seguros de empresa com políticas de seguros a nível agrícola.

Há também desafios que devem ser resolvidos para que os mercados de seguros baseados em índice sejam bem sucedidos (Skees, 2003):

1. Base de risco: A ocorrência de base de risco depende do grau em que as perdas do segurado são positivamente correlacionadas com o índice. Sem correlação suficiente, a base de risco torna-se muito grave, e seguro baseado em índice não é uma ferramenta efetiva de gestão de riscos. Projeto cuidadoso de parâmetros de índice de apólices de seguro (período de cobertura, gatilho, local de medição, etc) pode ajudar a reduzir a base de

risco. Vendendo o seguro baseado em índice para microfinanças ou a outros grupos coletivos podem também passar a questão da base de risco a um grupo local que pode se desenvolver seguros mútuos em algum nível. Tal grupo está em melhor posição para conhecer seus vizinhos e determinar como alocar pagamentos do seguro baseado em índice dentro do grupo.

2. Segurança e divulgação de medidas: a viabilidade do seguro baseado em índice depende criticamente do índice guia sendo objetivo e medido com precisão. As medições de índice devem ser amplamente divulgadas em tempo hábil. Se fornecido por governos ou outras fontes de terceiros, as medições de índice devem ser amplamente divulgadas e seguras contra falsificações.

3. Modelagem atuarial precisa: As seguradoras não venderão produtos de seguros baseado em índice a menos que eles possam compreender as propriedades estatísticas do índice de referência. Essas exigem dados históricos suficientes para ambos os modelos de índice e atuarial e, que utilizem esses dados para prever a probabilidade de medidas de vários índices.

4. Educação: apólices de seguro baseado em índice são tipicamente muito mais simples do que as tradicionais políticas de seguro agrícola. No entanto, uma vez que as políticas são significativamente diferentes de apólices de seguros tradicionais, alguma educação é geralmente necessária para ajudar os usuários potenciais a avaliar os instrumentos de seguro baseado em índice podem ou não fornecê-los a gestão eficaz dos riscos. As seguradoras e/ou agências do governo podem ajudar, fornecendo estratégias de formação e materiais não só para os agricultores, mas também para outros potenciais usuários, tais como bancos e agroindústrias.

5. Marketing: Um plano de marketing deve ser desenvolvido, que se trate de como, quando e onde as políticas de seguro baseado em índice estão para serem vendidas. Além disso, o governo e outras instituições envolvidas devem considerar a possibilidade de permitir que os mercados secundários de instrumentos de seguro baseado em índice e, em caso afirmativo, como fazer para facilitar e regular os mercados.

6. Resseguro: Na maioria das economias em transição, as companhias de seguros não têm os recursos financeiros para oferecer seguro baseado em índice sem resseguro adequado e acessível. Medidas eficazes devem ser realizadas entre as seguradoras, resseguradores locais, internacionais, governos nacionais e possivelmente organizações de desenvolvimento internacionais.

Assim, o comprador definirá quanto ele quer ser assegurado. O valor do prêmio seria proporcional à taxa de o evento ocorrer mais uma taxa de carregamento; quando o evento ocorrer, o assegurado ganharia o valor proporcional às perdas. Em suma, não haveria perdas para a administração e o comprador pagaria uma taxa de administração (carregamento); e se houvesse lucro, este lucro poderia ser arbitrado. Quanto maior o indicador gatilho, menor seria a frequência e com isso o valor do prêmio. Por isso, deve ser simulado um valor, uma função, para qual tenha um valor que seja razoável o comprador pagar e um dano que o comprador suportaria (Skees, 2003).

Skees (2003) cita caso concreto de entidade de microfinanças para seguros no qual uma ONG gerencia um programa de seguro para aldeias no qual metade do

prêmio seria depositado em um fundo da aldeia, um quarto iria para a ONG, e o restante iria para o fundo inter-aldeias, que prevê pagamentos de contratos de opção.

2.4 Fundo financeiro

Fundo financeiro visa acumular reservas financeiras a fim de suprir necessidades extraordinárias aleatórias. Sabendo que eventos extraordinários ocorram e que sejam de impactos de difícil mensuração, é sábio adotar medidas que visem mitigar esses impactos à sociedade atingidas por esses eventos.

Sendo assim, a acumulação dos recursos financeiros deve ser realizada *a priori* à ocorrência dos eventos a se proteger e que os recursos financeiros acumulados sejam capazes de suportar retiradas mínimas sem desequilibrar esse fundo.

Na visão jurídica, fundo financeiro, em caráter genérico, pode ser também definido como o patrimônio de uma pessoa ou entidade afetada a uma finalidade específica, constituindo uma entidade contábil independente, sem personalidade jurídica própria, criada e mantida com um propósito particular e cujas transações sujeitam-se a restrições legais e administrativas especiais (acesso em 21.8.2014: www2.mp.pr.gov.br/cpca/telas/ca_igualdade_10_2_1_1.php).

Assim, dividem-se os fundos sem personalidade jurídica em três espécies:

- i) os fundos de reserva, de origem legal, estatutária ou voluntária, constituídos no âmbito das sociedades comerciais para compensar eventuais perdas, amortizações de obrigações ou depreciação de investimentos;
- ii) os fundos de pensão, destinados aos subsídios de vantagens conferidas aos empregados de uma determinada entidade sem, entretanto, desvincularem-se juridicamente do restante do patrimônio da patrocinadora; tais entes, meras repartições administrativas, não devem ser confundidos com as entidades de previdência que possuem personalidade independente; e,
- iii) os fundos especiais de gestão, sem autonomia jurídica, encontrados na Administração Pública.

Na esfera do Poder Público Federal brasileiro, podemos dizer que os fundos existem desde o final do século passado, originando-se seus recursos das mais variadas fontes: receitas próprias ou vinculadas, incentivos fiscais, dotações orçamentárias, créditos adicionais, empréstimos internos e externos, doações e outras. Possuem uma miríade de finalidades e abrangem todos os setores da Administração, tomando por parâmetro principal de organização a estrutura criada

pela classificação funcional-programática e tendo como legislação básica um vasto acervo de normas constitucionais, leis, decretos, resoluções e portarias (acesso em 21.8.2014: www2.mp.pr.gov.br/cpca/telas/ca_igualdade_10_2_1_1.php).

A partir dos comandos normativos, pode-se enumerar as seguintes características básicas dos fundos especiais (acesso em 21.8.2014: www2.mp.pr.gov.br/cpca/telas/ca_igualdade_10_2_1_1.php):

- i) vinculação de receitas especificadas, por lei, à realização de determinados objetivos ou serviços;
- ii) possibilidade de adoção de normas peculiares de aplicação;
- iii) utilização das receitas orçamentárias a eles vinculadas mediante dotação consignada no orçamento ou em créditos adicionais;
- iv) regime de gestão especial, constituindo os saldos do exercício disponibilidades futuras; e,
- v) normas peculiares de controle, prestação e tomadas de contas, que poderão ser fixadas em sua lei de criação, ressalvada apenas a competência específica do Tribunal de Contas da União.

Contudo, em linhas gerais, pode-se adotar três critérios fundamentais de classificação dos fundos: a origem de seus recursos; a hierarquia de suas normas instituidoras; e a estrutura das funções da classificação programática. Assim, de acordo com cada um destes critérios, podem aqueles entes ser constituídos de receitas orçamentárias ou extraordinárias, ter raízes predominantemente constitucionais ou legais, ou ainda, serem relativos a funções como educação, previdência e outras (acesso em 21.8.2014: www2.mp.pr.gov.br/cpca/telas/ca_igualdade_10_2_1_1.php).

Com base na explanação acima, fundos financeiros que visem mitigar as oscilações de preços dos recursos hídricos em épocas de escassez e que possa ser utilizado como instrumento de políticas relacionadas aos recursos hídricos são classificados como fundos especiais. Sendo assim, as regras para fundos financeiros relacionados aos recursos hídricos devem obedecer as regras elencadas acima.

O recurso hídrico, como qualquer outro recurso, sofre influência da escassez na formação de seu preço. Assim, ela é o elemento de maior importância na definição de preço de um produto. Logo, é de suma importância obter proteção das influências negativas da escassez. Isso é obtido por meio de formação de reservas financeiras aportadas periodicamente que estarão disponíveis quando ocorrer tal fenômeno.

Nesse raciocínio, Oliveira (2011) alerta que devido à insegurança hídrica do semiárido brasileiro, existe também a necessidade de um fundo de emergência para ser utilizado na ocorrência de um longo período de estiagem.

Além disso, Brown e Carriquiry (2007) apresentam uma fonte de recursos necessários às compras d'água do mercado, do banco d'água ou do contrato de opção que seria o pagamento dos prêmios do contrato de opção.

2.5 Contrato de opção

Uma alternativa ao mercado e ao banco de água seria um contrato de opção como meio de troca de uso d'água por uma compensação financeira, em época de escassez. Um benefício adicional do contrato de opção é que a água permanece produtiva presumivelmente em todos os anos (Brown e Carriquiry, 2007).

Brown e Carriquiry (2007) analisaram o desempenho de um sistema de instrumentos econômicos destinados a amenizar os impactos gerados pela variabilidade do clima nas partes interessadas no uso compartilhado de água. O sistema é composto por contratos de opção de água a granel entre concessionárias de abastecimento de água urbanas e usuários da agricultura associado a seguro baseado no índice "nível do reservatório".

Esse seguro destinou-se a cobrir as necessidades financeiras da concessionária de abastecimento de água em situações em que a opção provavelmente seria exercida (Brown e Carriquiry, 2007).

O sistema combinado entre contrato de opção e seguro baseado no índice nível do reservatório criou compartilhamento de riscos entre os setores que comumente sofrem de escassez de água e compartilham os recursos hídricos disponíveis. Os resultados indicaram que o projeto de contrato de opção/seguro suaviza efetivamente os custos de abastecimento de água da variabilidade hidrológica para a agricultura e o abastecimento urbano (Brown e Carriquiry, 2007).

A análise desses autores fornece uma avaliação confiável de um sistema de contrato de opção com seguros para o abastecimento de água em um clima variável. O mecanismo é aplicável quando existem usos competitivos de água e uma das partes podem renunciar a sua afetação integral em alguns anos. Este é susceptível de ser satisfeita se há competição por água e o fornecimento de água é

variável, e assim não é significativamente limitante. Isto é, sob tais condições, alguns usos da água certamente recebem menos água em anos de seca. O objetivo de introduzir este mecanismo é reduzir os custos sociais que acompanham muitos dos sistemas de alocação de água que não fazem ou não podem incorporar a alocação baseada no mercado. Em resumo, o contrato de opção transforma o espaço da variabilidade hidrológica para o espaço financeiro. No espaço financeiro, a variabilidade pode ser suavizada com instrumentos econômicos, tais como o seguro de índice nível do reservatório (Brown e Carriquiry, 2007).

É provável que as concessionárias de água, quer pública quer privada, prefiram os custos de abastecimento previsíveis, tais como os pagamentos de obrigações que acompanham a fonte típica de aumento da oferta: investimento em infraestrutura de armazenamento (Brown e Carriquiry, 2007).

Contratos de opção de água se apresentam aos gestores de recursos hídricos com oferta de água previsível de custo, especificamente, o custo da água em anos de seca. Considerando que o aumento dos custos do abastecimento d'água tipicamente não é repassado aos consumidores e as concessionárias de água enfrentam altos custos e orçamentos desbalanceados em anos de seca. Essa alta variabilidade nos custos de abastecimento torna custo adicional a outros custos da seca para a concessionária, incluindo o aumento no tratamento d'água como resultado da diminuição na qualidade da água. Os dois efeitos combinados levam a necessidade financeira que variam fortemente com o tempo, superando os orçamentos predeterminados dos gestores de recursos hídricos (Brown e Carriquiry, 2007).

Martin *et al.*, (2001), propuseram um instrumento flexível de seguro/opção para precipitação que permite ao comprador que especifique vários parâmetros da função indenização. Apresentaram também um método proposto de classificação com base em procedimentos de simulação. A variável de escolha limite permitiu que os compradores definam uma camada de proteção sobre o domínio de precipitação potencial.

Para uma agência de abastecimento urbano de água, a habilidade ao acesso adicional de uma fonte d'água em anos de seca poderá ser uma estratégia por gerenciar a variabilidade climática. Os reservatórios são dimensionados para uma demanda de liberação específica a uma garantia prescrita e então a capacidade requerida depende da demanda e da afluência em anos secos. Com o aumento da

demanda, a disponibilidade do reservatório necessariamente diminui. A primeira resposta à escassez é, frequentemente, implementar restrições ao uso da água e outros programas de gestão da água que poderá ser parte de algum plano para secas. No entanto, quando a disponibilidade da água chega abaixo de um nível aceitável, a expansão da capacidade é a resposta padrão da engenharia (Brown e Carriquiry, 2007).

O contrato de opção para ano seco pode fornecer a disponibilidade em anos secos que de outra forma requereria expansão da infraestrutura para se obtê-la (Characklis et al. 2006). Assumindo que haja vendedores, o preço da água do contrato “deverá” ser substancialmente menor que o custo de expansão da infraestrutura. Os usuários da agricultura que frequentemente tem menor capacidade de pagamento pela água do que os usuários urbanos e ocasionalmente poderiam renunciar o uso da água por um ano é uma provável fonte de recursos hídricos. A troca voluntária de água por compensação financeira apresenta uma alternativa atrativa à competição contenciosa frequente por água entre agricultura e áreas urbanas durante anos de seca (Brown e Carriquiry, 2007).

Há um interesse crescente no acesso do mercado de transferência de riscos climáticos para reduzir os riscos exposto da agricultura no desenvolvimento mundial (Banco mundial, 2005). Muita da literatura e as implementações correntes têm focado na agricultura não irrigada. Há poucos estudos relacionados à agricultura irrigada.

Dessa forma, Characklis *et. al.*, (2006) desenvolveram portfólio de transferência de recursos hídricos para regiões que correntemente suportam mercado ativo de água. A abordagem de simulação e otimização obtivera resultados que sugerem que transferência temporária pode reduzir substancialmente os custos esperados de abastecimento mantendo alta confiabilidade. Também foram avaliados os *trade-offs* entre os custos esperados e a variabilidade dos custos que ocorre com a variação na distribuição de direitos, opções e arrendamentos do portfólio.

Quanto mais próximo entre o evento assegurado e as perdas incorridas, menores são as bases de riscos no contrato de seguro. O custo anual de gestão da seca através do contrato de opção de água depende fortemente da afluência ao reservatório, desde que as afluências sejam baixas, mais opções serão realizadas. Dessa forma, a afluência ao reservatório poderá ser usada como índice de seguro

para o contrato a fim de financiar os grandes gastos que serão necessários em anos de baixa pluviosidade (Brown e Carriquiry, 2007).

Afluência ao reservatório atende aos requisitos de índice: pode ser objetiva e facilmente quantificada; é transparente; independentemente verificável e capaz de ser reportada de maneiras diversas (Banco Mundial, 2005), e não estão aos controles dos participantes. Muito importante observar é que o índice poderá ser altamente relacionado com as perdas incorridas (Brown e Carriquiry, 2007).

Tem-se a experiência de Brown e Carriquiry (2007) que estudou a associação do contrato de opções com o seguro baseado em índice climático. Seu projeto utilizou o índice “nível do reservatório” que forneceria um pagamento se a afluência sazonal fosse abaixo de certo valor pré-definido. O tamanho de pagamento aumentaria se a afluência diminuir abaixo de certo valor até que o pagamento atingisse um pagamento máximo predefinido. A taxa a qual o pagamento aumenta por unidade muda o índice é chamada de *tick* do contrato. A fórmula para o pagamento do seguro é:

$$\begin{array}{ll}
 \text{Liab} & \text{se } Q_t < I; \\
 P(x) = D(S - Q_t) & \text{se } I < Q_t < S; \\
 0 & \text{se } Q_t > S;
 \end{array} \quad (6)$$

Graficamente, têm-se a figura abaixo:

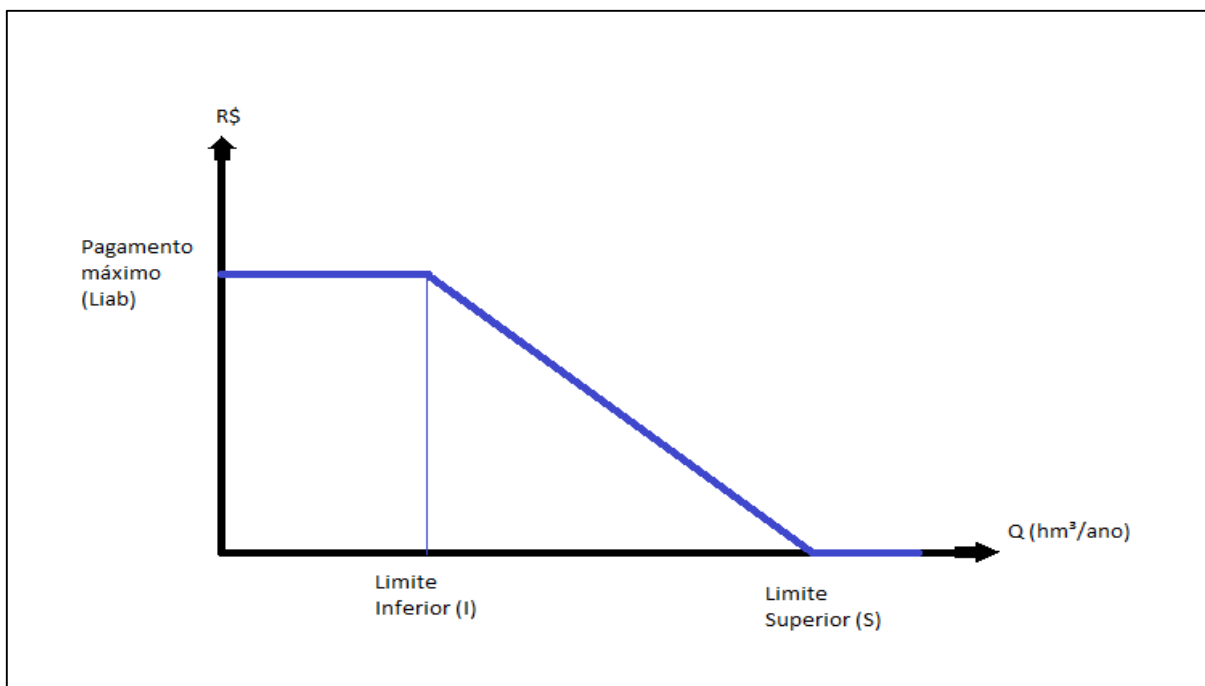


Figura 2 – comportamento da função de pagamento do contrato de opção de Brown e Carriquiry, (2007)

Onde Q_t denota afluência no ano t , S e I são os limites superior e inferior, respectivamente, do contrato, D é o *tick*, e $Liab$ é o pagamento máximo possível.

De outra forma, D é o coeficiente angular do preço da função linear de indenização. Esse é o formato de seguro baseado em índice mais comum que tem sido proposto. Esta formulação resulta em três parâmetros para definir uma função de pagamento, a $Liab$; o limite superior, S ; e o limite inferior, I .

No trabalho de Brown e Carriquiry (2007), a $Liab$ foi fixada como o máximo custo possível. Este é o caso quando todo direito preestabelecido de uma das partes, por exemplo, agricultura, é comprado no preço da estação, isto é, depois que toda variável investimento para o uso da água é realizada. O limite inferior I , é o volume de afluência no qual atinge o caso de máximo custo possível. Depois de fixar a $Liab$, por exemplo, ao nível que reflete a necessidade financeira na pior situação possível, e o limite inferior, o único parâmetro livre é o limite superior (S). O limite superior é tal que o pagamento do seguro cobrirá os custos esperados. A escolha ótima de limite superior poderá ser minimizada pelas diferenças entre os custos e pagamentos sobre o tempo. Então o limite superior (S), foi escolhido para minimizar o quadrado das diferenças entre os pagamentos dos seguros e os custos incorridos pelo gestor de recursos hídricos. Formalmente, a otimização do problema é dada por:

$$\min_{I \leq S} \sum_{t=1}^T (C(Q_t) - I_t)^2, \quad (7)$$

Onde $C(Q_t)$ são os custos associados com as transferências e T representa o número de anos de dados. Há somente uma restrição que o limite superior (S) seja superior ou igual ao limite inferior I . Assim, o limite superior foi calculado usando método modificado de quase-Newton (descrito por Byrd et al., 1995) disponível no pacote estatístico R.

3 Metodologia

Em situações de escassez, as vazões outorgadas de longo prazo poderão não estar disponíveis aos setores não prioritários. Com isso, serão necessárias metodologias alternativas de alocação. A metodologia proposta nesse estudo é a adoção da permuta de alocação de rateio linear para o sistema de prioridades ancorado no princípio da compensação.

Apesar de o sistema jurídico pátrio adotar o sistema de prioridades para o setor urbano como metodologia de alocação para épocas de escassezes, entende-se que essa adoção gera conflitos entre os setores envolvidos que poderiam ser amenizados com contraprestação pecuniária.

Dessa forma, o setor beneficiado pela prioridade receberá recursos hídricos e, em contrapartida, transferirá recursos financeiros ao(s) setor(es) transferidores daqueles recursos.

Graficamente, o sistema de alocação de recursos hídricos e as falhas nas situações de escassez podem ser representados conforme figura abaixo.

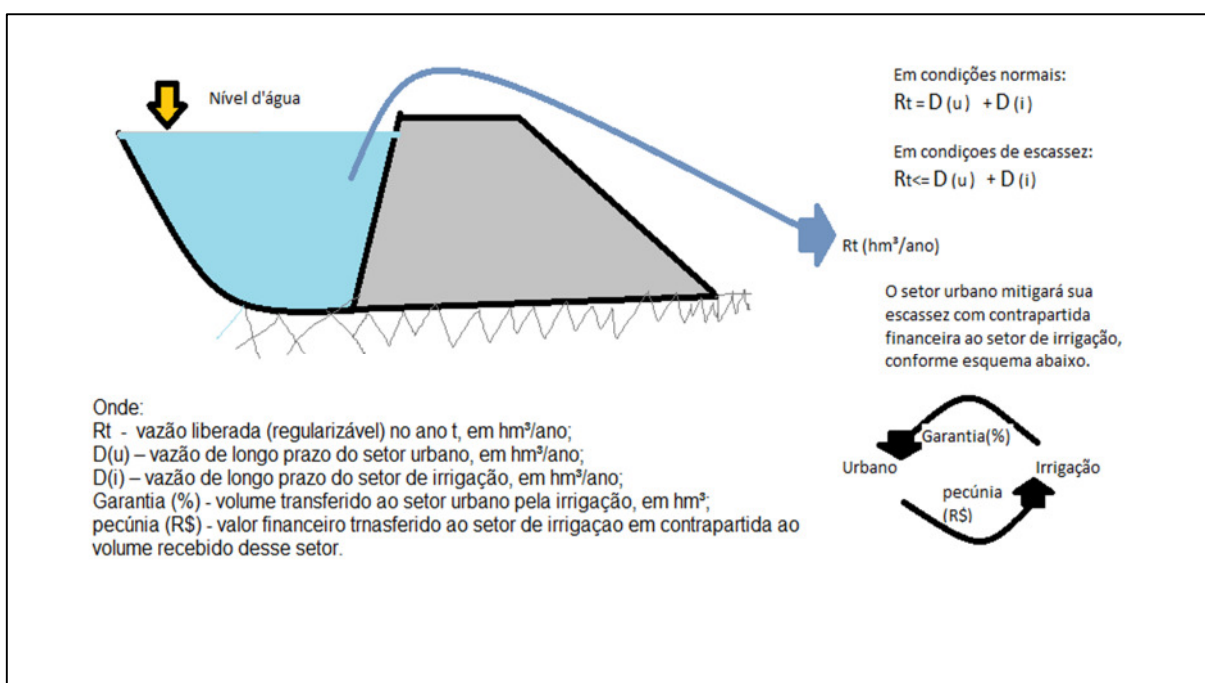


Figura 3 - Modelagem de transferências de riscos e financeiras em épocas de falhas.

Quanto aos dados de entrada, os mais importantes do modelo de gestão de recursos hídricos adotados nesse trabalho foram: afluência, evaporação e vazões regularizáveis para as garantias de 98%, 95% e 90%.

Partiu-se da hipótese de que os impactos financeiros gerados pela transferência hídrica ao setor beneficiado (setor urbano) seriam positivos e pelo menos iguais, em valores absolutos, aos impactos do setor transferidor (setor da irrigação).

As principais premissas adotadas foram que: i) toda vazão garantida do reservatório será alocada aos setores beneficiados; ii) um setor transferirá recurso hídrico a outro quando este o necessitar; e, iii) há apenas dois setores beneficiados.

A partir da definição da vazão garantida (regularizável), definiram-se cinco cenários de alocação, denominados de “deltas”. Esse delta representa o fator de alocação de longo prazo dado como percentual da vazão garantida de longo prazo alocada ao setor da irrigação (variando de 0,10 e 0,90) e a diferença ($1 - \text{delta}$), como percentual da vazão alocada ao setor urbano.

Assim, para cada cenário, as transferências hídricas foram avaliadas com base nos modelos de alocação denominados de rateio linear e de sistema de prioridades.

Da mesma forma, os benefícios econômicos foram avaliados. Para cada cenário, a partir dos modelos de alocação, das equações de benefícios econômicos de recursos hídricos da área de estudo, oriundas de Souza Filho e Brown (2009), foram obtidos os valores dos benefícios econômicos e, por conseguinte, os impactos econômicos que tais transferências implicariam aos setores. Esses impactos denominaram-se de ganhos e de perdas. Convencionou-se ganhos a diferença positiva entre os benefícios obtidos aplicando as metodologias do sistema de prioridades e de rateio linear, relativo ao setor urbano. Por conseguinte, denominou-se de perdas essa diferença negativa, relativo ao setor de irrigação.

Além disso, utilizou-se outras duas formas de quantificação de impactos econômicos: os pagamentos de opções e a função geral de pagamentos (função modelada nesse trabalho).

E, para operacionalização e formalização da relação mútua de parceria entre os setores, adotou-se o fundo financeiro. Esse fundo é formado, de forma geral, de entradas oriundas dos ganhos e de saídas oriundas dos valores obtidos do contrato de opções associado ao seguro baseado no índice “vazão regularizada” mais um aporte inicial oriundo de ente governamental, por exemplo.

Dessa forma, a metodologia de estudo focou na análise dos impactos financeiros oriundos das transferências hídricas aos setores envolvidos. Logo, compararam-se as transferências hídricas e os respectivos impactos financeiros para esses setores envolvidos, utilizando as metodologias de alocação e equações de benefícios de cada setor, respectivamente. Assim, pode-se obter informações sobre as vantagens e desvantagens para os setores nos eventos em que ocorrerem falhas.

3.1 Estratégia metodológica

A metodologia foi estruturada da seguinte forma: apresentação do local de aplicação; metodologia de obtenção dos dados de vazão; avaliação das transferências hídricas, avaliação de transferências financeiras e composição do fundo financeiro.

Exemplificadamente, os itens estão detalhados da seguinte forma:

- O item local de aplicação apresenta o local/região de estudo e suas respectivas características;
- O item obtenção dos dados apresenta a base de dados e a metodologia de aquisição de outros dados fundamentais à execução dos estudos;
- O item avaliação das transferências hídricas apresenta as metodologias de alocação de alocação rateio linear e sistema de prioridades como ferramentas de avaliação das transferências hídricas;
- O item de transferências financeiras apresenta as metodologias de quantificação dos benefícios dos recursos hídricos e de suas variações: diferença de benefícios obtida pelas metodologias de alocação, pagamentos de opções por meio do contrato de opção associado ao seguro baseado em índice e a função geral de pagamentos; e,
- O item fundo financeiro apresenta o modelo de conceitual do fundo financeiro indicando suas entradas e saídas e seu organograma institucional, além de apresentar seis premissas para formação de fluxo desse fundo.

Abaixo está representado o fluxograma realizado nesse item.

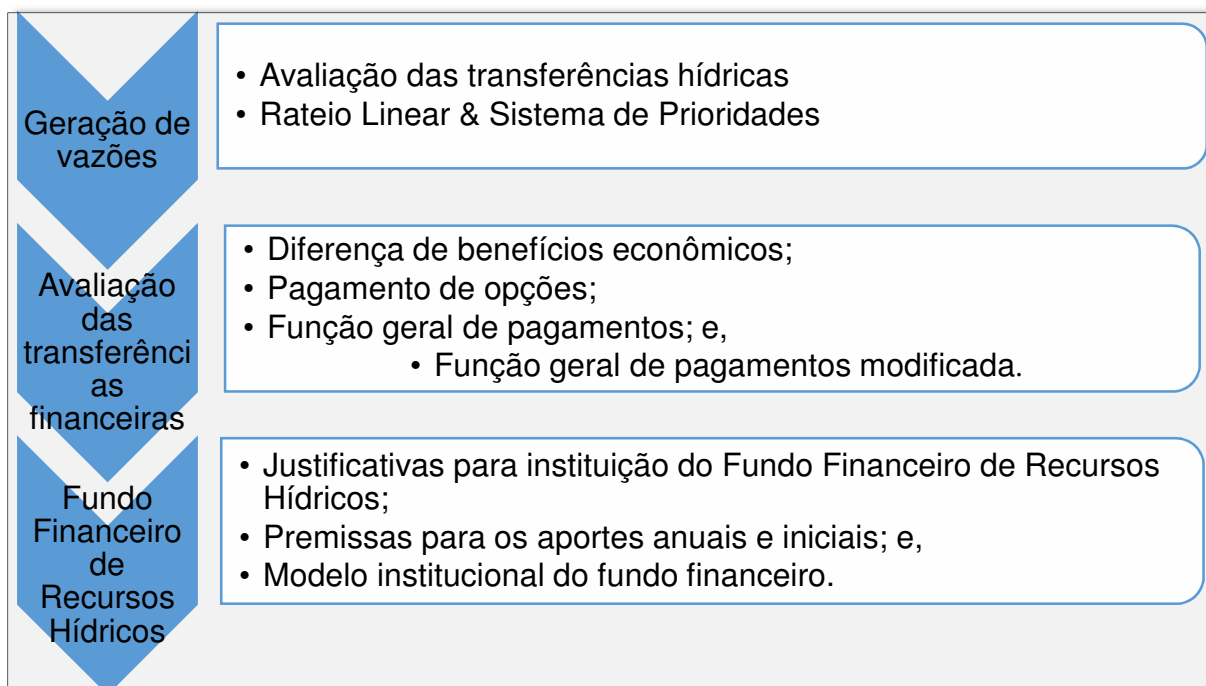


Figura 4 – Fluxograma realizado na execução dos estudos.

3.2 Local/situação de aplicação

O conceito aplicado é de situação virtual com dados reais. O modelo adotado visa obter estudos que subsidiem a tomada de decisão na alocação de água. Os estudos foram obtidos dos dados do Reservatório Orós. Porém, pode ser replicado para outras regiões.

As análises neste estudo são baseadas na Bacia Jaguaribe, especificamente no Reservatório Orós, /Metropolitana (BJM) no Estado do Ceará, Brasil (ver Figura 1). Uso da água na Bacia do Jaguaribe é principalmente para a agricultura. A área de cultivo abrange aproximadamente 72 mil hectares e oferece suporte a 1 milhão de pessoas. Destaca-se que a área específica da base de estudos, Orós, faz parte desta bacia maior, a Bacia do Jaguaribe. Já a Bacia Metropolitana se refere ao abastecimento de água para a cidade de Fortaleza, capital do Ceará, com uma população aproximada de 3 milhões de pessoas. No entanto, secas frequentes e recorrentes no Ceará representam um entrave significativo para o desenvolvimento. Fortaleza é servida por dois reservatórios: o Pacajus (com um volume de 170 hm³) e o Pacoti-Riachão (que tem um volume de 420 hm³). A Bacia do Jaguaribe se baseia em três grandes reservatórios: o Orós (1.940 hm³), o Banabuiú (1.700 hm³) e Castanhão (6.000 hm³) (Souza Filho & Brown, 2009).

Entretanto, como resultado da grande seca em 1993, um canal de transposição de bacia foi construído para fornecer à cidade de Fortaleza uma fonte adicional de água, quando seu próprio sistema foi seco. O canal foi iniciado como uma medida de emergência, construído em apenas 3 meses, ele corre 100 km de Orós até a Bacia Metropolitana. Como resultado da construção do canal de transposição de bacia, Fortaleza e os irrigantes da Bacia do Jaguaribe agora competem pela mesma água. Em 1994, a Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará (Cogerh) foi criada a fim de facilitar a negociação de alocação de água bruta entre usos concorrentes (Souza Filho e Brown, 2009).

Conseqüentemente, foi criado um comitê de bacia a fim de obter acordos na alocação de água a partir dos reservatórios.

Para aumentar a capacidade de transposição entre as bacias do Jaguaribe e Metropolitana foi executado outro projeto de transposição, o Projeto Eixão das Águas. Esse projeto é um conjunto de obras, formada por 5 trechos. Ele é responsável pelo abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) e o Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP).

As obras do Eixão das Águas são compostas de estação de bombeamento, canais, adutoras, sifões e túneis, cuja função principal desse empreendimento é realizar a transposição das águas do Açude Castanhão para a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF).

A integração das bacias hidrográficas do Vale do Jaguaribe e da Região Metropolitana, com extensão de 255 km, reforçará o abastecimento de água e beneficiará aproximadamente quatro milhões de habitantes.

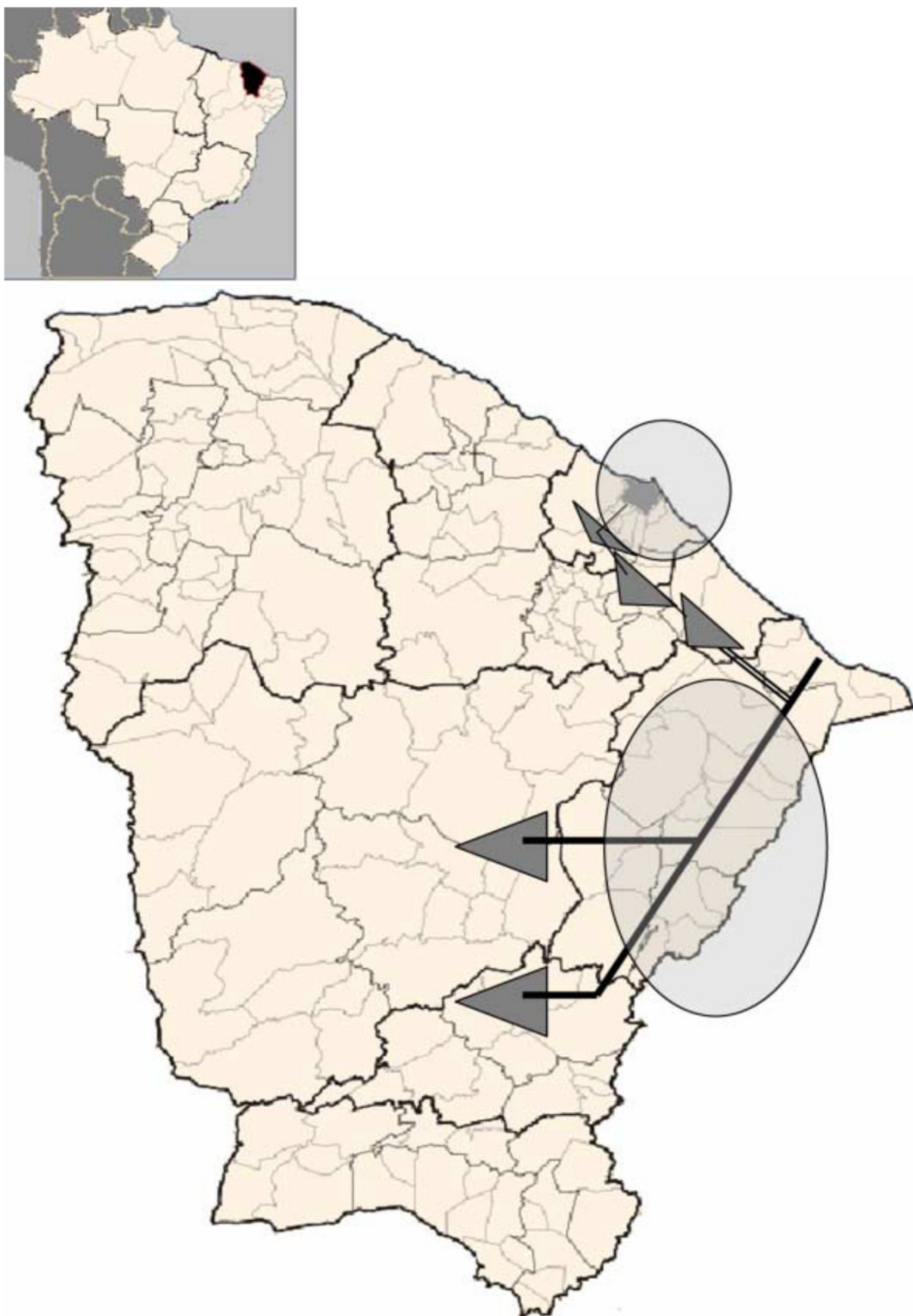


Figura 5 – Localização da Bacia Jaguaribe-Metropolitana no Estado do Ceará, Brasil (Fonte: Souza Filho e Brown, 2009).

3.3 Obtenção de dados

3.3.1 Dados fluviométricos

Os dados referentes à afluência foram obtidos por meio de observação e complementado por modelo chuva-vazão para o posto fluviométrico de Iguatu-CE para o período de 1912 a 1996, dados de 85 anos.

Os dados de afluência ao reservatório foram tabulados no intervalo de tempo mensal, dos quais se obteve a vazão média e o volume total afluente mensais e anuais.

Apesar de estudos recentes mostrarem que a função gama de dois parâmetros não ser a mais adequada para geração de série sintética (Castrillon, 2014), a série desse estudo foi desenvolvida com base nessa função. Os dados estão expostos na Tabela 2.

Destaca-se que a utilização da modelagem matemática da $\text{Área} \times \text{Cota} \times \text{Volume}$ na fórmula genérica de $\text{Área} = \alpha \cdot \text{Vol.}^\beta$ a fim de otimizar a simulação da evaporação no reservatório.

3.3.2 Dados de evaporação

Com relação aos dados de evaporação, foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). Os dados estão tabelados na Tabela 1. Porém, a evaporação foi considerada somente a do período de junho a dezembro, por considerar que no período chuvoso (janeiro a maio) a evaporação seja pouco significativa.

Tabela 1 - Evaporação mensal no Reservatório Orós.

Evaporação (m)						1,149					
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0,129	0,091	0,072	0,069	0,081	0,118	0,151	0,174	0,175	0,189	0,172	0,170

Tabela 2– Dados fluviométricos do posto de Iguatu-CE.

													DESV	1.398,47	ALFA g	0,61
													MEDIA	1.095,00	BETA g	1.787,40
Deflúvios (m³/s)																
Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Deflúvio anual	VOLUME (hm³)		
1912	0,3	250,6	132,0	78,7	12,3	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,918	1.258,87		
1913	0,0	32,7	155,0	94,9	35,8	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	26,825	845,95		
1914	204,6	243,3	121,1	9,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,223	1.520,75		
1915	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,6	5,453	171,97		
1916	0,8	0,0	157,2	21,1	21,3	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,119	539,86		
1917	252,9	355,9	578,4	135,8	132,5	104,2	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	132,652	4.183,32		
1918	0,0	0,0	0,1	54,0	111,2	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,349	484,03		
1919	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	-		
1920	0,0	0,0	289,6	393,8	87,8	47,6	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	68,365	2.155,96		
1921	7,4	124,7	243,3	115,5	31,7	25,7	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46,305	1.460,27		
1922	0,0	6,2	6,6	362,0	101,5	20,2	4,9	2,9	0,0	0,0	0,0	3,8	42,336	1.335,11		
1923	4,9	93,5	30,8	51,7	4,4	10,2	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,567	522,47		
1924	0,0	655,0	276,0	1457,7	222,8	26,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	219,852	6.933,25		
1925	105,2	107,8	237,3	311,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,450	2.000,97		
1926	0,0	175,6	760,3	270,0	36,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	103,514	3.264,43		
1927	0,0	9,9	57,0	15,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,208	227,30		
1928	0,0	0,0	27,4	63,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	8,727	275,22		
1929	0,0	33,2	86,7	31,0	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,391	422,31		
1930	0,0	0,0	117,4	16,9	15,9	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,009	410,26		
1931	6,4	48,9	29,9	15,6	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,547	269,55		
1932	0,0	4,9	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,583	18,39		
1933	0,0	0,0	3,5	329,0	42,5	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,511	993,74		
1934	30,4	41,9	485,5	123,5	59,7	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,857	1.950,73		
1935	0,0	83,4	145,7	287,1	245,8	66,6	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	69,819	2.201,82		
1936	0,0	15,6	3,8	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,770	55,83		
1937	0,0	31,4	34,1	67,3	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,471	361,76		
1938	0,0	0,0	48,2	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,356	137,39		
1939	0,0	47,5	129,5	11,3	36,2	4,8	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,517	615,50		
1940	0,0	0,0	301,5	124,7	31,0	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,623	1.218,02		
1941	0,3	0,0	196,1	34,4	16,6	4,8	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,217	669,11		
1942	0,0	0,0	3,6	7,1	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,624	51,23		
1943	3,8	4,9	96,3	39,2	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,448	392,56		
1944	0,0	5,0	14,0	89,7	9,8	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,9	14,832	467,74		
1945	77,5	248,2	27,1	17,4	186,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46,391	1.462,98		
1946	11,7	16,2	19,3	32,5	4,8	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,447	234,84		
1947	4,0	169,5	271,2	802,7	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,3	28,2	300,3	132,924	4.191,89		
1948	0,0	0,0	236,1	31,2	23,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,267	765,29		
1949	0,0	4,2	27,1	91,5	8,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,989	346,56		
1950	0,2	0,8	21,9	543,6	62,0	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,803	1.665,20		
1951	0,0	0,0	0,0	35,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,998	94,56		
1952	9,2	10,8	5,3	24,6	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	4,612	145,46		
1953	0,0	0,0	5,4	39,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,789	119,48		
1954	0,0	2,8	16,1	11,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	2,618	82,57		
1955	2,8	26,0	146,5	109,8	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,976	756,10		
1956	0,0	133,2	99,8	196,1	25,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	38,021	1.199,02		
1957	0,0	12,7	94,4	278,5	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,559	1.026,77		
1958	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,373	11,77		
1959	8,7	24,6	50,4	15,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,245	260,01		
1960	0,0	0,0	725,1	237,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80,220	2.529,80		
1961	0,0	46,1	112,7	93,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,995	662,11		
1962	0,0	6,6	54,5	55,7	11,3	3,0	0,9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,0	11,191	352,93		
1963	0,0	68,5	274,8	74,3	8,2	2,5	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	23,5	37,760	1.190,78		
1964	20,0	37,5	191,3	394,7	159,8	118,2	18,4	14,3	10,2	7,4	0,0	0,0	80,979	2.553,76		
1965	0,0	0,8	10,9	248,2	99,9	8,1	2,8	0,8	0,1	0,3	0,0	0,0	30,991	977,34		
1966	0,0	128,3	12,5	10,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,639	398,57		
1967	0,0	24,0	63,1	314,8	136,8	10,2	2,2	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	45,971	1.449,75		
1968	1,1	1,9	230,0	53,6	72,5	8,6	3,3	1,0	0,3	0,2	0,1	0,1	31,068	979,77		
1969	22,6	10,7	132,0	165,9	36,1	11,2	1,7	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	31,742	1.001,02		
1970	2,6	0,7	56,2	2,3	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	5,223	164,71		
1971	2,8	16,1	8,5	26,5	12,8	0,7	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	5,640	177,87		
1972	6,0	1,1	1,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,713	22,49		
1973	11,2	3,6	13,7	267,6	68,5	8,6	5,7	2,3	0,3	0,1	0,0	0,0	31,797	1.002,74		
1974	19,5	205,8	650,1	1318,4	266,4	53,6	4,5	1,4	0,5	0,1	0,0	0,0	210,043	6.623,92		
1975	2,0	5,0	191,3	70,1	67,0	14,2	9,5	2,7	1,1	0,5	0,4	0,5	30,349	957,08		
1976	0,5	73,4	190,1	54,6	5,3	2,1	0,7	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	27,372	863,19		
1977	3,1	24,6	140,4	178,0	86,3	12,1	4,0	1,4	0,6	0,3	0,2	0,2	37,603	1.185,86		
1978	17,8	28,9	33,9	18,3	52,4	6,2	3,6	1,3	0,3	0,3	0,2	0,2	13,619	429,48		
1979	6,0	3,1	5,7	3,5	28,0	1,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	3,961	124,92		
1980	8,8	118,2	88,1	9,6	4,3	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	19,142	603,67		
1981	0,8	1,4	274,8	279,7	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	46,555	1.468,16		
1982	0,4	5,7	8,6	36,7	6,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,834	152,44		
1983	0,0	0,0	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,047	1,47		
1984	0,0	0,0	11,8	232,5	33,1	5,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,601	744,29		
1985	16,1	255,5	349,9	1169,5	517,0	40,7	15,7	2,1	0,6	0,0	0,0	0,0	197,252	6.220,55		
1986	0,0	0,0	182,8	372,9	190,1	43,6	7,3	4,2	1,2	1,8	0,7	1,2	67,153	2.117,74		
1987	2,1	4,8	78,8	185,2	15,5	2,4	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	24,134	761,10		
1988	0,0	0,0	48,9	201,0	55,6	9,8	2,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	26,475	834,91		
1989	0,0	0,0	73,5	813,6	363,2	54,6	17,9	9,0	1,2	0,0	0,0	110,8	120,320	3.794,40		
1990	38,3	10,6	48,4	47,9	19,4	4,2	2,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	14,283	450,44		
1991	2,7	2,2	8,6	49,6	17,4	6,9	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,301	230,26		
1992	0,0	40,2	28,3	43,5	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,437	297,62		
1993	0,0	0,0	2,3	22,0	43,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,682	179,19		
1994	0,0	0,0	0,1	0,2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,087	2,74		
1995	0,2	0,1	97,1	314,0	52,0	21,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,434	1.275,13		
1996	0,0	0,0	0,4	61,6	128,1	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,329	514,94		

3.3.3 Obtenção dos valores de vazões

A partir dos dados de precipitação, foram obtidos dados de vazão ao Reservatório Orós por meio de modelo de chuva-vazão obtendo média e desvio-padrão iguais a 1.095,00 hm³/ano e 1.398,47 hm³/ano, respectivamente. No entanto, os dados de vazão foram ajustados à função gama de dois parâmetros (fator de forma, alfa, igual a 0,61 e fator de escala, beta, igual a 1.787,40 hm³/ano).

Dessa forma, a fim de retificar as incertezas das afluições, foi gerada uma série sintética de afluição ao reservatório para um período de 1000 anos a partir dos parâmetros e dos dados de evaporação acima, dos dados aleatórios da função de probabilidade “aleatório” e utilizando a função inversa da função gama do *software Excel da Microsoft*.

E para maior clareza dos parâmetros, temos os seguintes:

$$\alpha \text{ (fator de forma)} = (\text{média/desvio padrão})^2$$

$$\beta \text{ (fator de escala)} = \text{desvio padrão}^2 / \text{média}$$

De outra forma, têm-se o seguinte:

$$\alpha * \beta = \text{média de } x; \quad (8)$$

$$\alpha * \beta^2 = \text{variância de } x; \quad (9)$$

$$\beta = \frac{\text{variância de } x}{\text{média de } x}; \quad (10)$$

A função densidade de probabilidade (FDP) gama de dois parâmetros ajustada aos dados é definida por (Araújo Júnior *et al.* 2013):

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}, & 0 < x < \infty \\ 0, & \text{para outros valores de } x \end{cases} \quad (11)$$

e sua forma cumulativa definida por:

$$F(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x u^{\alpha-1} e^{-u/\beta} du \quad (12)$$

sendo:

$f(x)$ = densidade de probabilidade da variável afluência ao reservatório (x);

$F(x)$ = probabilidade de ocorrência de afluência menor que x

x é a variável aleatória contínua, afluência ao reservatório;

β é o parâmetro de escala, $\beta > 0$;

α é o parâmetro de forma, $\alpha > 0$;

$\Gamma(\alpha)$ é a Função Gama do parâmetro α ; e,

e é a constante neperiana.

E como exemplo do comportamento desse tipo de função, tem-se a figura abaixo.

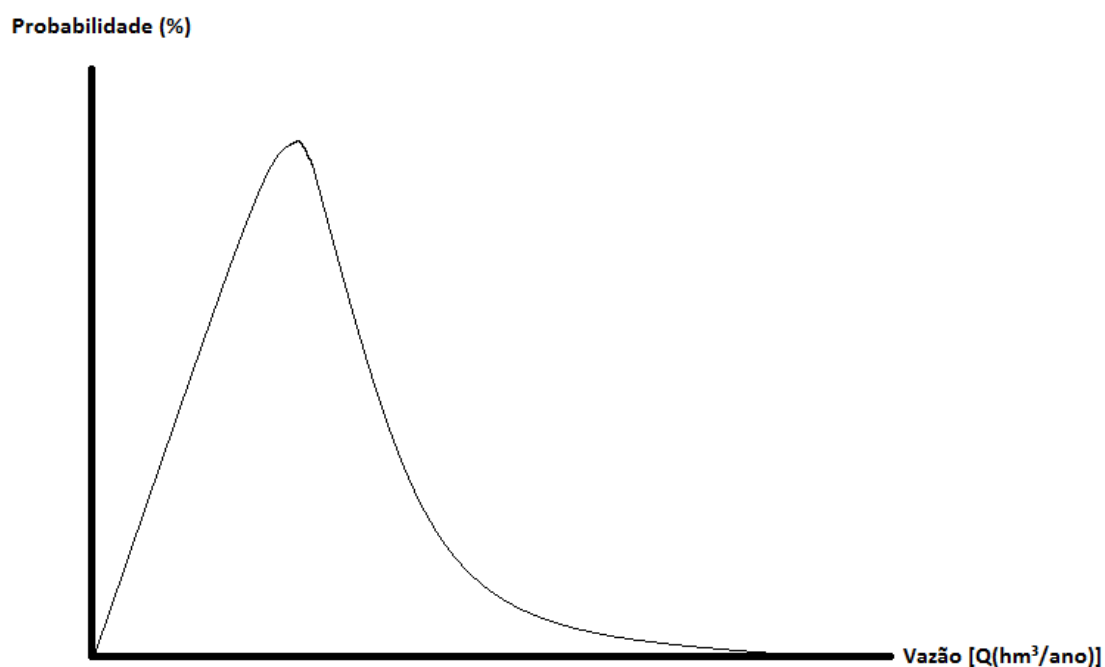


Figura 6 - Exemplo de comportamento da função gama.

Outro fator importante é que os cálculos dos volumes retirados e evaporados anuais foram discretizados em quatro partes (dividiu-se o ano em quatro períodos) a fim de obter os dados da evaporação mais próximos da realidade.

3.4 Avaliação de transferências hídricas

A avaliação das transferências hídricas fundamentou-se na permuta entre as metodologias de alocação denominadas de rateio linear e de sistema de

prioridades. Essas metodologias de alocação possuem características diferentes, conforme exposto abaixo.

Quanto ao comportamento da curva de frequência acumulada versus afluência, percebe-se do gráfico abaixo, que a afluência ao reservatório obedece as regras das probabilidades. Assim, poderá haver ocorrências de afluências com valores inferiores aos esperados, as quais necessitarão de planejamento e regras de alocação para esses casos.

Para exemplificar, tem-se a relação da probabilidade de vazão ser abaixo de certo valor versus esse valor de vazão. Nessa figura, têm-se que a probabilidade de a vazão ser inferior a 3.000 hm³/ano que é de 91%.

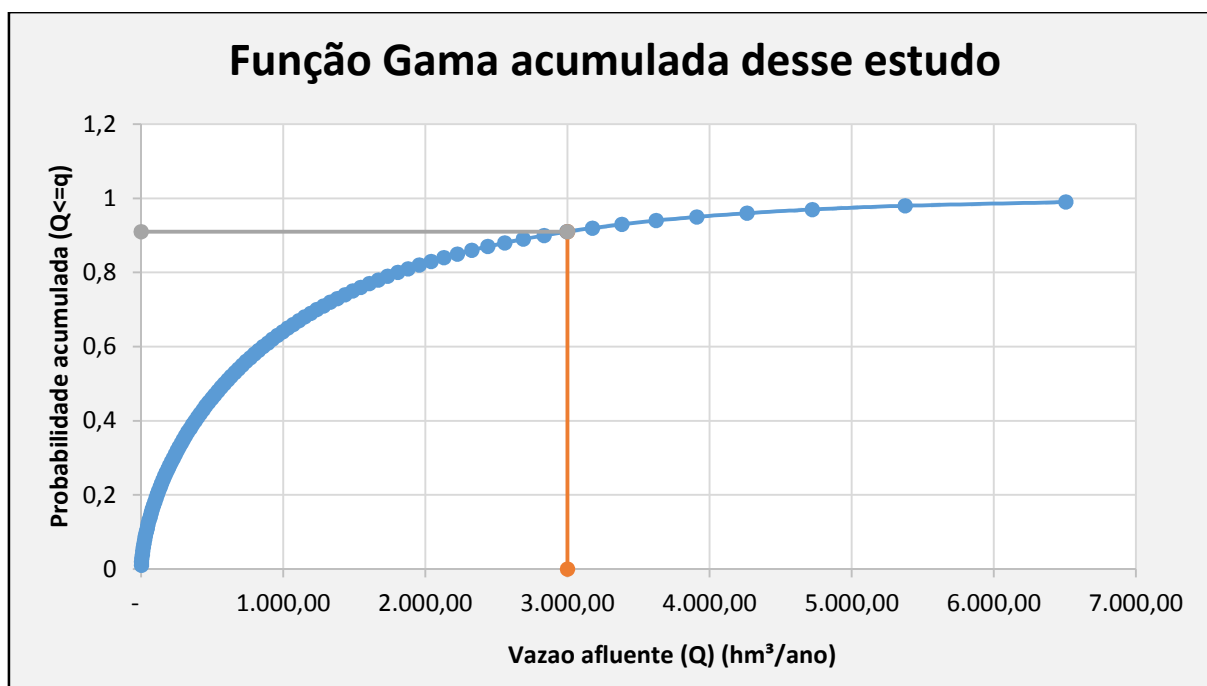


Figura 7 – Curva de frequência acumulada versus vazão.

3.4.1 Alocação de água baseada em Sistema de Prioridades

O método de alocação baseado em Sistema de Prioridades caracteriza-se pela escolha prioritária de um setor em detrimento de outros setores, de um segundo setor em detrimento dos restantes e assim por diante.

Nesta análise, por simplificação, serão considerados apenas dois setores: urbano e irrigação. E como fundamento legal a esse sistema, temos a Lei Federal 9.433/1997 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos em âmbito nacional.

Essa lei definiu as prioridades de alocação dos recursos hídricos em épocas de escassez. Conforme essa lei, em seu art. 1º, inciso III, expressa o seguinte como fundamento: *em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais*. Por isso, a prioridade legal é do setor urbano em detrimento da irrigação. Então, aquele setor foi o escolhido como prioritário na alocação dos recursos hídricos em épocas de escassez.

Para esse método, os cálculos são mais simples, pois primeiro deve ser atendido um setor, e caso haja disponibilidades, outro setor é atendido com o restante, e assim por diante. Já com relação às variáveis, esse método apresenta cinco variáveis: vazão de demanda urbana fixa de longo prazo (D_u); vazão de demanda de irrigação fixa de longo prazo (D_i); vazão possível de ser alocada no tempo t (disponibilidade variável) (R_t); vazão de demanda urbana alocada no tempo t ($Q_{u,t}$); e, vazão de demanda de irrigação alocada no tempo t ($Q_{i,t}$). Para esse sistema tem-se as seguintes condições:

$$1^{\text{a}} \text{ condição } Q_{u,t} = \text{menor } (R_t; D_u); \quad (13)$$

$$2^{\text{a}} \text{ condição } Q_{i,t} = \text{menor } (R_t - D_u; D_i); \quad (14)$$

Onde:

$Q_{u,t}$ – Vazão urbana atendida no tempo t , em hm^3/ano ;

$Q_{i,t}$ – Vazão de irrigação atendida no tempo t , em hm^3/ano ;

R_t – Vazão variável igual ao somatório das vazões atendidas no ano t , em hm^3/ano ;

D_u – Demanda urbana fixa de longo prazo, em hm^3/ano ; e,

D_i - Demanda de irrigação fixa de longo prazo, em hm^3/ano .

3.4.2 Alocação de água baseado no método do Rateio Linear

O método do Rateio Linear é o cenário-base deste estudo e caracteriza-se pela não transferência de recursos hídricos entre os setores. A alocação é definida *a priori* com valor(es) do(s) fator(es) de alocação de longo prazo pré-definidos, sendo realizado o rateio das disponibilidades hídricas de cada período entre os setores envolvidos. Por exemplo, para o delta igual 0,60, o setor urbano teria 40% da vazão

liberada total e o setor de irrigação teria 60%, para qualquer período considerado, sendo o ano como período utilizado.

Dessa forma, a simulação fundamentou-se no fator de alocação de longo prazo entre os setores (delta) variando de 0 a 1, a fim de alocar as disponibilidades hídricas de cada período, ou seja, um setor poderá receber até a totalidade dessas disponibilidades. Nesse estudo os deltas simulados foram 0,10; 0,25; 0,50; 0,75 e 0,90.

Esse método apresenta seis variáveis: vazão garantida de longo prazo (R); vazão de demanda urbana fixa de longo prazo (D_u); vazão de demanda de irrigação fixa de longo prazo (D_i); vazão possível de ser alocada no tempo t (disponibilidade variável) (R_t); vazão de demanda urbana atendida no tempo t ($Q_{u,t}$); e, vazão de demanda de irrigação atendida no tempo t ($Q_{i,t}$).

Inicialmente, para condições ótimas nas quais as demandas fixas serão atendidas, são definidas as disponibilidades de cada setor e, com isso, o seu delta.

E a seguinte relação é verdadeira: $R_t \leq (D_u) + (D_i)$;

Então, é definida a equação baseada nos deltas para cada setor:

Delta (fator de alocação de longo prazo da irrigação) é: $\Delta = \frac{D_i}{R}$; e, (15)

(1 – delta) (fator de alocação de longo prazo urbano) é $(1 - \Delta) = \frac{D_u}{R}$ (16)

Daí, obtém-se a equação das demandas a serem atendidas:

$$Q_{u,t} = (1 - \Delta) * R_t \quad (17)$$

$$Q_{i,t} = (\Delta) * R_t \quad (18)$$

Onde:

$Q_{u,t}$ – Vazão urbana atendida no tempo t , em hm^3/ano ;

$Q_{i,t}$ – Vazão de irrigação atendida no tempo t , em hm^3/ano ;

R – Vazão de retirada de longo prazo (vazão garantida), em hm^3/ano ;

R_t – Vazão variável igual ao somatório das vazões atendidas no ano t , em hm^3/ano ;

D_u – Demanda urbana fixa de longo prazo, em hm^3/ano ; e,

D_i – Demanda de irrigação fixa de longo prazo, em hm^3/ano .

3.5 Avaliação de transferências financeiras

A avaliação financeira das transferências hídricas é fundamentada nos impactos financeiros que os recursos hídricos transferidos causarão nos benefícios econômicos dos setores transferidor e receptor. As metodologias adotadas foram a diferença de benefícios obtida pela permuta de metodologia de alocação, os valores dos pagamentos dos contratos de opções e os obtidos pela função geral de pagamentos (FGP) formulada nesse estudo.

3.5.1 Diferença de benefícios obtida pela metodologia de alocação

A primeira metodologia adotada como instrumento de mensuração dos impactos econômicos foi a diferença dos benefícios econômicos das vazões alocadas geradas pela permuta de metodologia de alocação (de rateio linear para o sistema de prioridades) obtida por meio da utilização das equações de benefícios dos setores e da região em estudo, oriunda de Souza Filho e Brown (2009), conforme descrito abaixo, fruto do estudo para o Reservatório do Orós, com capacidade de 1.940 hm³.

As equações são as seguintes: (16) irrigação; (17) urbano;

$$B_{i,t} = (-0,137 * Q_{i,t}^2 + 79,51 * Q_{i,t})/1000 \quad (19)$$

$$B_{u,t} = (-4,75 * (\frac{Q_{u,t}}{12})^{-0,818} + 2,17) * 12, \quad \text{se } Q_{u,t} > 32 \quad (20)$$

Onde:

$B_{i,t}$ – Função-Benefícios da irrigação, em milhões de reais, no ano t (R\$ 10⁶);

$B_{u,t}$ – Função-Benefícios urbanos, em milhões de reais, no ano t (R\$ 10⁶);

$Q_{i,t}$ – vazão de irrigação atendida no ano t, em hm³/ano; e,

$Q_{u,t}$ – vazão urbano atendida no ano t, hm³/mês.

Os comportamentos das curvas dessas equações estão na figura abaixo.

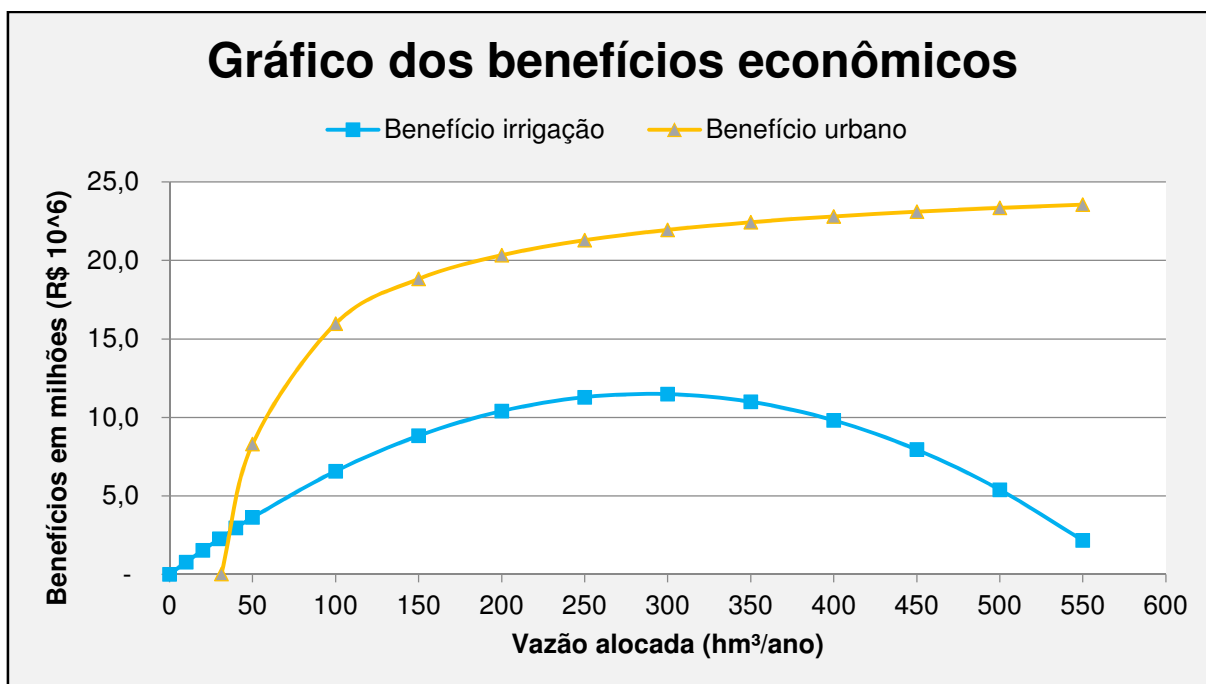


Figura 8 – benefícios econômicos versus vazão alocada obtidos pelas equações de benefícios.

Merece destacar que as equações de benefícios apresentam as seguintes peculiaridades: A partir de 290 hm³/ano a equação do setor de irrigação (16) começa a decrescer, ou seja, a partir desse valor, os benefícios marginais tornam-se negativos e, até 32 hm³/ano, a equação do setor urbano (17) possui benefício negativo. Por simplificação, o estudo considerou, para o setor urbano, benefício zero para vazões até 32 hm³/ano.

Adicionalmente, apresenta-se o gráfico abaixo que demonstra os comportamentos das curvas de benefícios marginais (1^a derivada) versus a vazão alocável. Dessa forma, obtiveram-se as taxas de variação de benefícios em cada ponto do gráfico a fim de entender o comportamento dos benefícios nos cenários estudados.

Cabe destacar que a equação do setor urbano possui maiores taxas de variação de benefícios para vazões entre 32 hm³/ano até 130 hm³/ano, ou seja, variações nesses intervalos produzem maiores efeitos sobre os ganhos. Já para equação do setor de irrigação, a taxa de variação de benefícios varia lentamente, não tendo grandes variações com pequenas variações de alocação em qualquer ponto do gráfico, porém, quanto menor a vazão maior a taxa de variação e a partir de 290 hm³/ano, os benefícios possuem ganhos marginais negativos. Para ilustrar, temos o gráfico abaixo.

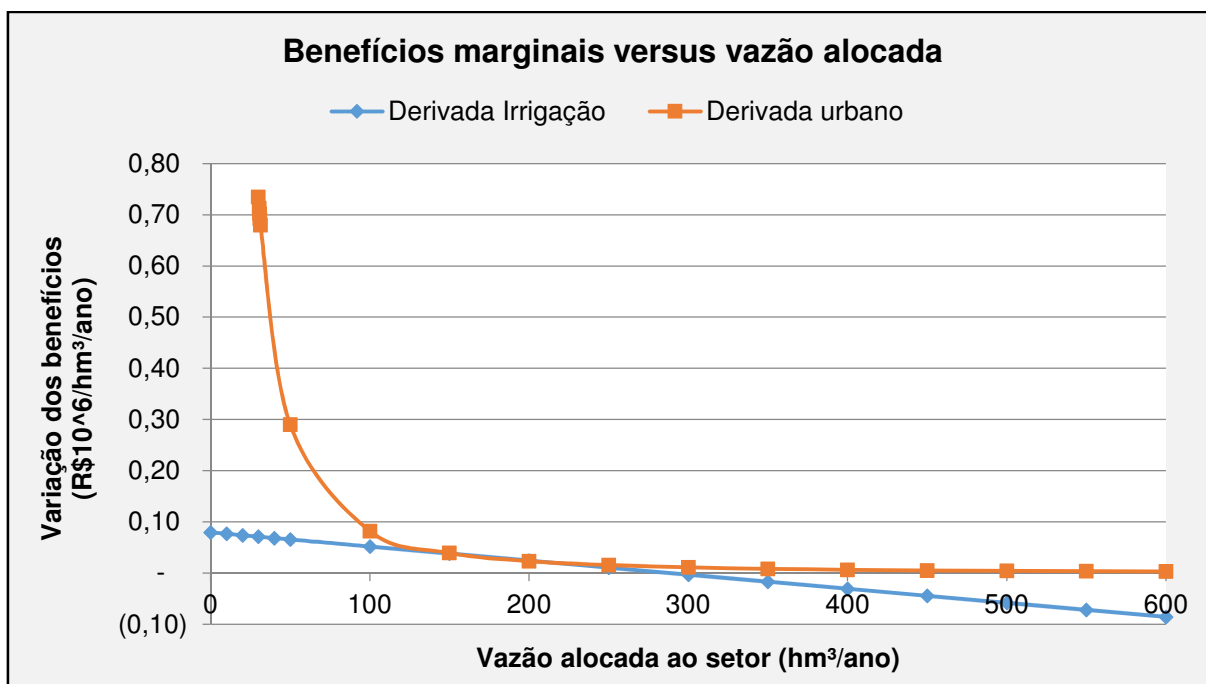


Figura 9 – Benefícios marginais dos setores urbano e de irrigação para o Reservatório Orós.

Observa-se também do gráfico acima que a taxa de variação de benefícios do setor urbano é sempre positivo e tende a zero no infinito, e quanto menor a vazão, maiores tais taxas, tendo variação máxima no intervalo de 32 a 130 hm³/ano.

A Tabela 3 exemplifica os “deltas” relacionados a cada garantia e vazão de máximo benefício (290 hm³/ano) para a irrigação no caso do Reservatório Orós.

Tabela 3 – Garantia versus delta para o ponto de máximo benefício para irrigação.

Garantia (%)	Vazão garantida (hm³/ano)	Delta (%)
98	310	94
95	370	78
90	440	66

E para o setor urbano, é apresentada a Tabela 4 com os deltas nos quais os benefícios são zerados (32 hm³/ano) para cada garantia.

Tabela 4 – Garantia versus delta para o ponto que zera os benefícios do setor urbano.

Garantia (%)	Vazão garantida (hm³/ano)	Delta (%)
98	310	10
95	370	9
90	440	7

Considerando as peculiaridades acima, para cada cenário, a obtenção dos benefícios econômicos dos recursos hídricos alocados de cada setor foi obtida por meio da permuta das metodologias de alocação e da aplicação dessas equações de benefícios nas respectivas vazões alocadas. Logo, o impacto econômico é a diferença

entre os benefícios obtidos com a metodologia do sistema de prioridades e os obtidos com a metodologia do rateio linear.

3.5.2 Contrato de Opção associado ao Seguro Baseado em Índice

Outra metodologia de quantificação dos impactos econômicos aos setores é a utilização do contrato de opção associado ao seguro baseado no índice “vazão liberada anual”.

As regras contratuais de pactuação entre os setores quando da ocorrência de escassez podem ser concretizadas da seguinte forma: i) define-se, antecipadamente, o valor do hm^3 denominado de *tick* do contrato representado pela letra q ($\text{R}\$/\text{hm}^3$); por hipótese, esse valor pode ser definido como a razão entre benefício máximo do cenário e o volume alocável ao setor de irrigação do cenário; ii) paga-se ao setor de irrigação quando houver transferência hídrica, conforme equação seguinte: $P(q) = n \cdot q$; sendo “ $P(q)$ ” a função de pagamentos ao setor transferidor, “ n ” a quantidade de volume transferido no ano t (hm^3/ano); e, iii) o valor anual a ser transferido pelo setor urbano (seguro) para composição de um fundo financeiro será igual à média dos valores dos ganhos da série.

A arquitetura do contrato de opção deste trabalho tem características semelhantes às aplicadas por Brown e Carriquiry (2007) tendo a *vazão liberada anual* como índice do seguro.

Assim, o seguro baseado em índice projetado fornecerá um pagamento ao setor de irrigação se a vazão total liberada no ano t for abaixo do valor do somatório pré-definido das vazões dos setores ($R_t < R$). O tamanho do pagamento aumentará se a transferência hídrica aumentar e o valor máximo de pagamento à irrigação será atingido quando a transferência for igual à vazão definida da irrigação para o cenário.

De outra forma, a equação de pagamento de opções pode ser dada da seguinte forma:

$$P(q) = \begin{cases} 0 & \text{se } R_t \geq S; \\ n \cdot q & \text{se } R_t < S; \end{cases} \quad (21)$$

Onde R_t denota vazão liberada anual no ano t , S é o limite de vazão superior do contrato, q é o coeficiente angular da função linear de pagamento versus a vazão fixa demandada da irrigação.

O Limite superior S foi definido pelo somatório da demanda fixa de longo prazo dos dois setores. Em termos matemáticos, têm-se:

$$S = D_u + D_i \quad (22)$$

$$q = B(D_i)/D_i \quad (23)$$

Onde:

$B(D_i)$ – Benefício de irrigação para sua vazão fixa (benefício máximo do cenário);

S – Valor do limite superior definido como o somatório das vazões fixas; e,

q – Relação entre Benefício da irrigação para vazão fixa e a vazão fixa (vazão de longo prazo).

Além dessas metodologias de quantificação dos impactos econômicos das transferências hídricas, será estudada outra forma de calculá-los a partir do benefício máximo da irrigação, denominada de Função Geral de Pagamento (FGP).

3.5.3 Função Geral de Pagamento (FGP)

Além das metodologias acima, pode-se formular outra função de pagamento ao setor transferidor de recurso hídrico com base em seu valor do benefício máximo do cenário. Para o caso em estudo, têm-se a seguinte função geral de pagamentos para o setor de irrigação:

$$FGP = \max\left(0; \left(\frac{D_i - Q_{i,t}}{D_i}\right) * \$m\right) \quad (24)$$

Onde:

FGP – Função geral de pagamento ao setor de irrigação;

D_i – Demanda fixa de longo prazo do setor de irrigação, em hm³/ano;

$Q_{i,t}$ – Vazão liberada ao setor de irrigação no ano t , em hm³/ano;

$\$m$ – Benefício máximo do setor de irrigação do cenário no valor da vazão D_i .

Destaca-se que para os cenários inviáveis, aqueles nos quais os ganhos forem inferiores às perdas, a avaliação da capacidade de pagamento do setor urbano com base nessa metodologia de impacto econômico será realizada adicionando-a salvaguardas – *heddings* – ao numerador dessa equação tanto para a demanda da irrigação (salvaguarda de vazão) quanto ao seu benefício máximo (salvaguarda monetária). Esse artifício, denominou-se de análise de sensibilidade da função geral de pagamento.

3.5.3.1 Análise de sensibilidade da função geral de pagamento

Para os casos inviáveis nos quais a capacidade do setor urbano for menor que os valores obtidos pelas perdas do setor de irrigação, serão estudados que valores de salvaguardas seriam necessários para que os ganhos do setor urbano sejam capazes de superar os valores da função geral de pagamentos.

Assim, para analisar a sensibilidade da função geral de pagamento ao setor de irrigação para cada período, serão utilizados os coeficientes redutores de demanda fixa da irrigação (M_1) e os coeficientes redutores dos benefícios máximo da irrigação (M_2), a partir dos quais o setor da irrigação teria direito ao recebimento do pagamento (*salvaguarda*), ou seja, os ganhos teriam capacidade de pagar apenas parte dos benefícios máximos do setor de irrigação e somente a partir de certo nível de racionamento.

Dessa forma, as diferenças $(1 - M_1)$ e $(1 - M_2)$ serão as salvaguardas de vazão e monetária, respectivamente.

A função geral de pagamentos tornar-se-á a seguinte:

$$FGP * = \max\left(0; \left(\frac{M_1 * D_i - Q_{i,t}}{D_i}\right) * M_2 * \$m\right) \quad (25)$$

Onde:

$FGP *$ – Função geral modificada de pagamento ao setor de irrigação;

D_i – Demanda fixa de longo prazo do setor de irrigação, em hm^3/ano ;

$Q_{i,t}$ – Vazão liberada ao setor de irrigação no ano t , em hm^3/ano ;

$\$m$ – Benefício máximo do setor de irrigação no ponto de D_i ;

M_1 – Coeficiente redutor de vazão alocada da irrigação; e,

M_2 – Coeficiente redutor do benefício máximo da irrigação.

Serão avaliados os valores de M_2 nos quais os ganhos igualam aos valores dessa equação para cada garantia (%), cada cenário a partir dos percentuais redutores de vazões (M_1). Os valores simulados de M_1 e M_2 foram 0,25; 0,50; 0,75 e 1,0, respectivamente, obtendo uma matriz de dimensão quatro com dezesseis valores.

Assim, a avaliação da função geral de pagamento modificada será uma ferramenta para obtenção das salvaguardas necessárias a fim de tornar viável a transferência financeira do setor urbano.

3.6 Fundo financeiro

O fundo financeiro em debate tem o objetivo de evitar inflacionar os preços dos recursos hídricos em épocas de escassez. Esse objetivo poderá ser atingido com realização de ajustes contratuais com os setores detentores de direitos outorgados de água para que em épocas de escassez haja transferência de recursos hídricos com preços anteriormente definido. Assim, o setor contratante de recursos hídricos poderá se planejar sobre quantidade de recursos financeiros que deverá ter reservado para manter seu nível de consumo hídrico. Portanto, o fundo financeiro deverá acumular recursos *a priori* para realização de compromissos futuros quando os eventos acontecerem *a posteriori*.

Considerando a metodologia de alocação brasileira na qual prioriza o setor urbano em detrimento do setor de irrigação e a fim de evitar conflitos sociais entre os setores, este estudo definiu o setor urbano como financiador desse fundo, já que em época de escassez este setor obterá transferência de garantia (%) e, para compensar o setor repassador, setor da irrigação, seriam lhes transferidos recursos financeiros desse ativo financeiro.

O fundo financeiro desse estudo terá como entrada, isto é, arrecadação de prêmios anuais, os ganhos do setor urbano e como saída, os valores dos pagamentos de opções obtidos pelas regras do contrato de opção associado ao seguro baseado no índice “vazão liberada total” (Caso I) mais um aporte inicial. No entanto, serão simuladas outras cinco formulações de composição do fundo financeiro.

Destaca-se que para os casos considerados viáveis, aqueles nos quais os ganhos superam as perdas, haverá diferença entre entradas e saídas que poderá ser utilizada para financiar as despesas de administração do fundo.

Além de definir os valores de entrada e saída anuais, necessita-se também definir o aporte inicial de recursos financeiros que possam cobrir os eventos de baixa probabilidade e com dano elevado de natureza aleatória.

Dessa forma, o fundo financeiro poderá ser autossuficiente a fim de suportar os períodos deficitários. Para isso, estimou-se o aporte inicial como a soma móvel máxima de 10 anos de perdas, período escolhido por apresentar as piores condições de desembolso (Caso I).

A necessidade de aporte inicial advém da impossibilidade dos valores médios traduzir a realidade dos eventos, já que esses são aleatórios e, por isso, é necessário compensar essa aleatoriedade com um aporte suficiente de arcar os custos elevados que podem ocorrer logo no início de acumulação do fundo.

Portanto, é necessário um aporte inicial para cobrir os custos dos eventos que ocorrerem antes dos períodos médios esperados. Por exemplo, na média, um dado evento que ocorre a cada cinco anos pode ocorrer dois desses eventos nos primeiros anos consecutivamente. Nesse caso, seriam necessários, no mínimo, recursos de dez anos de arrecadação que deveriam ser usados para cobrir esses custos.

Logo, é para cobrir essa aleatoriedade é que se necessitaria de um aporte inicial a fim de se fazer jus à possibilidade de ocorrência desses eventos. Assim, caso aconteça os eventos negativos nos primeiros períodos e se não tivessem aportes iniciais, o fundo financeiro não teria condições de arcar os custos das compensações financeiras necessárias.

Por isso, o fundo financeiro deverá ser formado pelo aporte inicial mais a arrecadação dos aportes anuais (prêmios de seguro) pagos pelo setor urbano à gerenciadora desse fundo. Todavia, o aporte inicial poderá vir do governo.

Quando da ocorrem de escassez, o órgão gestor repassará recursos ao setor de irrigação conforme o volume transferido. Porém, a gestão dos recursos financeiros poderá ter a participação dos agentes envolvidos por meio de um Conselho Gestor do Fundo.

Para exemplificar o comportamento das entradas, das saídas de um fundo financeiro e do fluxo completo desse fundo financeiro, tem-se a figura abaixo.

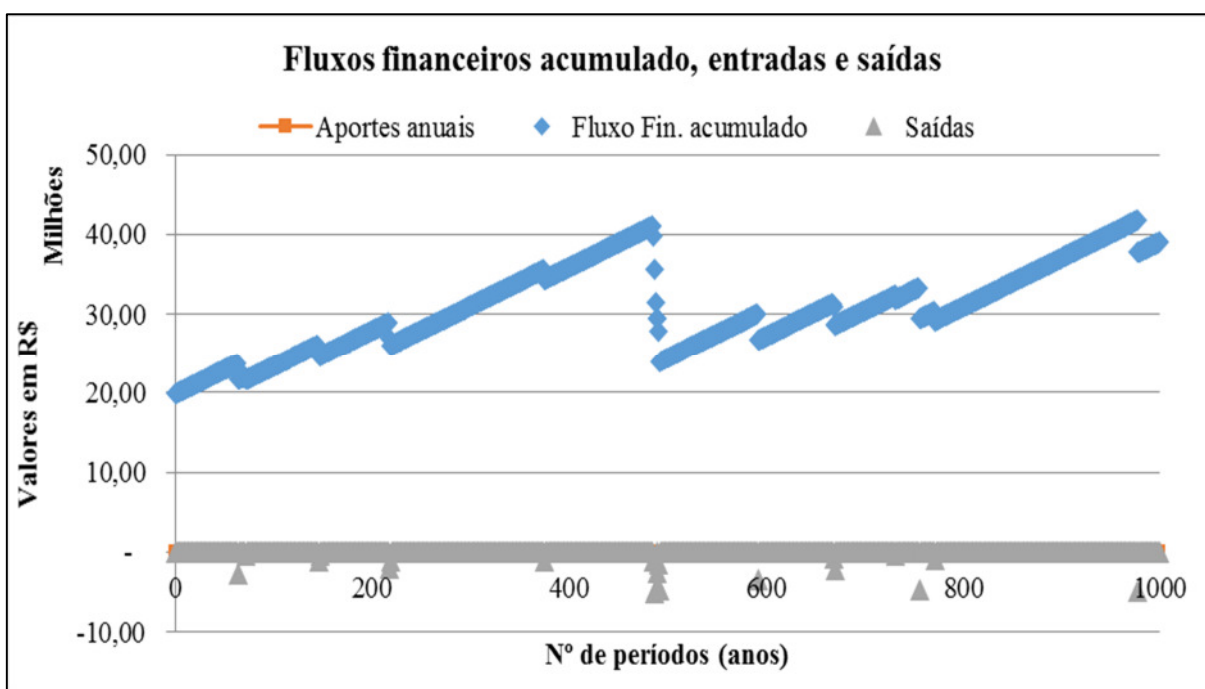


Figura 10 – Exemplo de fluxo financeiro compostos de saídas, entradas e o acumulado.

3.6.1 Fundamentos da compensação financeira pela transferência hídrica

A justificativa financeira para que haja pagamento de compensação financeira pela transferência hídrica fundamenta-se na alteração do sistema de alocação de recursos hídricos em épocas de escassez e a possibilidade de amenização de litígios entre os setores envolvidos nas transações de transferência hídrica. Assim, o pagamento desse “seguro” tem como objetivo compensar as perdas de benefícios do setor de irrigação caso não houvesse ocorrido a transferência hídrica.

Considerando que o setor transferidor de garantias hídricas perde benefícios que seriam gerados pelo recurso transferido e o setor que aumenta sua garantia hídrica aumenta seu benefício e, com fundamento na compensação, faz-se necessário que a transferência de garantia seja compensada com a transferência de recursos financeiros. Assim, por analogia, o setor urbano teria proteção contra escassez hídrica e, como contraprestação, deveria repassar recursos financeiros ao setor de irrigação para protegê-lo contra a escassez financeira.

Dessa forma, necessita-se quantificar e definir metodologias de quantificação dos recursos financeiros agradáveis aos dois setores. Para isso, é necessário saber quais os impactos financeiros gerados nos setores pela transferência de recursos hídricos e qual metodologia a ser adotada para esse fim.

Portanto, a justificativa de que possa haver compensação financeira quando houver transferência de garantia será fundamentada pela permuta dos métodos de alocação de recursos hídricos e, para precificação desses recursos será utilizada a metodologia dos benefícios, as regras do contrato de opção e uma função de pagamento formulada nesse trabalho. Com essas metodologias, estudar-se-á a capacidade de as transferências de compensarem-se.

3.6.2 Modelo conceitual da compensação pela transferência de risco

A modelagem das transferências será a seguinte:

- o setor urbano pagaria anualmente um seguro ao gestor do fundo financeiro até os valores médios de ganhos de benefícios obtidos pela transferência de recursos hídricos;
- o gestor do fundo financeiro administraria esse fundo e, nos anos de escassez, pagaria os valores dos benefícios que o setor de irrigação deixou de obter devido à transferência de garantia naquele ano. Contudo, esse pagamento obedeceria às características dos contratos de opção proposto acima.
- Assim, nos anos de escassez, o setor de irrigação transferiria recursos hídricos que o setor urbano necessitar conforme reserva hídrica e receberia recursos financeiros como compensação.

Em síntese, inicialmente, o ente estatal aportará os recursos do aporte inicial com base no cenário de fluxo financeiro escolhido ao gestor do fundo financeiro. Os aportes anuais serão realizados pelo setor urbano a esse gestor em qualquer época. Entretanto, em época de escassez, o setor de irrigação transferirá recursos hídricos ao setor urbano com base na necessidade desse setor e nas suas disponibilidades. Em contrapartida, o setor transferidor receberá recursos financeiros como compensação conforme as regras do contrato de opções.

Para esclarecimentos, tem-se a figura abaixo que sintetiza as descrições acima.

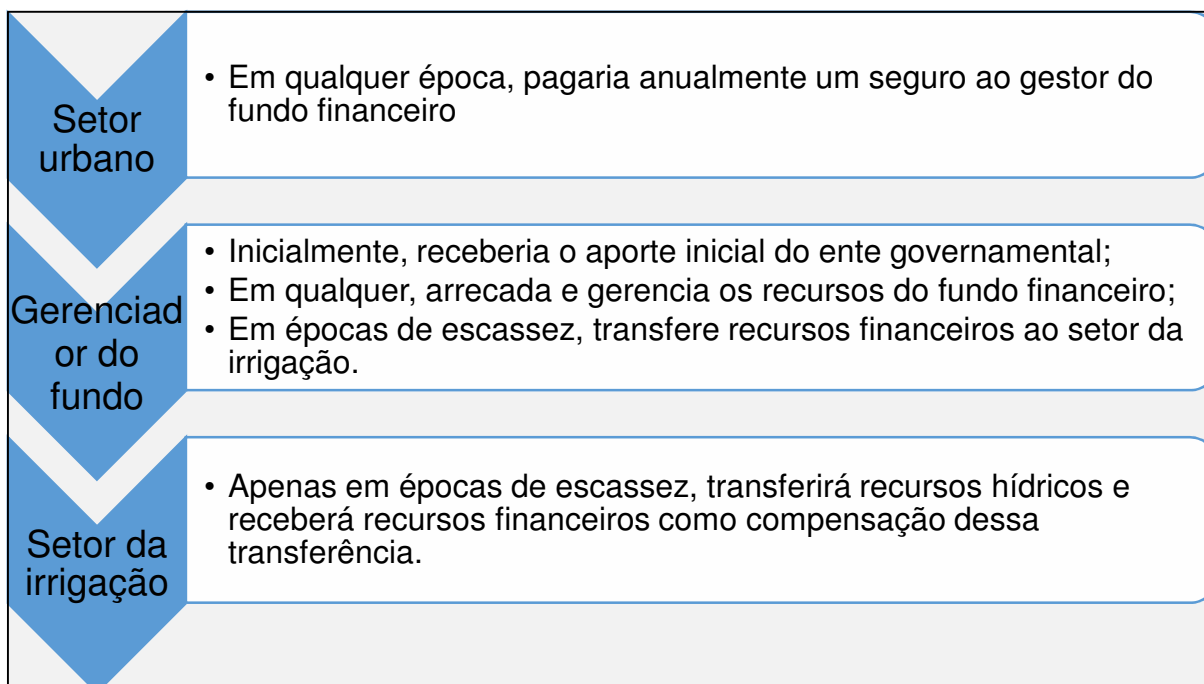


Figura 11 – Modelagem conceitual do fluxo do fundo financeiro.

3.6.3 Simulação do fluxo do fundo financeiro

Para simular o fluxo do fundo financeiro, adotou-se as seguintes condições:

- i. Os portes anuais seriam formados pelos valores médios dos ganhos ou das perdas ou dos pagamentos de opções para o período da série sintética;
- ii. As saídas serão baseadas nos pagamentos de opções; e,
- iii. Os aportes iniciais seriam formados pela máxima soma móvel do período de 10 anos. Assim, para cada cenário, obter-se-á a soma móvel dos ganhos, das perdas e dos pagamentos das opções para formar os cenários dos fluxos do fundo financeiro.

Dessa forma, o fundo financeiro terá capacidade de arcar com as perdas iniciais e, assim, ter maior capacidade desembolso e baixos períodos deficitários.

Para isso, foram definidas seis premissas de fluxo do fundo financeiro relacionando as condições acima da seguinte forma:

Caso I – aporte inicial das perdas da irrigação mais aportes anuais formados pelos ganhos urbanos menos as saídas;

Caso II – aporte inicial dos pagamentos de opções mais aportes anuais formados pelos ganhos urbanos menos as saídas;

Caso III – aporte inicial dos ganhos urbano mais aportes anuais formados pelas perdas da irrigação menos as saídas;

Caso IV – aporte inicial dos pagamentos de opções mais aportes anuais formados pelas perdas da irrigação menos as saídas;

Caso V – aporte inicial dos ganhos urbanos mais aportes anuais formados pelos pagamentos de opções menos as saídas; e,

Caso VI – aporte inicial das perdas da irrigação mais aportes anuais formados pelos pagamentos de opções menos as saídas.

4 Resultados e discussões

Os resultados serão estruturados de forma compatível com a estrutura da Metodologia. A estrutura aqui adotada possui a seguinte configuração: vazão regularizável; benefícios dos setores usuários de água; transferência hídrica; transferências financeiras; e, por fim, fluxos do fundo financeiro.

Os itens vazão regularizável e benefícios econômicos apresentam as características intrínsecas do reservatório e de seus usuários, respectivamente;

- o item transferência hídrica apresenta os valores de recursos hídricos transferidos;
- o item transferências financeiras apresenta os valores dos impactos econômicos a partir das metodologias de avaliação financeira; e,
- o último item apresenta os fluxos do fundo financeiro.

Assim, o fluxograma realizado nos resultados é o seguinte:

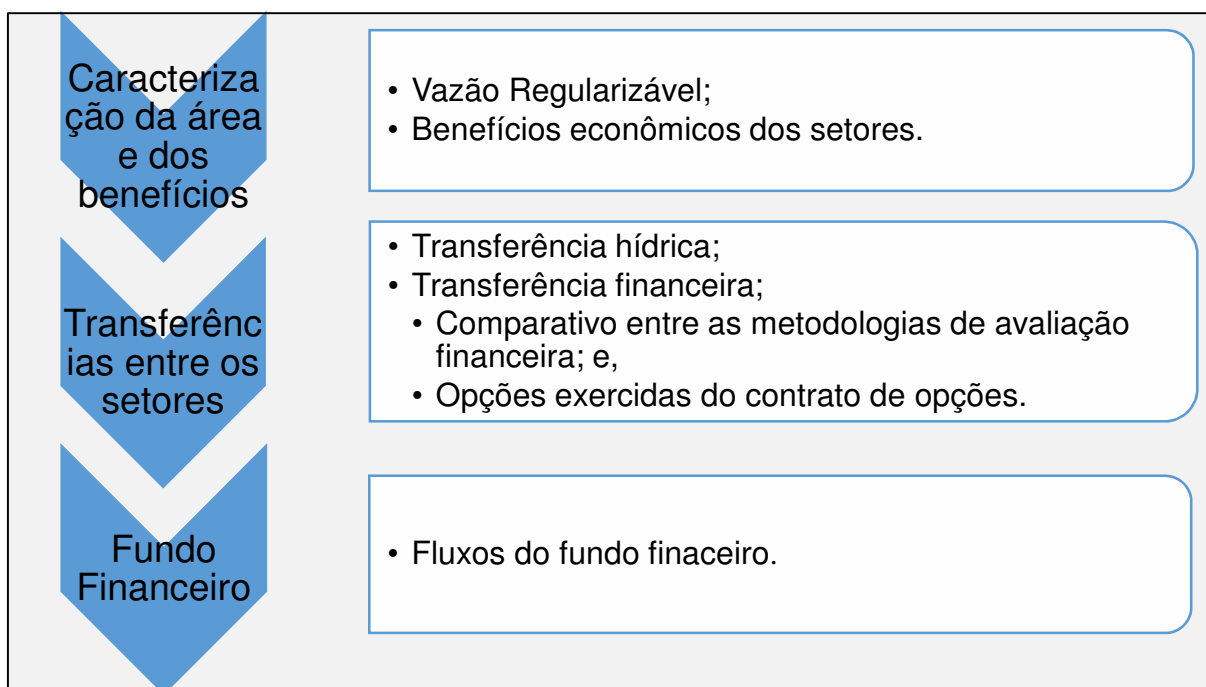


Figura 12 – Fluxograma dos resultados.

Os estudos fundamentaram-se no princípio da compensação, o qual possibilita contraprestação pecuniária quando houver transferência de disponibilidade de recursos hídricos a outro setor beneficiado, responsável pela compensação financeira.

Logo, os resultados a seguir terão como foco a capacidade de pagamento do setor urbano em realizar contraprestação pecuniária ao setor de irrigação pelas transferências hídricas recebidas. E tais resultados, foram realizados com base nas seguintes garantias: 98%; 95%; e, 90%.

4.1 Vazão regularizada

A vazão regularizada do Reservatório Orós foi obtida para as garantias de 98% a 80%. Esses dados de vazão foram obtidos a partir dos dados de afluência ao reservatório da série sintética base desse estudo.

A figura abaixo relaciona a vazão do Reservatório Orós para as garantias de 80% a 98% que são 550 hm³/ano e 310 hm³/ano, respectivamente.

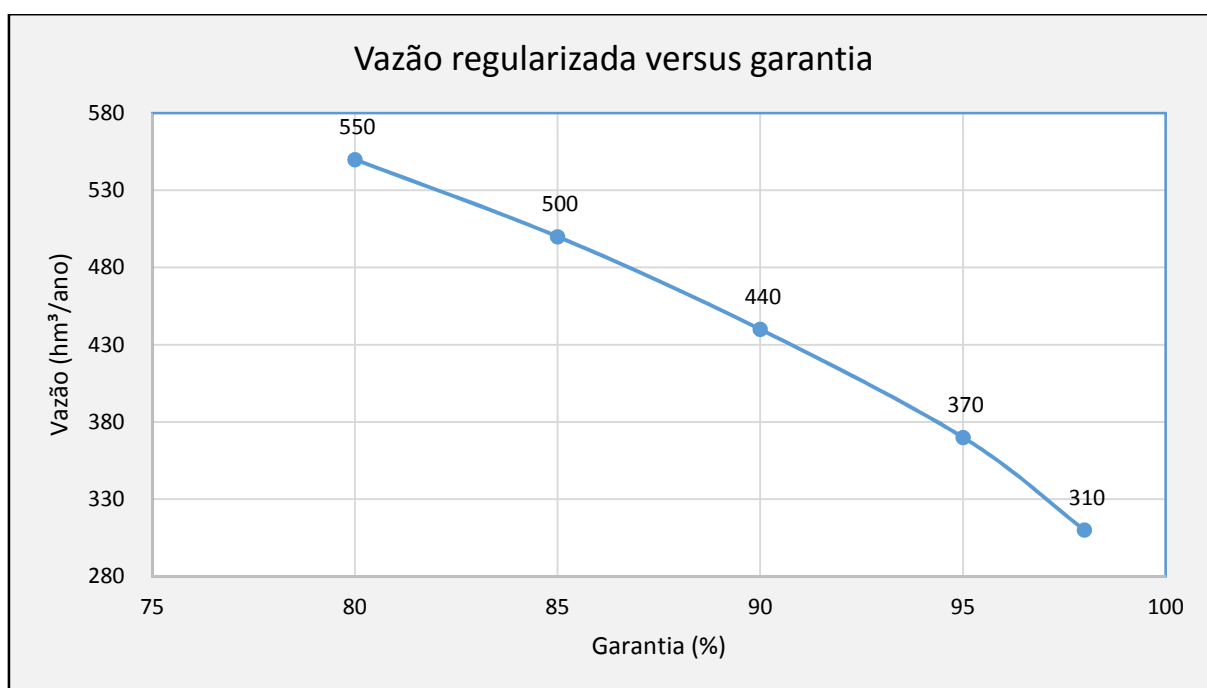


Figura 13 – Vazão (hm³/ano) versus garantia (%) do Reservatório Orós.

4.2 Benefícios dos setores usuários de recursos hídricos

A fim de caracterizar os benefícios econômicos dos recursos hídricos da área de estudo, serão apresentadas tabelas e gráficos desses benefícios para cada garantia simulada.

Tabela 5 - Valores dos benefícios versus delta para as garantias 98%, 95% e 90%, (Res. Orós).

Garantias (%)	Vazão regularizável – garantida (hm ³ /ano)	Irrigação		Delta de igualdade entre as curvas
		Valor máximo (R\$*10 ⁶)	Delta	
98	310	11,5	0,94	0,80
95	370	11,5	0,78	0,82
90	440	11,5	0,66	0,87

Para garantia de 98%, o Reservatório Orós possui capacidade de regularização de 310 hm³/ano para alocação. Com isso, na figura abaixo, tem-se o gráfico que apresenta os benefícios dos setores versus delta para essa garantia.

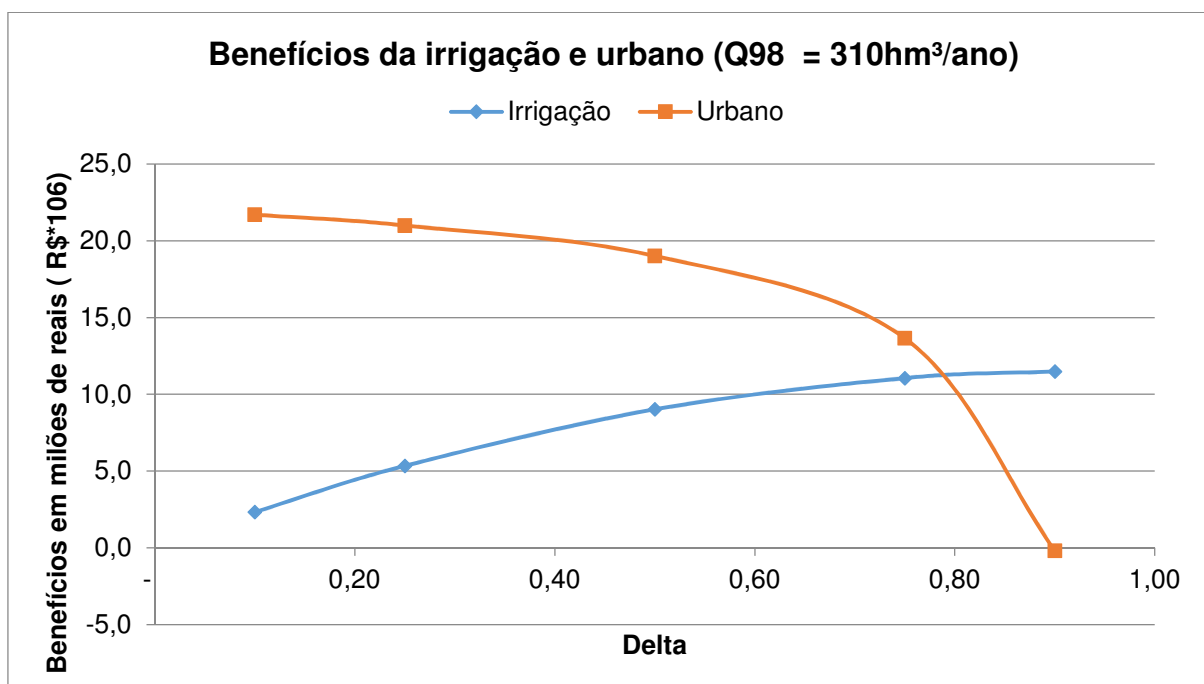


Figura 14 – Curva de benefícios, urbano e de irrigação, para garantia de 98%.

Já para garantia de 95%, o Reservatório Orós possui capacidade de regularização de 370 hm³/ano para alocação. Abaixo, tem-se o gráfico que apresenta os benefícios dos setores versus delta para a garantia de 95%.

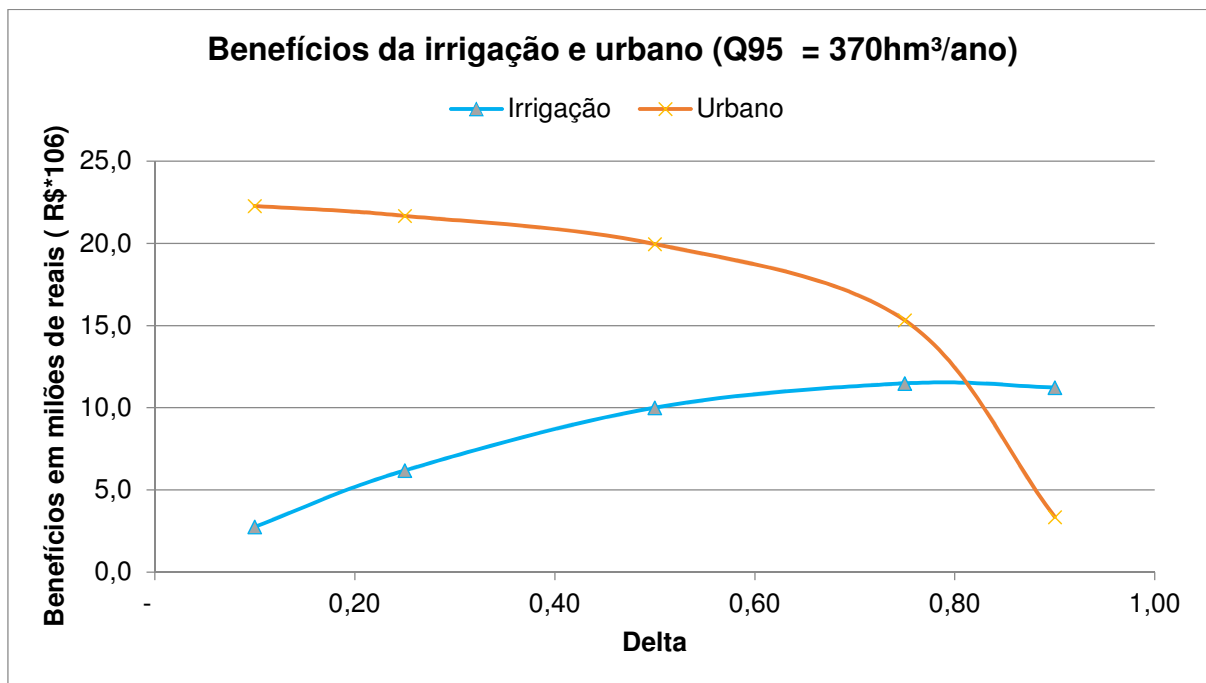


Figura 15 – Curva de benefícios, urbano e de irrigação, para garantia de 95%.

Por último, para a garantia de 90%, o Reservatório Orós possui capacidade de regularização de 440 hm³/ano para alocação.

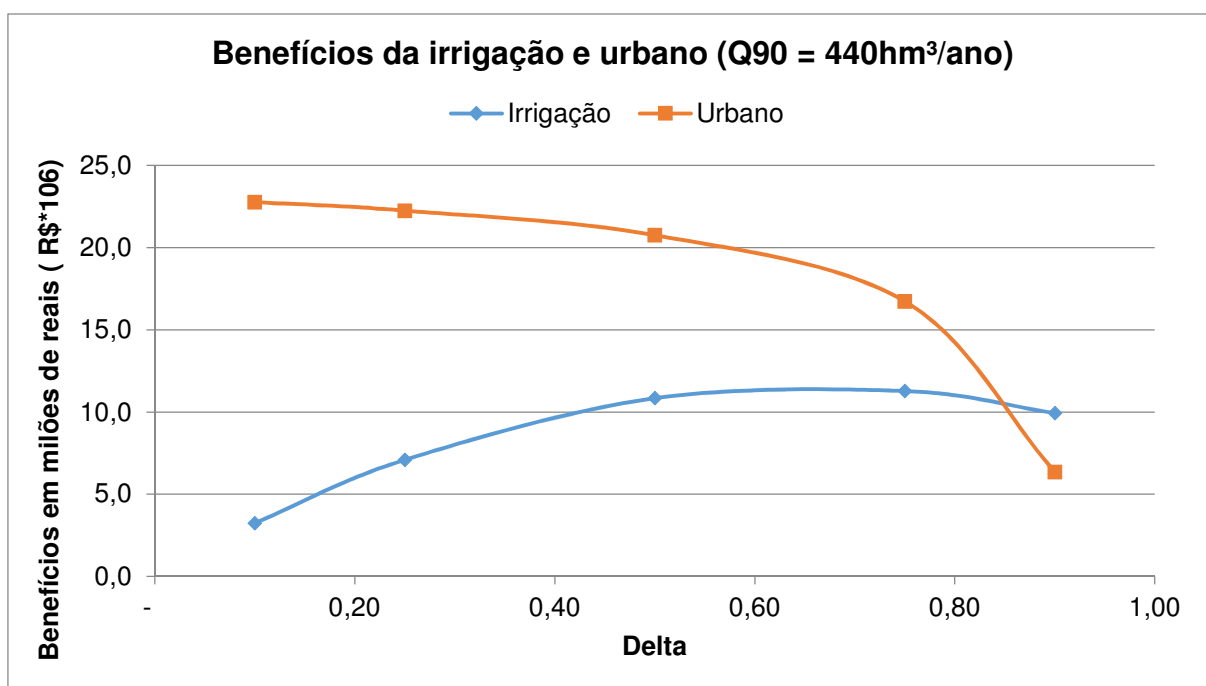


Figura 16 – Curva de benefícios, urbano e de irrigação, para garantia de 90%.

Dos dados acima, percebe-se que os benefícios máximos da irrigação permaneçam constantes independentemente das garantias e que para menores garantias menores foram os deltas que atingiram esses benefícios. O primeiro se deve ao comportamento da curva de benefícios da irrigação ser parabólica e de concavidade negativa e a vazão de máximo benefício está dentro do intervalo simulado para todas as garantias. Quanto ao segundo, deve-se ao fato de que as equações de benefícios ser função da vazão e a igualdade ocorre em valor constante de vazão, além desta diminuir e com a diminuição das garantias.

De forma semelhante, os benefícios máximos urbanos aumentam com a diminuição da garantia para os mesmos deltas e ocorrem nos deltas tendendo a zero. Isso é devido ao comportamento da curva de benefícios urbano ser diretamente proporcional à vazão e essa aumentar com a diminuição da garantia, dado que a vazão disponível ao setor urbano aumenta com a diminuição do delta.

4.3 Transferências entre os setores

4.3.1 Transferência hídrica

Serão apresentados a seguir os dados sobre as transferências hídricas médias para cada delta e para as garantias de 98, 95 e 90%, respectivamente.

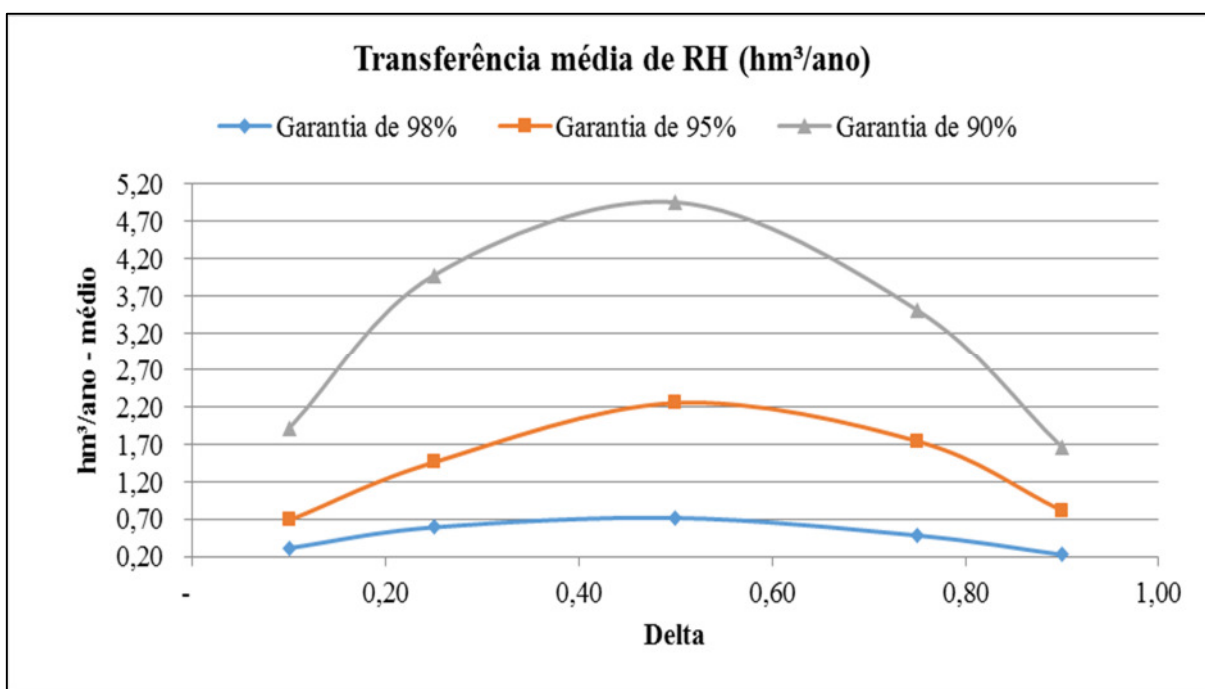


Figura 17 – Curva de transferência hídrica entre os setores para as garantias de 98, 95 e 90%.

Percebe-se do gráfico acima que para todas as garantias simuladas, o gráfico das transferências hídricas versus delta é parabólico, tendo as maiores transferências hídricas ocorrendo nos deltas próximos a 0,50. Entretanto, quanto menor a garantia, maior foi a transferência hídrica. Essas transferências foram de 0,72 hm³, 2,26 hm³ e 4,96 hm³ para as garantias de 98%, 95% e 90%, respectivamente.

Isso se deve ao fato de que somente há aumento na transferência hídrica até o delta igual 0,50, já que o aumento acima desse delta, menor será a quantidade de recurso hídrico que o setor urbano necessitará. Além disso, quanto menor a garantia maior a probabilidade de ocorrência de falhas ou de necessidade de transferência hídrica e em maior volume. Isso pode ser demonstrado na figura abaixo.

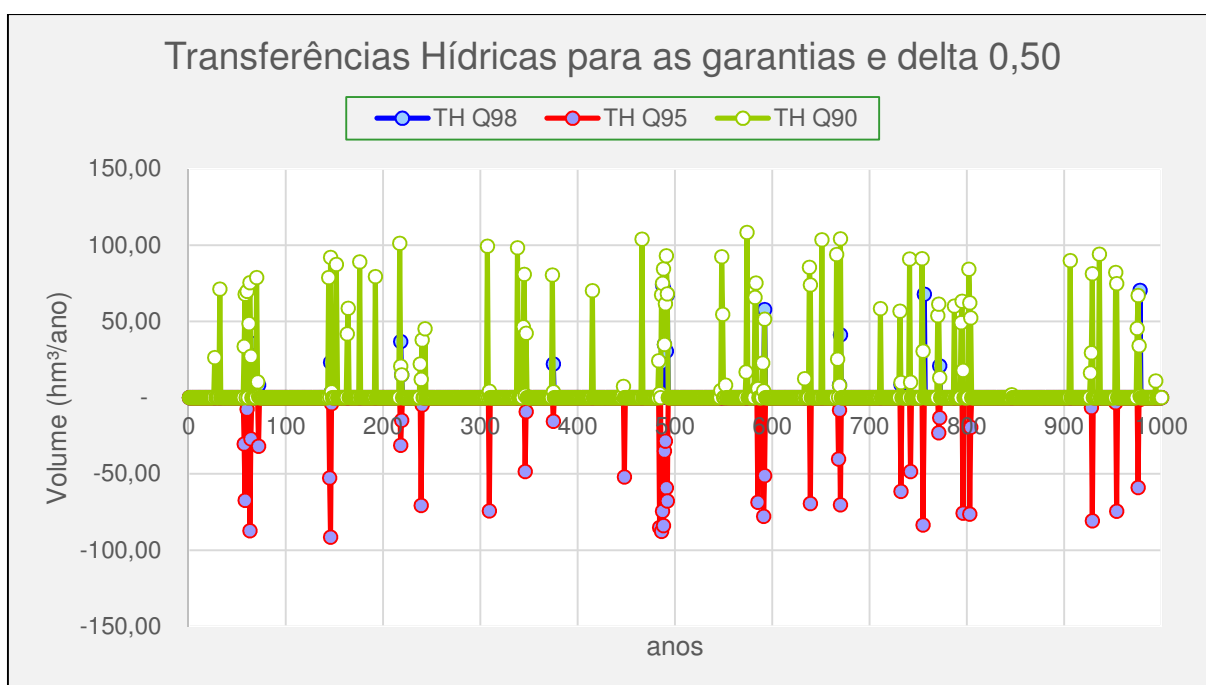


Figura 18 – Transferência hídrica para as garantias de 98, 95 e 90% e delta 0,50 versus o período.

4.3.2 Transferências financeiras

As transferências financeiras para cada metodologia de quantificação serão apresentadas abaixo. Abaixo se tem o comportamento dos ganhos, das perdas, dos pagamentos de opções e da função geral de pagamentos para as garantias de 98%, 95% e 90, tanto em gráficos quanto em tabelas.

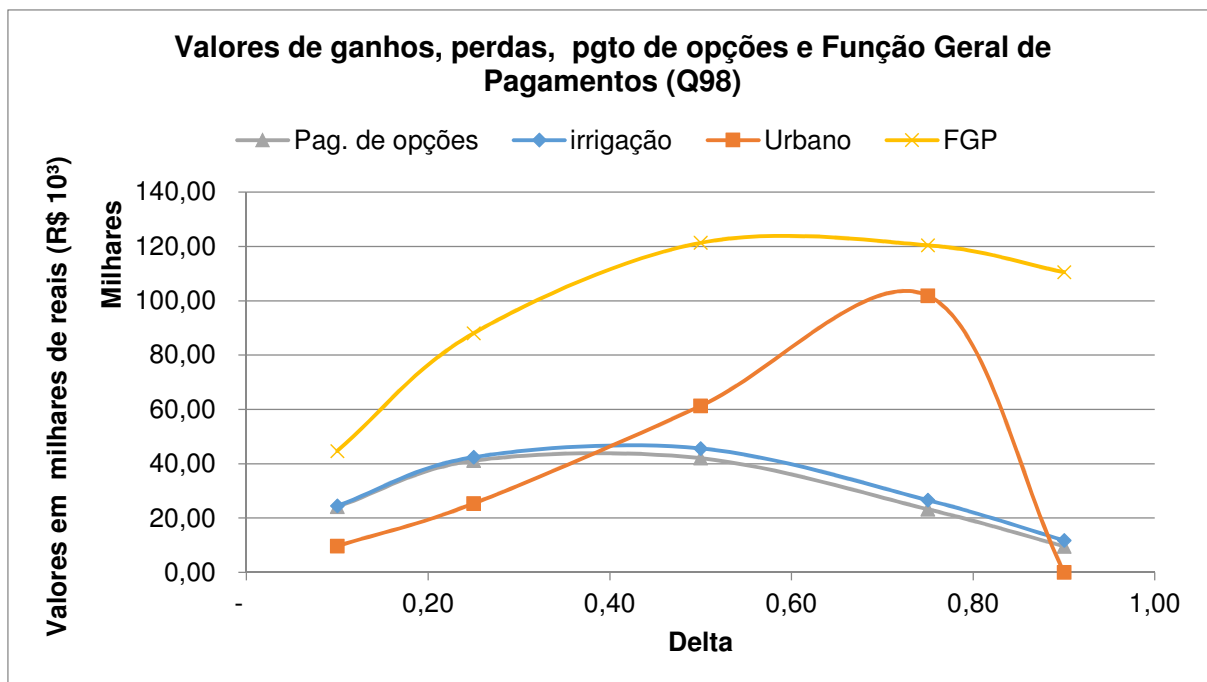


Figura 19 – Curva de ganhos, de perdas e de pagamento de opções, garantia de 98%.

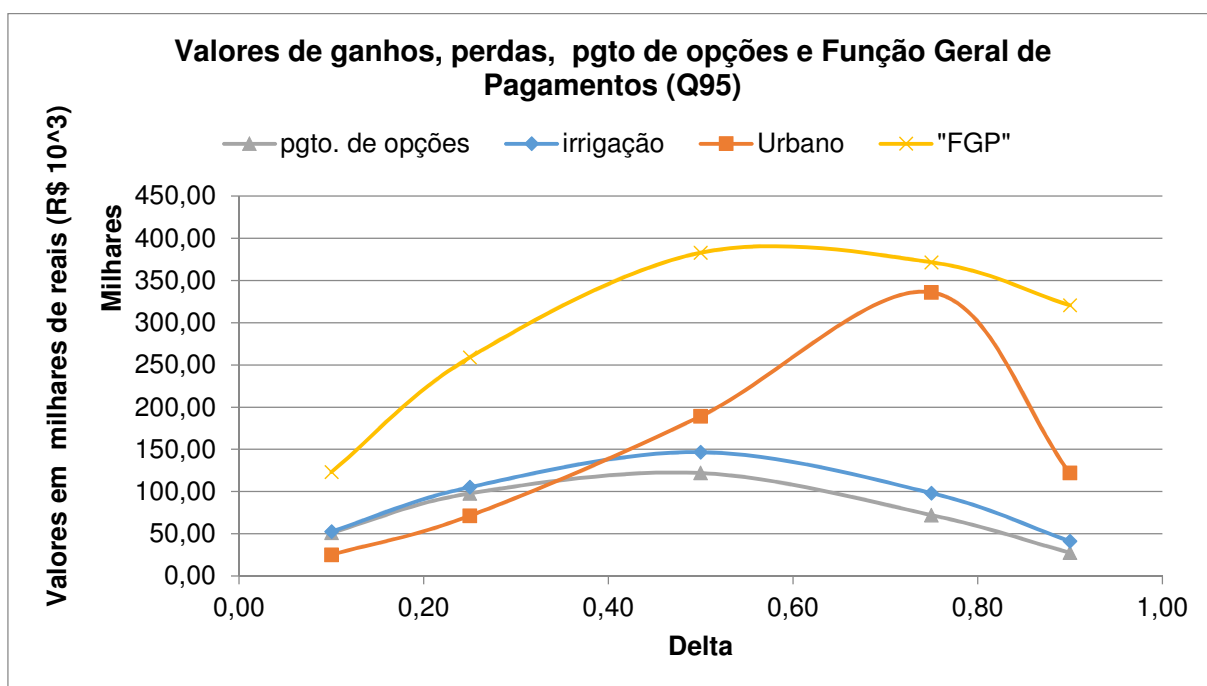


Figura 20 – Curva de ganhos, de perdas e de pagamento de opções, garantia de 95%.

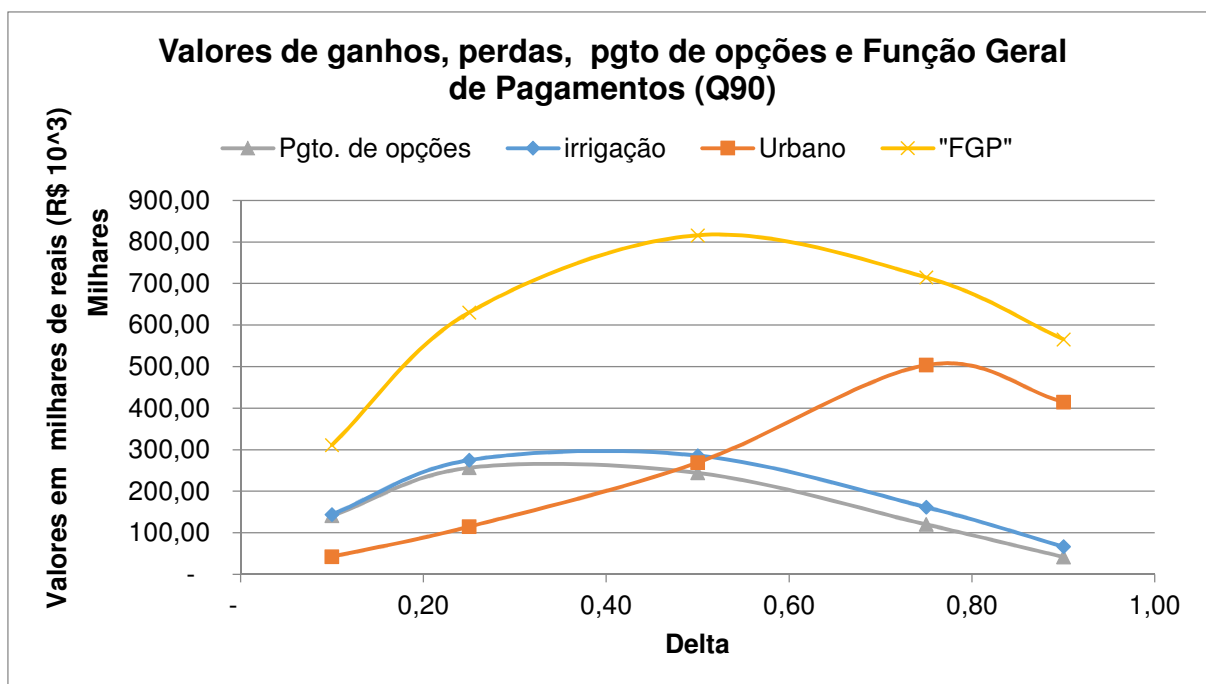


Figura 21 – Curva de ganhos, de perdas e de pagamento de opções, garantia de 90%.

Os dados em vermelho nas Tabelas 5, 6 e 7 representam os valores de igualdade entre ganhos e perdas.

Tabela 6 – Comparativo entre ganhos, perdas, pagamento de opções e função geral de pagamentos para a garantia de 98%.

Delta	Ganhos (R\$ 10 ³)	Perdas (R\$ 10 ³)	Pagamento de opções (R\$ 10 ³)	Função geral de pgto. (R\$ 10 ³)
0,10	9,69	24,53	24,19	44,69
0,25	25,36	42,43	41,14	88,05
0,41	45,80	45,80	44,50	112,77
0,50	61,32	45,68	42,05	121,37
0,75	101,92	26,60	23,26	120,47
0,89	12,20	12,20	10,50	111,34
0,90	0,00	11,78	9,61	110,57

Tabela 7 – Comparativo entre ganhos, perdas, pagamento de opções e função geral de pagamentos para a garantia de 95%.

Delta	Ganhos (R\$ 10 ³)	Perdas (R\$ 10 ³)	Pagamento de opções (R\$ 10 ³)	Função geral de pgto. (R\$ 10 ³)
0,10	25,20	52,74	51,46	123,23
0,25	71,42	105,29	97,83	258,87
0,41	140,50	140,50	116,30	354,05
0,50	189,18	146,74	122,00	382,78
0,75	335,89	98,21	72,23	371,45
0,90	121,98	41,30	27,66	320,51
0,91	40,00	40,00	35,00	316,54

Tabela 8 – Comparativo entre ganhos, perdas, pagamento de opções e função geral de pagamentos para a garantia de 90%.

Delta	Ganhos (R\$ 10 ³)	Perdas (R\$ 10 ³)	Pagamento de opções (R\$ 10 ³)	Função geral de pgto. (R\$ 10 ³)
0,10	42,52	144,46	140,98	311,46
0,2	114,93	274,84	256,46	630,05
0,50	269,16	286,05	244,38	816,12
0,52	280,50	280,50	220,50	816,82
0,75	503,79	161,62	120,13	714,60
0,90	414,81	66,80	41,85	565,75
0,93	52,20	52,20	42,50	530,93

Constatam-se dos gráficos e das tabelas acima que os valores obtidos pela função geral de pagamentos são superiores aos obtidos pelos ganhos, pelas perdas ou pelos pagamentos de opções para todos os cenários e garantias. Outra constatação é que os pagamentos de opções são sempre inferiores às perdas para todos os cenários e garantias mas, com comportamentos semelhantes a estas. Além disso, percebe-se a existência de três regiões nos gráficos quando se relacionam ganhos e perdas para todas as garantias.

Quanto ao comportamento da função geral de pagamento, ele é explicado devido à formulação dessa função remunerar o setor transferidor de forma desproporcional nos eventos de escassez mais críticos, por exemplo, quando a vazão disponível do setor de irrigação for nula, este setor receberia os benefícios econômicos máximo do cenário.

Assim, a adoção da função geral de pagamento como metodologia de transferência financeira torna-se inviável porque essa assimetria desequilibra os fatores que justificariam as transferências financeiras, além de os ganhos financeiros do setor urbano serem inferiores aos valores que seriam desembolsados por esse setor, independentemente do cenário ou garantia.

Quanto aos comportamentos das curvas de ganhos, de perdas e pagamentos de opções, destaca-se que devido ao comportamento semelhante entre perdas e pagamentos de opções, serão analisados apenas os comportamentos das curvas de ganhos e perdas.

Dos dados acima, percebe-se que há três regiões definidas nos gráficos entre as curvas de ganhos e perdas. A primeira região localiza-se entre os deltas de valor zero até a primeira interseção, tendo os ganhos inferiores às perdas. A segunda

localiza-se entre as duas interseções, tendo os ganhos superiores às perdas. A terceira localiza-se ao final do gráfico, tendo os ganhos decrescidos abaixo das perdas novamente.

Essas características devem-se ao comportamento das curvas de benefícios e de sua derivada. Pois, para deltas pequenos, pertencentes à primeira região, os benefícios marginais urbanos são inferiores aos da irrigação fazendo com que os volumes transferidos tenham mais impactos para o setor da irrigação que para o urbano; para deltas pertencentes à segunda região, os ganhos marginais urbanos começam a superar aos da irrigação fazendo com que os volumes transferidos tenham mais impactos para o setor urbano que para a irrigação; e na terceira região, a curva de benefícios do setor urbano e sua derivada tendem a gerar valores negativos e, por simplificação, foram anulados fazendo com que os volumes transferidos tenham mais impactos para o setor da irrigação que para o urbano, novamente.

Destaca-se ainda que os maiores ganhos se concentram no intervalo da segunda região, coincidindo com os cenários nos quais a taxa de variação da curva de benefícios urbanos são os mais elevados.

Para esclarecimentos dos dados que definem cada região dos gráficos acima, apresenta-se a tabela abaixo.

Tabela 9 – Dados sobre a ocorrência de igualdade de ganhos e perdas para cada garantia.

Garantia (%)	Delta inicial	Valores (R\$10 ³)	Vazão urbano (hm ³ /ano)	Delta final	Valores (R\$10 ³)	Vazão urbano (hm ³ /ano)
98	0,41	45,80	183	0,89	12,20	34
95	0,41	140,50	218	0,91	40,00	33
90	0,52	280,50	211	0,93	52,20	31

Por outro lado, os dados demonstram que os ganhos são inversamente proporcionais ao aumento de garantia, devido a maior probabilidade de ocorrência de transferência hídrica e em maior volume transferido. E, para maiores garantias, os ganhos superam as perdas da irrigação em deltas e em valores monetários menores.

Além disso, com a diminuição da garantia, os ganhos são cada vez maiores com baixos incrementos na alocação hídrica. Isso pode ser devido ao aumento de ocorrência de transferência hídrica, já que a diminuição de garantia pressupõe maiores eventos de transferência com impactos financeiros mais elevados.

Ademais, as perdas máximas ocorrem próximas ao ponto de ocorrência da primeira interseção das curvas dos ganhos e das perdas coincidentemente com a igualdade entre as curvas das primeiras derivadas dos setores. Isso se deve ao fato de que as taxas de variação da irrigação ser maior nessa região, no entanto, com o aumento do delta, as taxas de benefícios aumentam fazendo com que os ganhos igualem e superem as perdas, conforme se observa no gráfico abaixo.

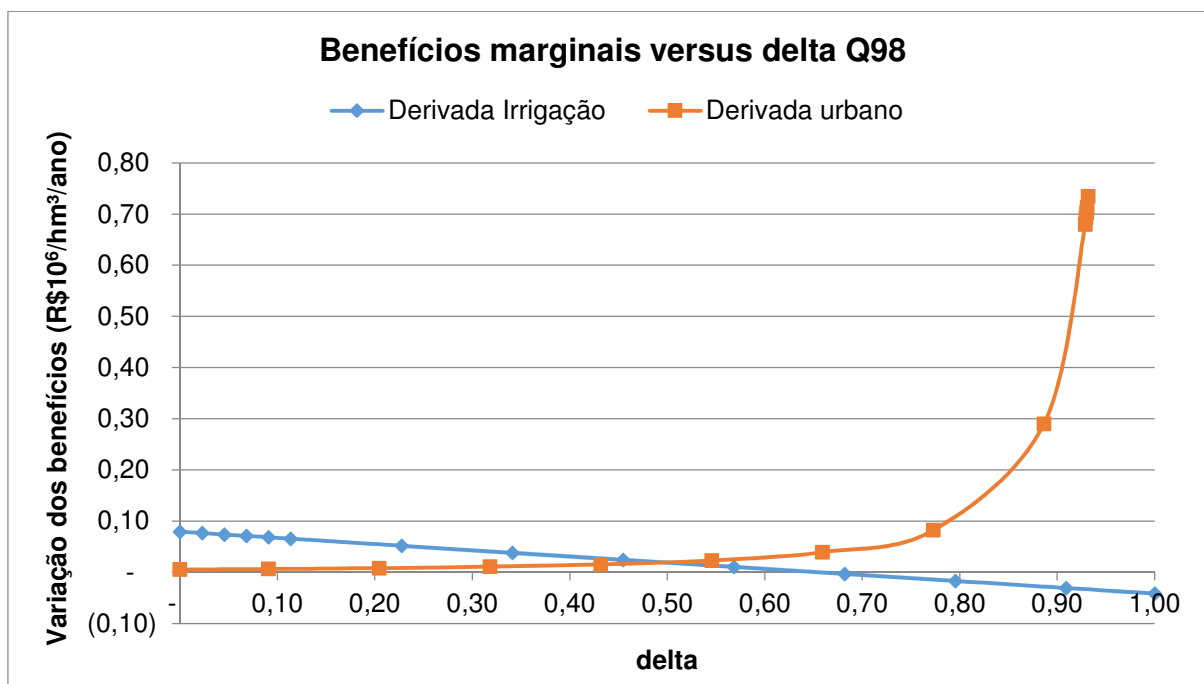


Figura 22 – Taxa de variação de benefícios urbanos e de irrigação versus delta para garantia de 90%.

Outro destaque quanto aos ganhos máximos, eles aumentam 430,8% da garantia de 98% para a garantia de 90% com o aumento de apenas 9,97% na vazão média alocada ao setor urbano. Isso se deve ao fato de que para vazões abaixo de 100 hm³/ano, o setor urbano possui maiores benefícios marginais e com a diminuição da garantia mais eventos ocorrem e com maiores volumes. Assim, os ganhos elevam-se extraordinariamente com pequena elevação da transferência média. Para ilustrar têm-se a Tabela 10.

Tabela 10 – Perdas, ganhos e vazão alocada ao setor urbano para os deltas de ganhos máximos.

Garantia (%)	Delta	Ganhos (R\$ 10 ³ /ano)	Vazão urbana (hm ³ /ano)	Perdas (R\$ 10 ³)
98	0,78	107,18	68,20	24,08
95	0,79	351,86	77,70	83,92
90	0,83	568,92	75,00	108,80

Percebe-se que para menores garantia, tem-se delta, ganhos, vazões alocadas ao setor urbano e perdas maiores, porém os ganhos são claramente maiores que as perdas e com baixas vazões alocadas médias ao setor urbano quando comparado com a vazão máxima de alocação.

E considerando a indenização baseada no pagamento de opções ou nas perdas, percebe-se que para garantias de 98% a 90%, os ganhos superam tais indenizações a partir do delta de valor em torno de 0,50.

Em síntese, percebe-se dos dados acima que o setor urbano possui maiores vantagens em relação ao setor de irrigação entre os deltas de 0,50 a 0,90, aproximadamente, ou seja, na região viável ao setor urbano. No entanto, quanto maior o delta, menor é a vazão disponível ao setor urbano, o que pode ser desfavorável, nos casos concretos, em adquirir pequenos valores de vazão. Já com relação às perdas máximas, elas ocorrem em torno do delta 0,50.

Dessa forma, as metodologias para obtenção dos valores de transferências financeiras para a irrigação com base nas perdas e nos pagamentos do contrato de opções são compatíveis com os ganhos, dado que essas metodologias representam exemplos de cenários possíveis que os setores podem vivenciar no âmbito das transferências hídricas.

Já a metodologia da função geral de pagamento apresentou-se inviável como regra à obtenção dos valores para transferência financeira. Contudo, ela pode ser adotada associando-lhe salvaguardas, seja de valores monetários seja de valores de vazão, conforme apresentado na Metodologia.

Todavia, a utilização dessa função restringiu-se aos casos nos quais os ganhos seriam inferiores às perdas (cenário inviável), pois para os cenários viáveis a metodologia das equações de benefícios pode ser utilizada. Os dados simulados baseados naquela função estão apresentados posteriormente abaixo.

4.3.3 Opções exercidas pelo contrato de opção

A fim de compreender o comportamento do contrato de opções, apresentam-se abaixo os gráficos que apresentam número de opções exercidas versus delta.

Conforme se percebe dos três gráficos abaixo, o número de exercício de opção é relacionado diretamente com a garantia, por exemplo, para garantia de 90%, haverá exercícios em apenas 10% dos casos, ou seja, 100 para a série de 1.000 dados. Ainda, percebe-se que a probabilidade de ocorrência de pagamento máximo do contrato de opção aumenta com a diminuição dos deltas, ou seja, com a diminuição da vazão máxima disponível ao setor de irrigação, conforme os gráficos abaixo.

Essa constatação pode ser explicada pela quantidade de recursos que o setor urbano necessita a ser transferido. Pois para grandes deltas (acima de 0,50), o setor urbano precisará de menos recursos para se satisfazer e o setor de irrigação terá quantidade de recursos acima da necessidade de satisfação do setor urbano e, por isso, menos da totalidade das opções serão exercidas. Já para deltas menores (abaixo de 0,50), ocorre de forma contrária. O setor urbano necessitará de quantidade de recursos para sua satisfação maior que a obtida pelo setor de irrigação, por isso, mais opções serão exercidas na totalidade dos recursos disponíveis a esse setor.

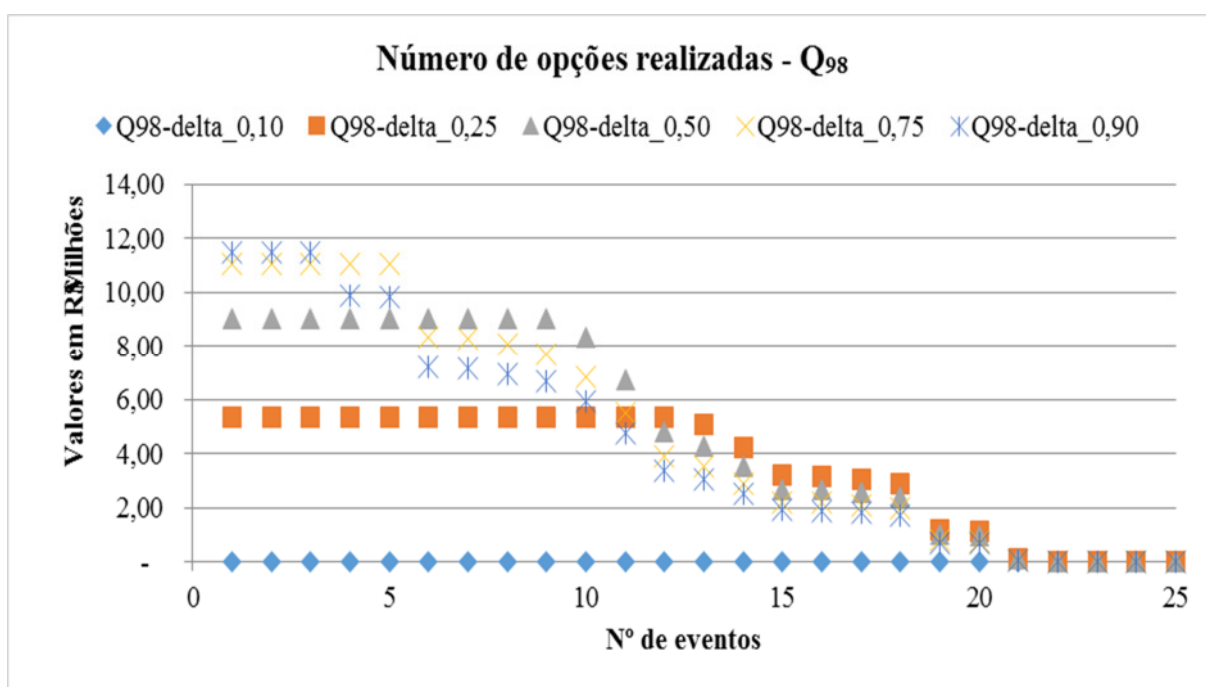


Figura 23 – Ocorrência de pagamento de opção para garantia de 98%.

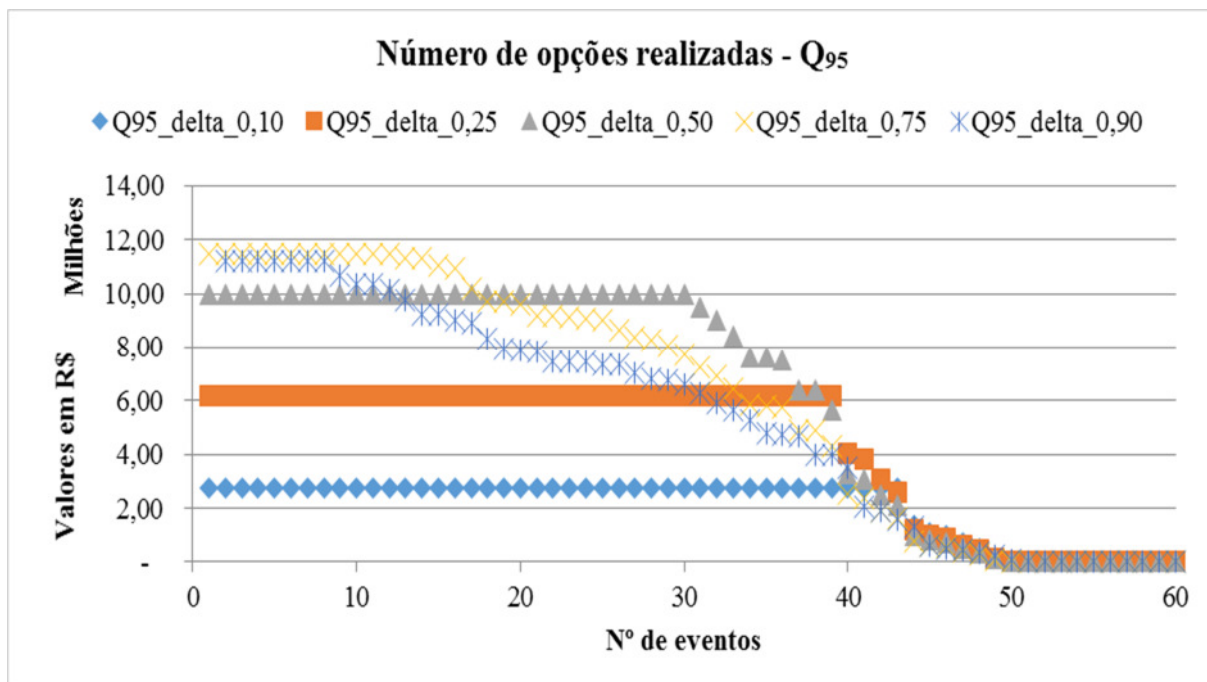


Figura 24 – Ocorrência de pagamento de opção para garantia de 95%.

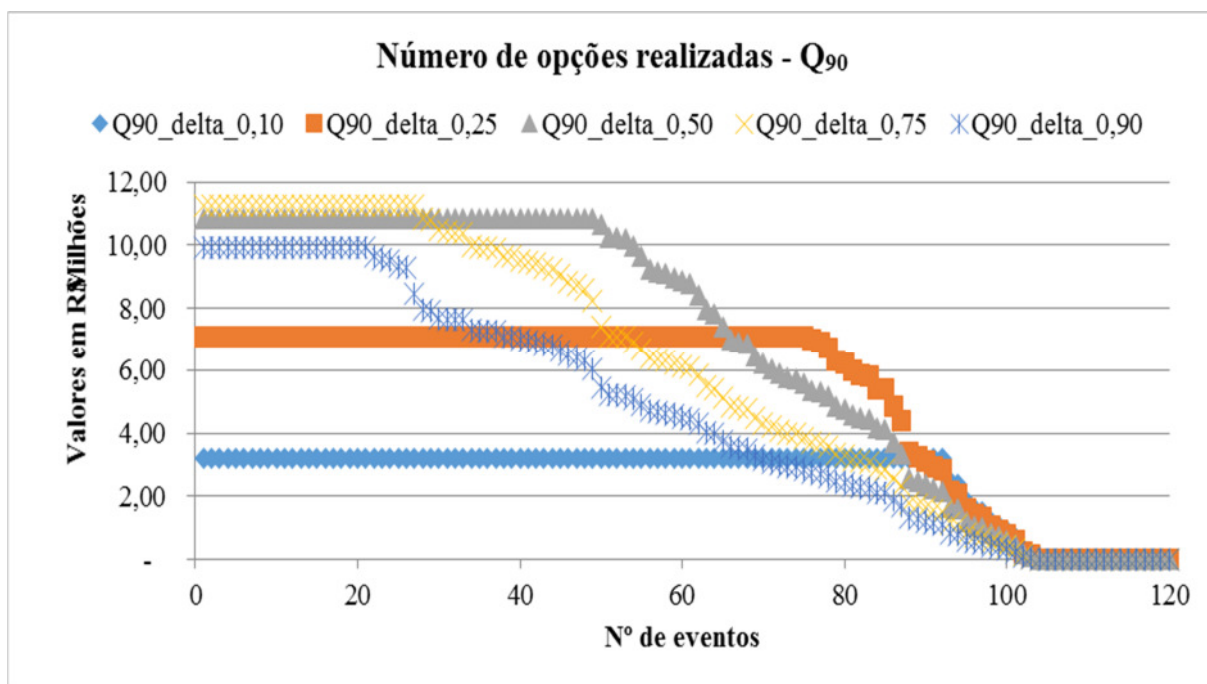


Figura 25 – Ocorrência de pagamento de opção para garantia de 90%.

4.3.4 Simulação da função geral de pagamento versus a capacidade de pagamento do setor urbano

Considerando os cenários nos quais o setor urbano não terá condições de arcar com os custos das transferências hídricas obtidos, seja pela metodologia do contrato de opções seja pela metodologia das equações de benefícios, simularam-se salvaguardas que seriam necessárias para que os ganhos se iguallassem aos valores

da função geral de pagamentos resultando na função geral de pagamentos modificada. Portanto, a aplicação dessa metodologia nos dará os valores dos coeficientes redutores de vazão (M_1) e monetária (M_2), conseqüentemente, os valores de salvaguardas.

No entanto, essa simulação foi realizada somente para os cenários (deltas) contidos na primeira região dos gráficos de perdas e ganhos, dado que o intervalo de delta da terceira região ser pequeno.

De outra forma, obter-se-ão os valores redutores e/ou de salvaguardas nos quais os ganhos necessitariam para se igualar aos valores da função geral de pagamentos modificada e daí, apresentar ao setor transferidor as salvaguardas necessárias ao setor recebedor para que viabilizem as transferências hídricas.

Por isso, considerando essa metodologia como parâmetro para pagamentos de prêmio do seguro para formação do fundo financeiro e os cenários considerados inviáveis ao setor urbano para os pagamentos da totalidade das perdas, definiram-se as salvaguardas tanto de vazão quanto do benefício máximo nos quais os ganhos se equivaleriam aos valores da função geral de pagamento modificada.

Logo, para os cenários inviáveis, o pagamento das indenizações poderia fundamentar-se em salvaguardas e nas capacidades dos ganhos. Assim, para cada delta e cada garantia, obtiveram-se as salvaguardas (os percentuais de vazão alocável à irrigação e os percentuais dos benefícios máximos) nos quais os ganhos necessitarão para se igualarem aos pagamentos dessas indenizações.

Percebe-se das tabelas abaixo que as salvaguardas monetárias necessárias aumentam com o aumento de M_1 e com a diminuição do delta, ou seja, quanto menor for M_1 e maior o delta mais representativo fica os ganhos perante a função geral de pagamentos e menor será a necessidade de salvaguarda monetária. Além disso, quanto menor a garantia, mais necessária será a salvaguarda monetária.

E, para melhor compreensão, os valores destacados em vermelhos nas tabelas abaixo representam as condições nas quais os ganhos necessitam de salvaguardas monetária e/ou de vazão, conforme o caso; os valores destacados em verde representam que os ganhos não necessitam de salvaguarda monetária, apenas salvaguarda de vazão.

Tabela 11 – Salvaguardas monetárias (1 - M_2) para que ocorra a igualdade entre ganhos e os valores da função geral de pagamentos para a garantia de 98%.

Delta\M1	0,25	0,50	0,75	1,00
0,10	0,08	0,54	0,71	0,78
0,25	-0,47	0,32	0,59	0,71

Tabela 12 - Salvaguardas monetárias (1 - M_2) para que ocorra a igualdade entre ganhos e os valores da função geral de pagamentos para a garantia de 95%.

Delta\M1	0,25	0,50	0,75	1,00
0,10	0,15	0,57	0,72	0,80
0,25	-0,19	0,42	0,62	0,72

Para as garantias de 98% e 95%, os ganhos urbanos para superar ou igualar aos pagamentos de prêmio de seguro necessitará de pelo menos 75% de salvaguarda de vazão, ocorrendo essa condição apenas para os deltas abaixo de 0,25, ou seja, os ganhos superam os pagamentos de prêmio de seguro, somente se houver salvaguarda de vazão de pelo menos 75% da vazão alocada à irrigação.

Tabela 13 - Salvaguardas monetárias (1 - M_2) para que ocorra a igualdade entre ganhos e os valores da função geral de pagamentos para a garantia de 90%.

Delta\M1	0,25	0,50	0,75	1,00
0,10	0,43	0,72	0,81	0,86
0,25	0,19	0,61	0,75	0,82

Já para garantia de 90%, os ganhos urbanos, para superar ou igualar aos pagamentos de prêmio de seguro, necessitará de salvaguardas de vazão e monetária em todos os casos.

Constata-se, para todas as garantias, com base nas tabelas acima, que a capacidade de pagamento dos ganhos diminui com o aumento de M_1 , ou seja, a diminuição da salvaguarda financeira aumenta com o aumento do delta, isto é, com a diminuição da vazão alocada ao setor urbano. Além disso, percebe-se que quanto menor a garantia maior será a salvaguarda monetária.

Isso pode ser devido à probabilidade de mais eventos ocorrerem e com maiores recursos transferidos para as garantias menores.

Para maior esclarecimento, apresentam-se graficamente os dados da tabela acima. Esses gráficos relacionam M_1 e M_2 e os valores dos ganhos para cada

delta. **No entanto, para os casos viáveis, essa simulação se encontra no Apêndice.**

Cabe destacar que M_1 relaciona-se com a salvaguarda de vazão (*hedding*), ou seja, representa o percentual da vazão alocada ao setor de irrigação a partir do qual esse setor teria direito a receber compensação financeira e M_2 relaciona-se com a salvaguarda monetária, ou seja, representa o percentual do benefício máximo desse setor para o cenário simulado.

Inicialmente, serão apresentados os dados da simulação para a garantia de 98%.

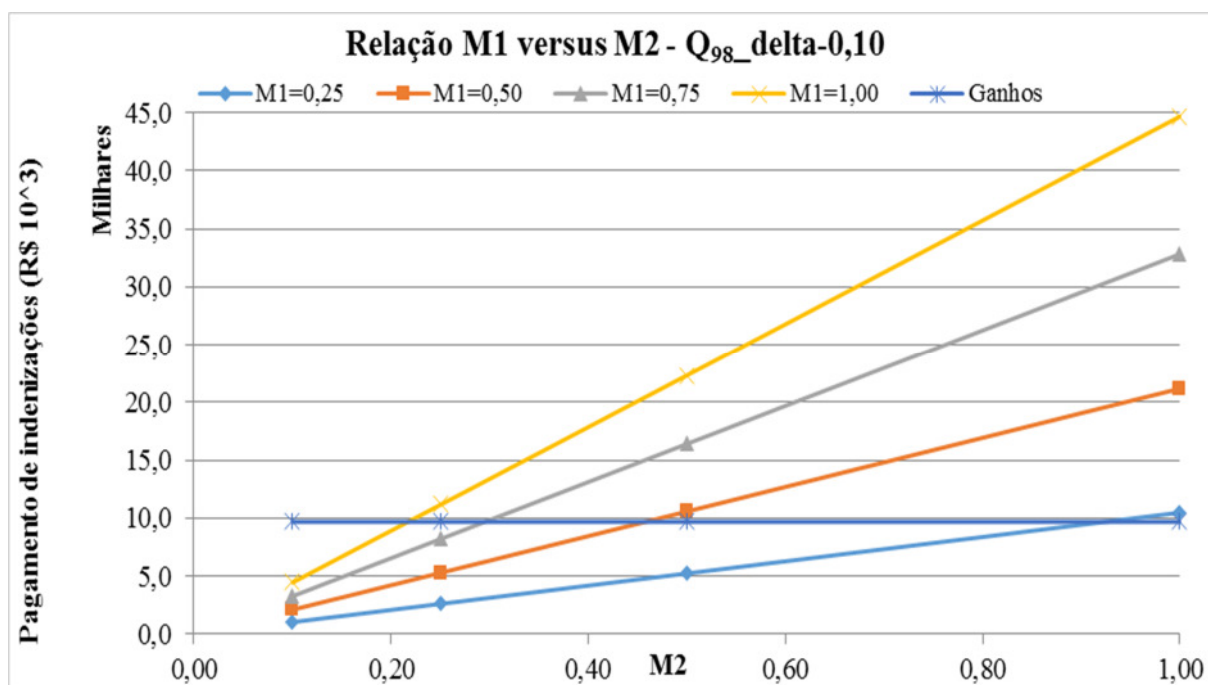


Figura 26 – Relação de M_1 e M_2 para o delta 0,10 e garantia de 98%.

Para o delta igual 0,10, os ganhos urbanos médios anuais são iguais a R\$ 9.685,01. Este valor se iguala aos pagamentos da função geral de pagamento nos seguintes pontos (M_1 ; M_2): (0,25; 0,92); (0,50; 0,46); (0,75; 0,29) e (1,00; 0,22).

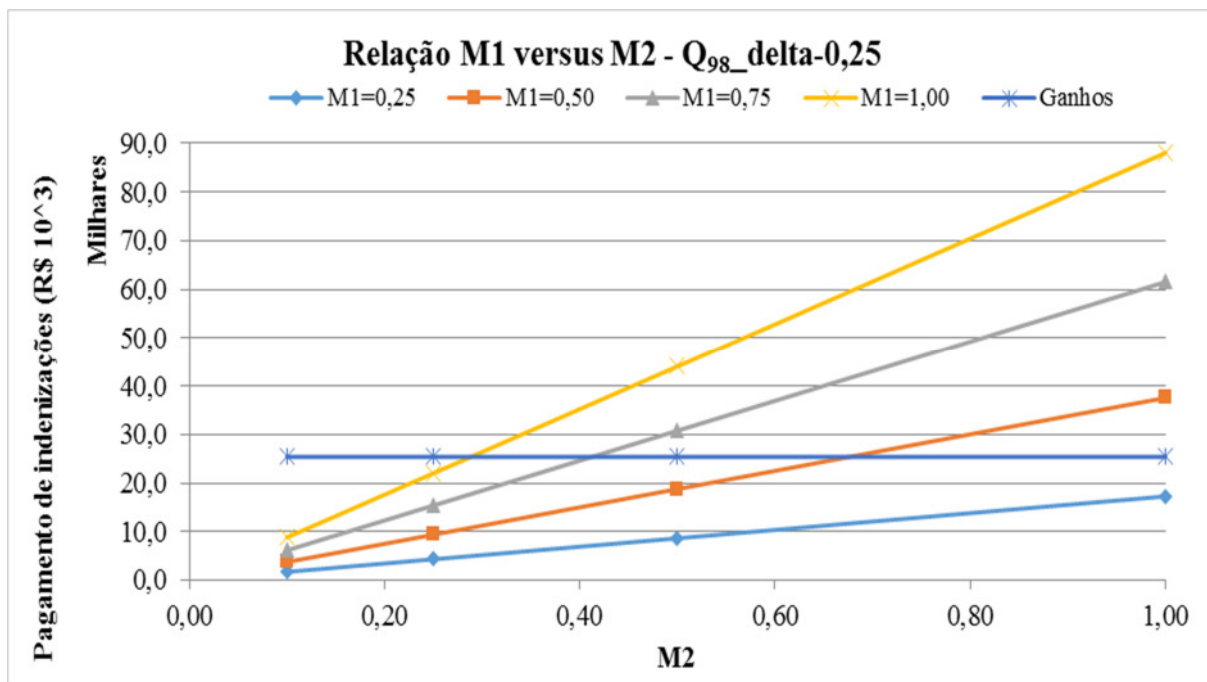


Figura 27 – Relação de M_1 e M_2 para o delta 0,25 e garantia de 98%.

Para o delta igual 0,25, os ganhos urbanos médios anuais são iguais a R\$ 25.360,03. Este valor se iguala aos pagamentos da função geral de pagamento nos seguintes pontos (M_1 ; M_2): (0,25; 1,47); (0,50; 0,68); (0,75; 0,41) e (1,00; 0,29).

Abaixo, serão apresentados os dados da simulação para a garantia de 95%.

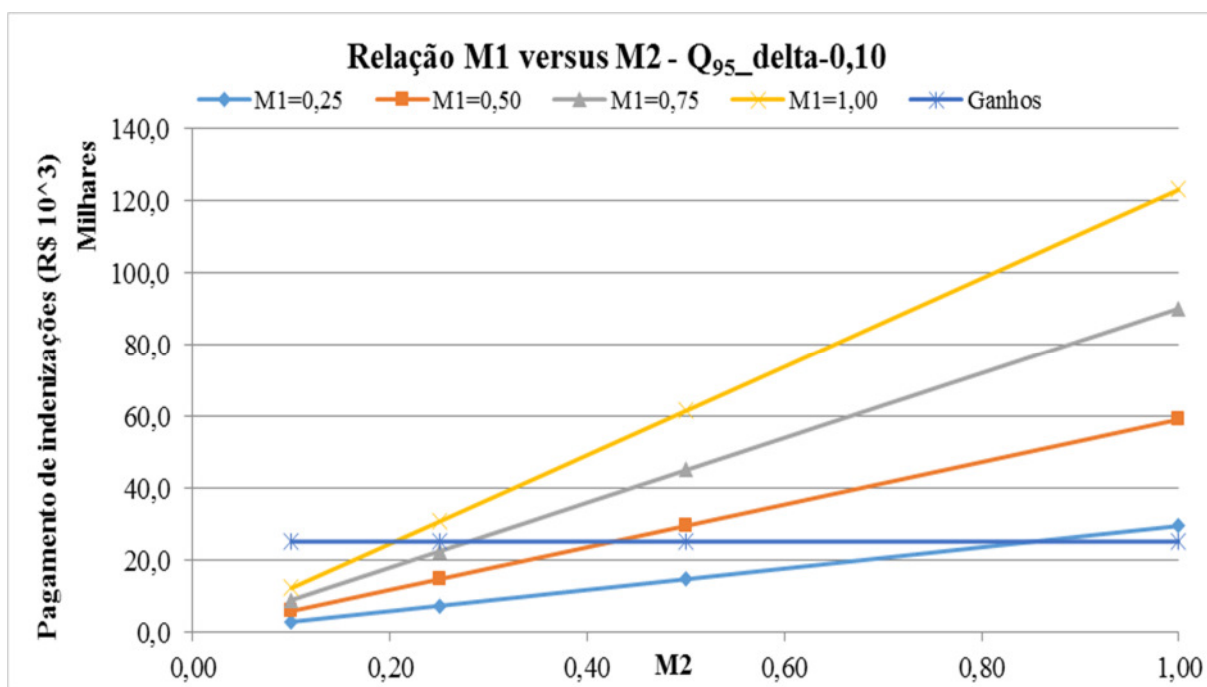


Figura 28 – Relação de M_1 e M_2 para o delta 0,10 e garantia de 95%.

Para o delta igual 0,10, os ganhos urbanos médios anuais são iguais a R\$ 25.202,83. Este valor se iguala aos pagamentos da função geral de pagamento nos seguintes pontos $(M_1; M_2)$: $(0,25; 0,85)$; $(0,50; 0,423)$; $(0,75; 0,28)$ e $(1,00; 0,20)$.

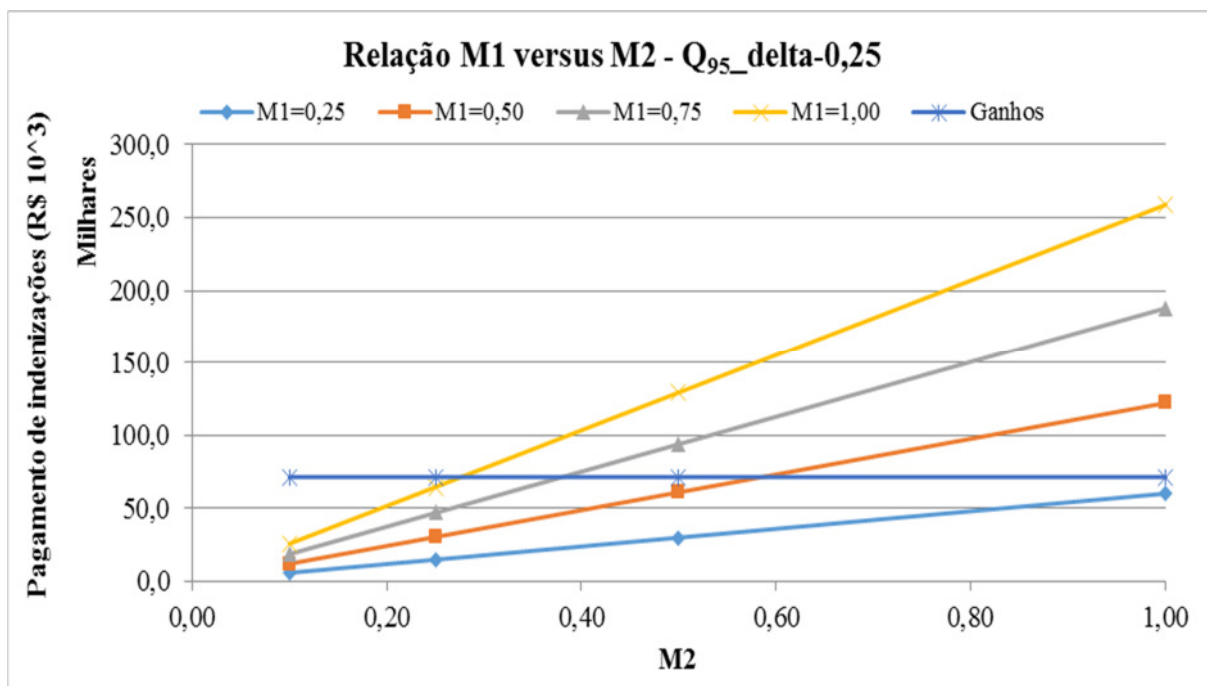


Figura 29 – Relação de M_1 e M_2 para o delta 0,25 e garantia de 95%.

Para o delta igual 0,25, os ganhos urbanos médios anuais são iguais a R\$ 71.414,84. Este valor se iguala aos pagamentos da função geral de pagamento nos seguintes pontos $(M_1; M_2)$: $(0,25; 1,19)$; $(0,50; 0,58)$; $(0,75; 0,38)$ e $(1,00; 0,28)$.

A seguir, serão apresentados os dados da simulação para a garantia de 90%.

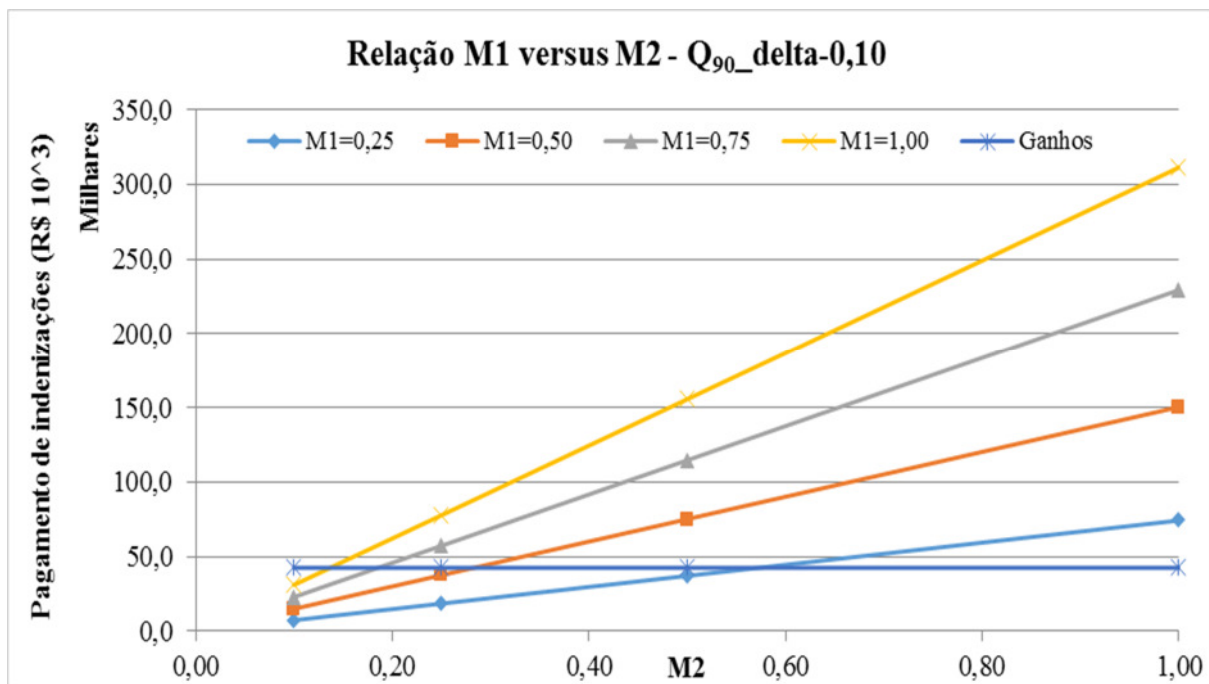


Figura 30 – Relação de M₁ e M₂ para o delta 0,10 e garantia de 90%.

Para o delta igual 0,10, os ganhos urbanos médios anuais são iguais a R\$ 42.515,00. Este valor se iguala aos pagamentos da função geral de pagamento nos seguintes pontos (M₁; M₂): (0,25; 0,57); (0,50; 0,28); (0,75; 0,19) e (1,00; 0,14).

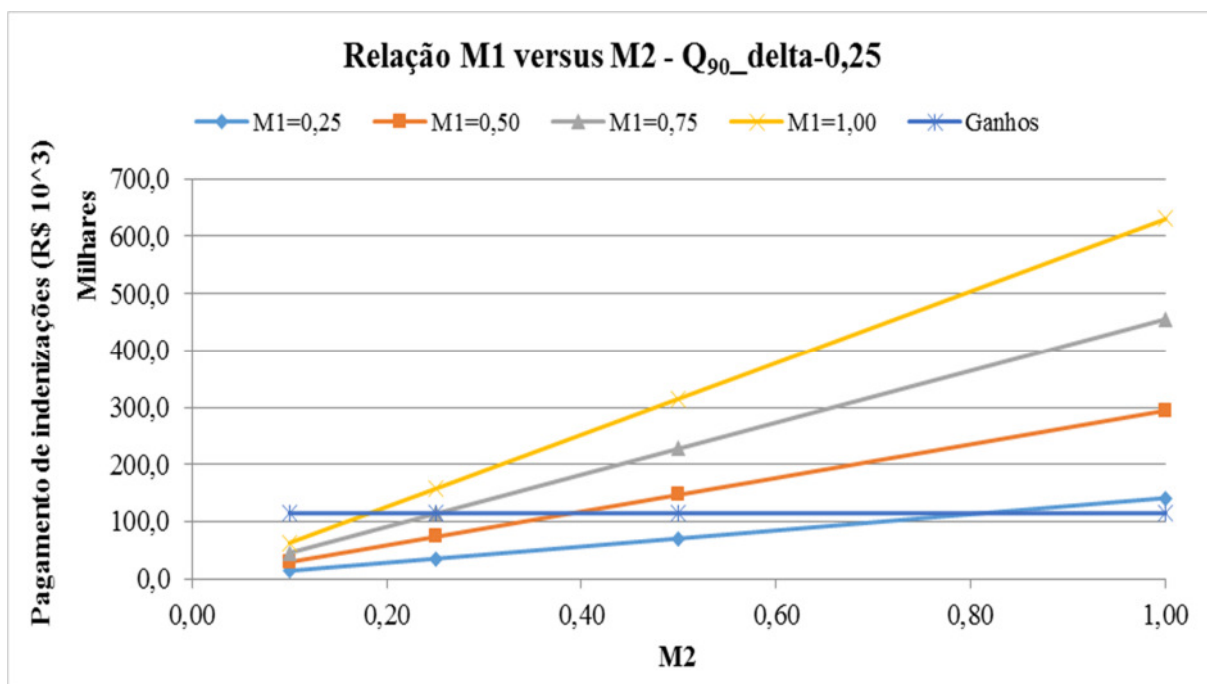


Figura 31 – Relação de M₁ e M₂ para o delta 0,25 e garantia de 90%.

Para o delta igual 0,25, os ganhos urbanos médios anuais são iguais a R\$ 114.952,00. Este valor se iguala aos pagamentos da função geral de pagamento nos seguintes pontos (M_1 ; M_2): (0,25; 0,81); (0,50; 0,39); (0,75; 0,25) e (1,00; 0,18).

4.4 Fundo financeiro

Agora, serão apresentados os fluxos do fundo financeiro a partir das premissas adotadas. Para esses fundos foram adotadas seis premissas conforme detalhadas no capítulo anterior, Metodologia. Porém, com fundamento no princípio de viabilidade financeira, somente serão discutidos a composição de fundo financeiro para os casos nos quais os ganhos superarem as perdas. Entretanto, para os casos inviáveis, os dados estão no Apêndice.

Serão apresentados os dados de ganhos, de perdas, dos pagamentos de opções para os deltas e garantias simuladas a fim de aumentar a sensibilidade quanto à formação dos fundos.

Considerando que os casos são formados por entradas e saídas do fundo financeiro, pode-se afirmar que quanto maior a diferença entre entrada e saída, maior será o superávit desse fundo, caso contrário, maior será o déficit.

Abaixo se têm, para cada delta, para os cenários viáveis e para as garantias simuladas, o comparativo entre os valores dos pagamentos de opções, dos ganhos e das perdas, e, em seguida, os fluxos do fundo financeiro considerando as seis premissas para formação do fundo financeiro de recursos hídricos.

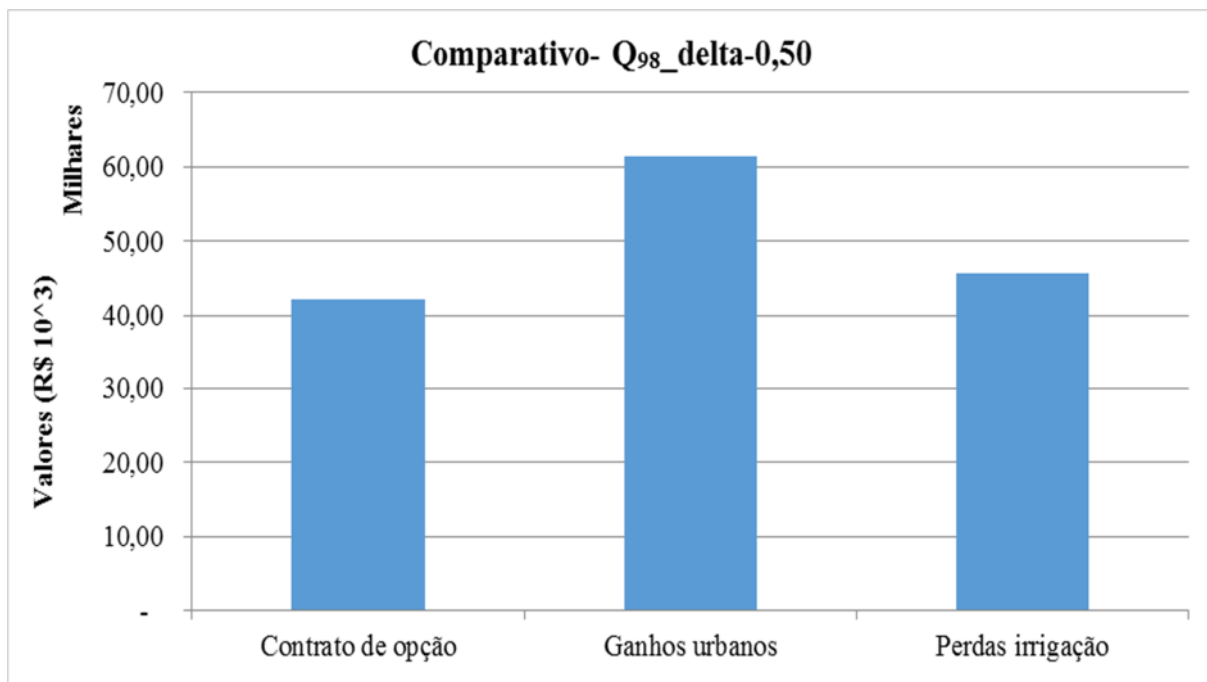


Figura 32 - Comparação entre pgto. de opções, ganhos e perdas; garantia de 98% e delta 0,50.

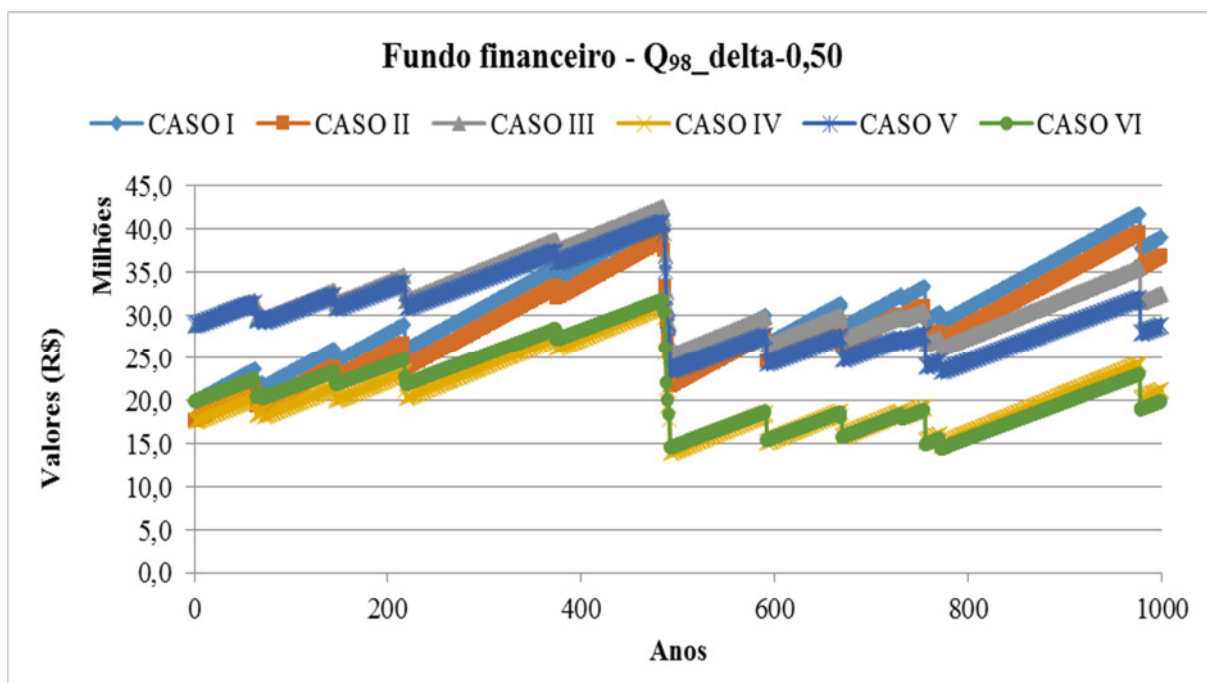


Figura 33 – Simulação dos fluxos do fundo financeiro para garantia de 98% e delta 0,50.

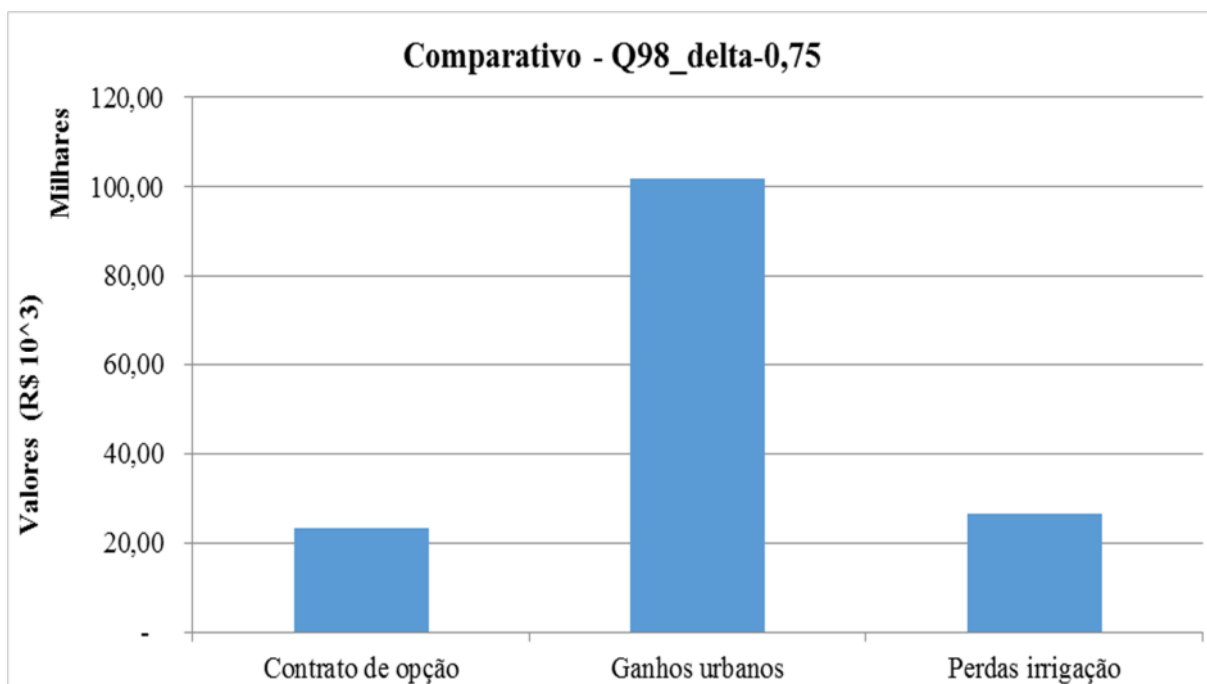


Figura 34 – Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas; garantia de 98% e delta 0,75.

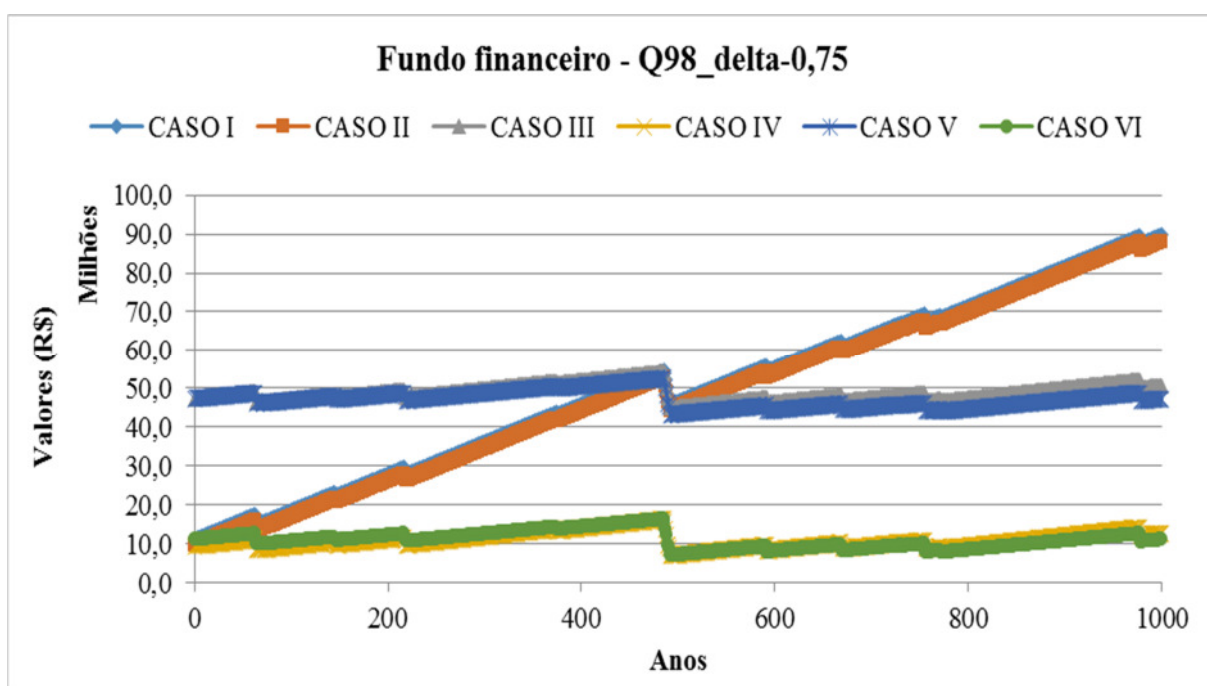


Figura 35 – Simulação dos fluxos do fundo financeiro para garantia de 98% e delta 0,75.

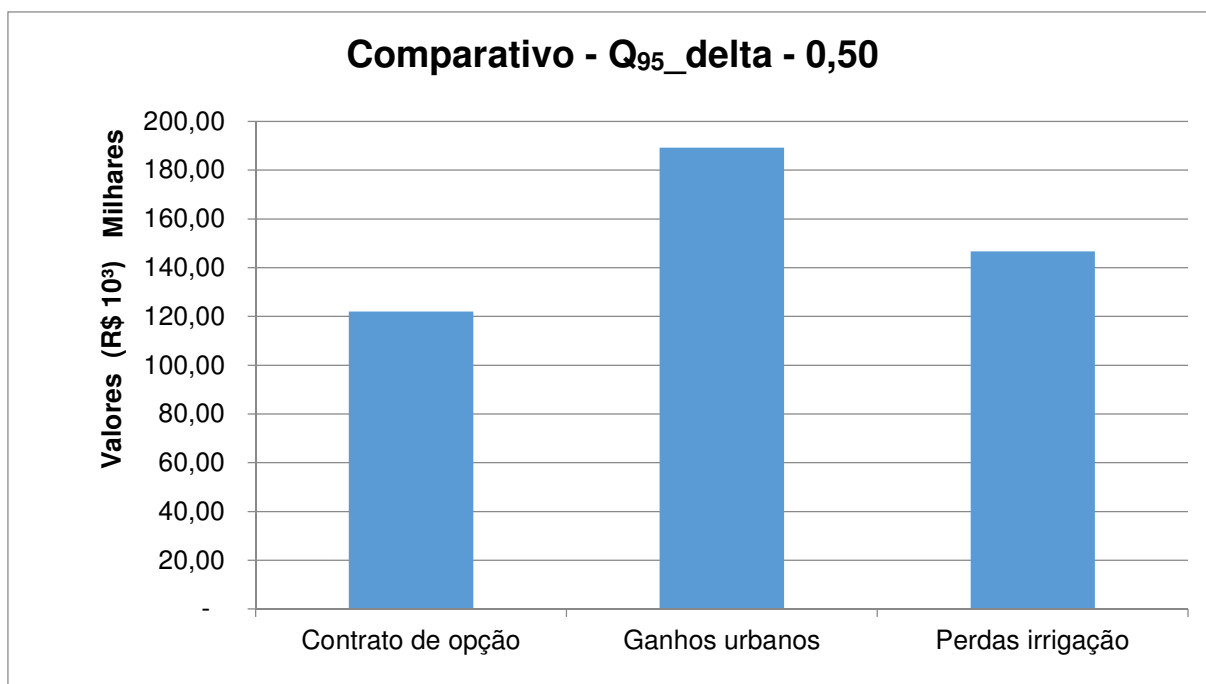


Figura 36 – Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas; garantia de 95% e delta 0,50.

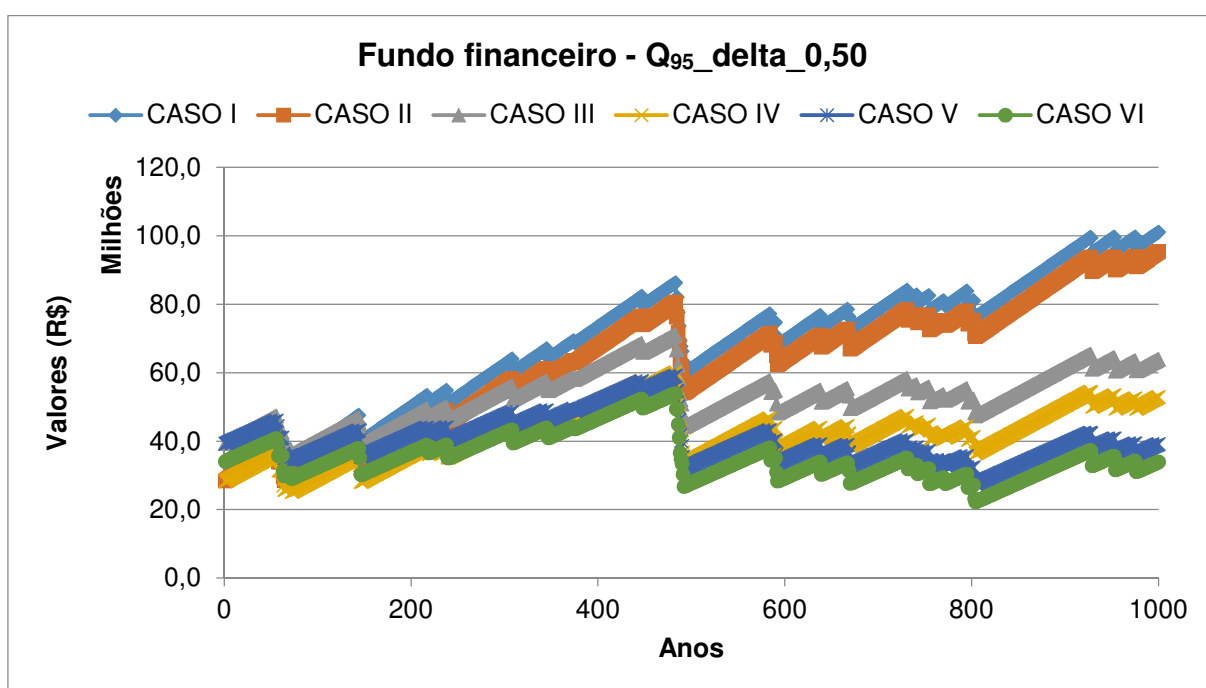


Figura 37 – Simulação dos fluxos do fundo financeiro para garantia de 95% e delta 0,50.

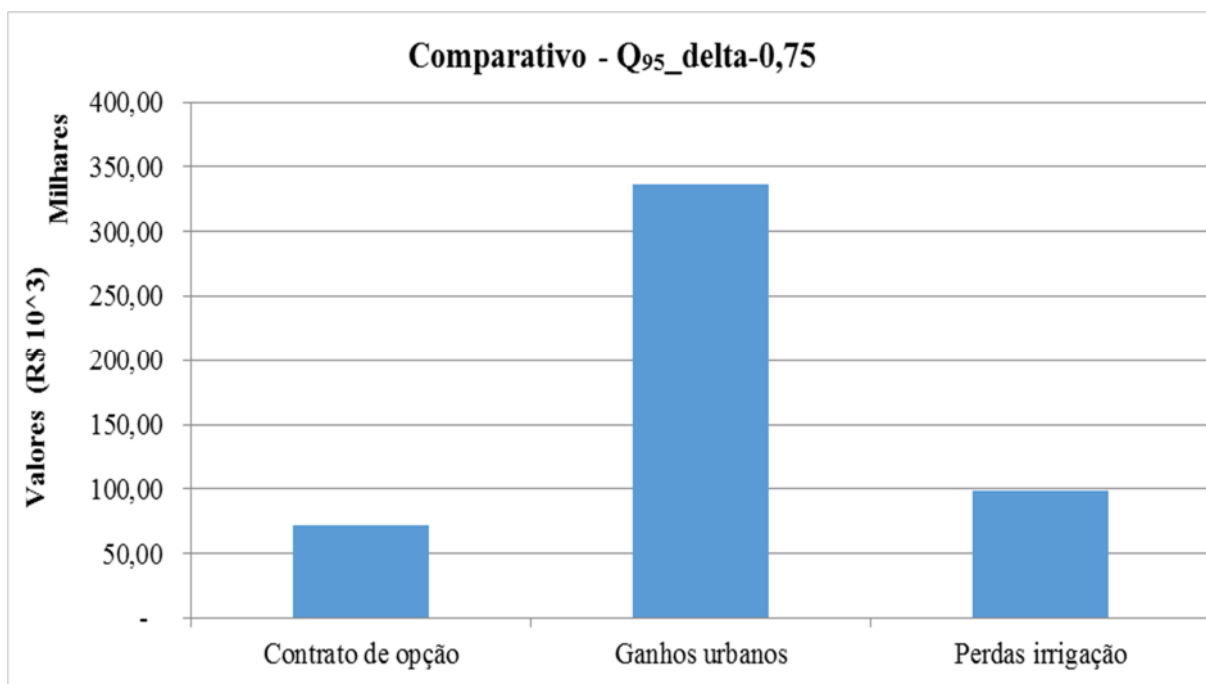


Figura 38 – Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas; garantia de 95% e delta 0,75.

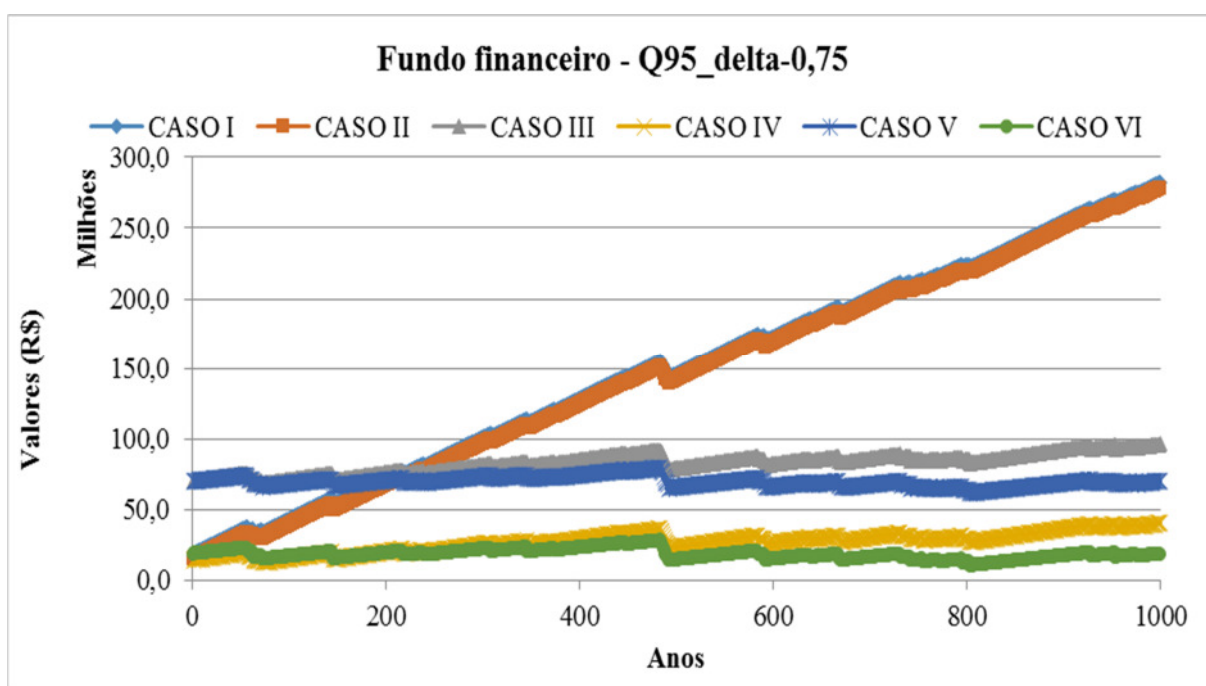


Figura 39 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 95% e delta 0,75.

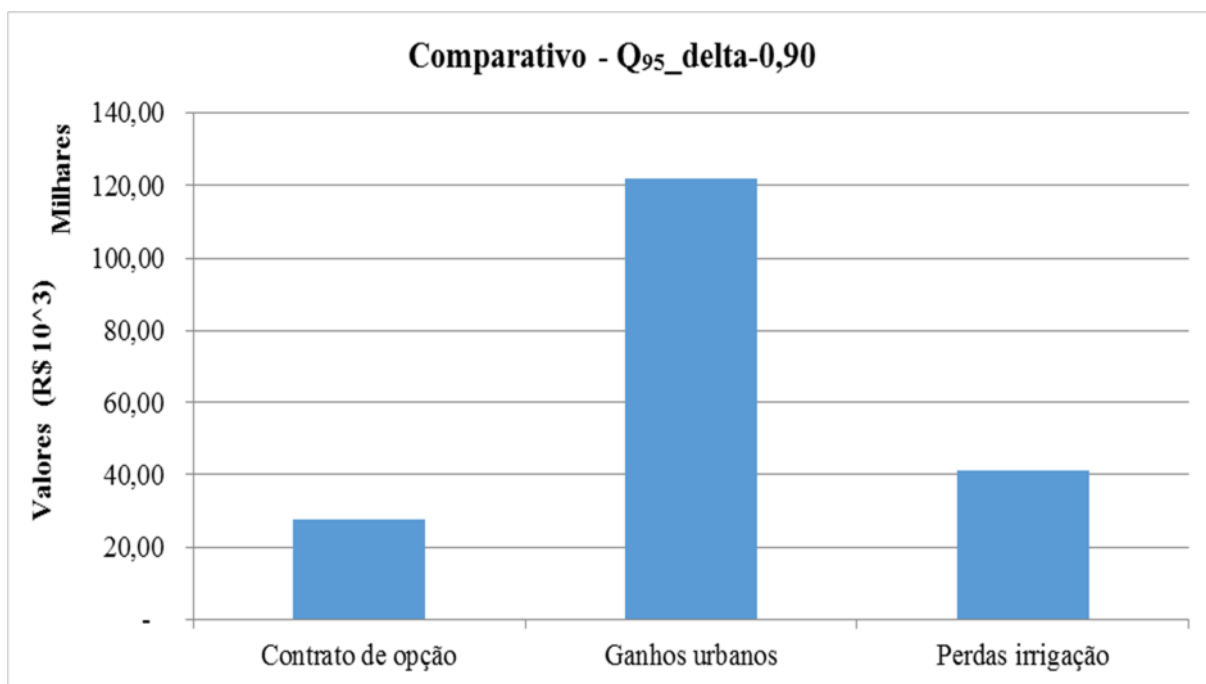


Figura 40 – Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas; garantia de 95% e delta 0,90.

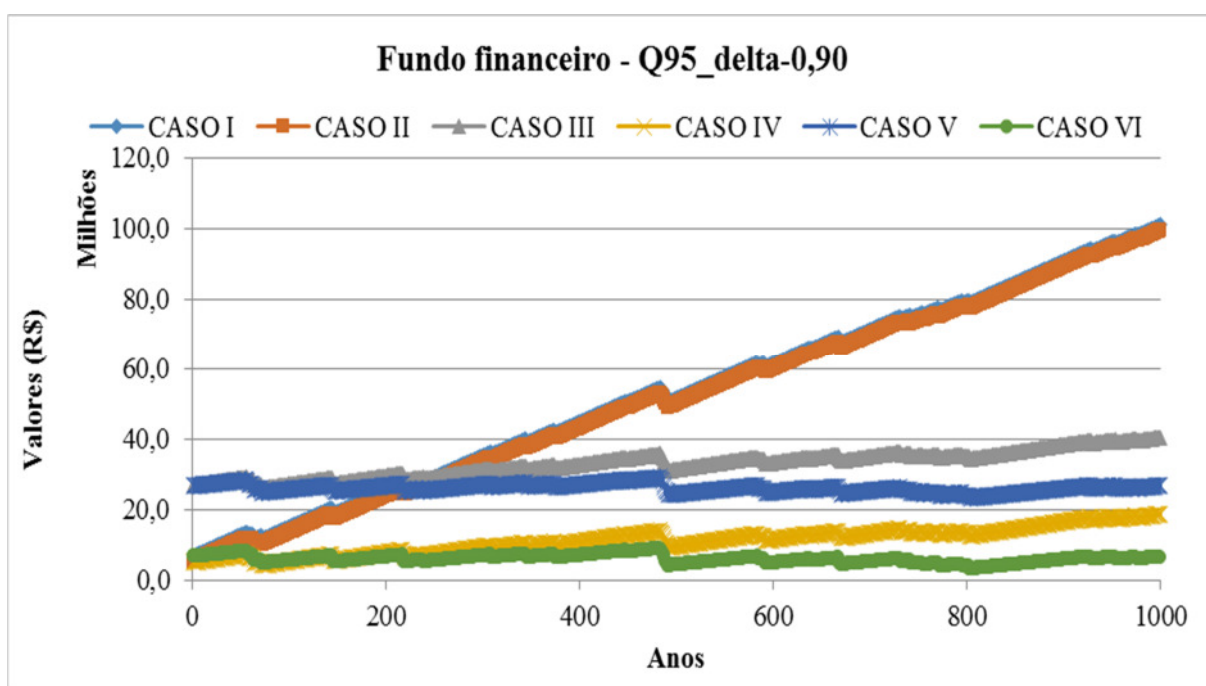


Figura 41 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 95% e delta 0,90.

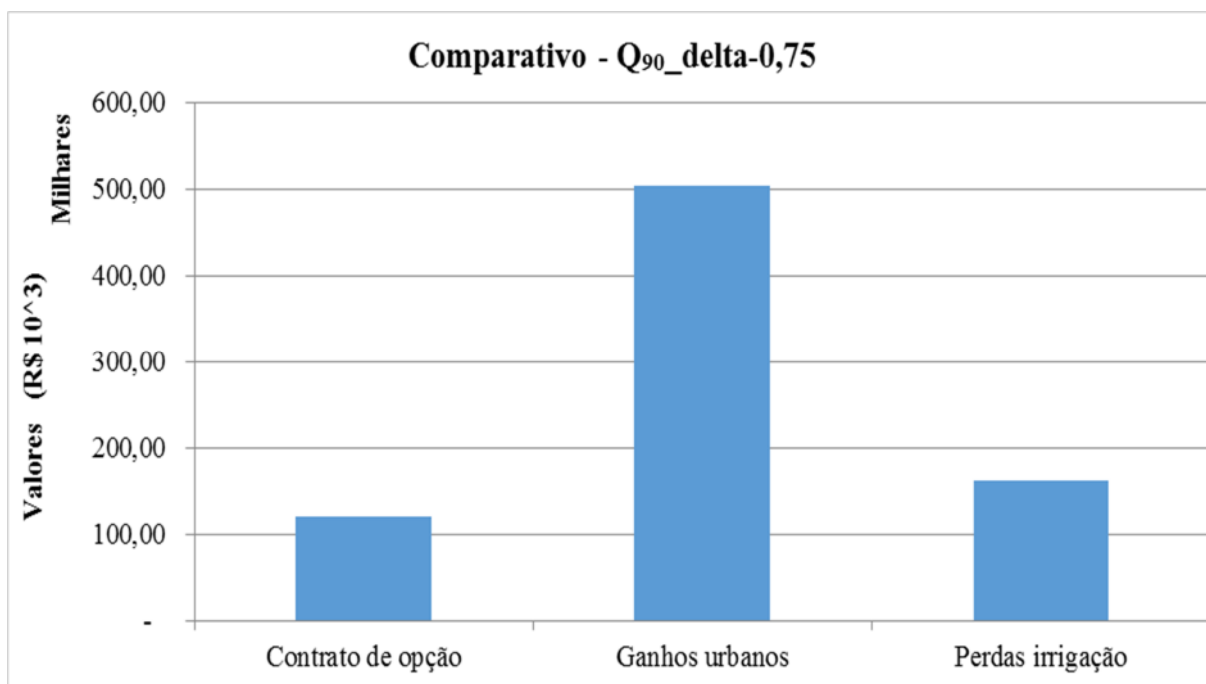


Figura 42 – Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas; garantia de 90% e delta 0,75.

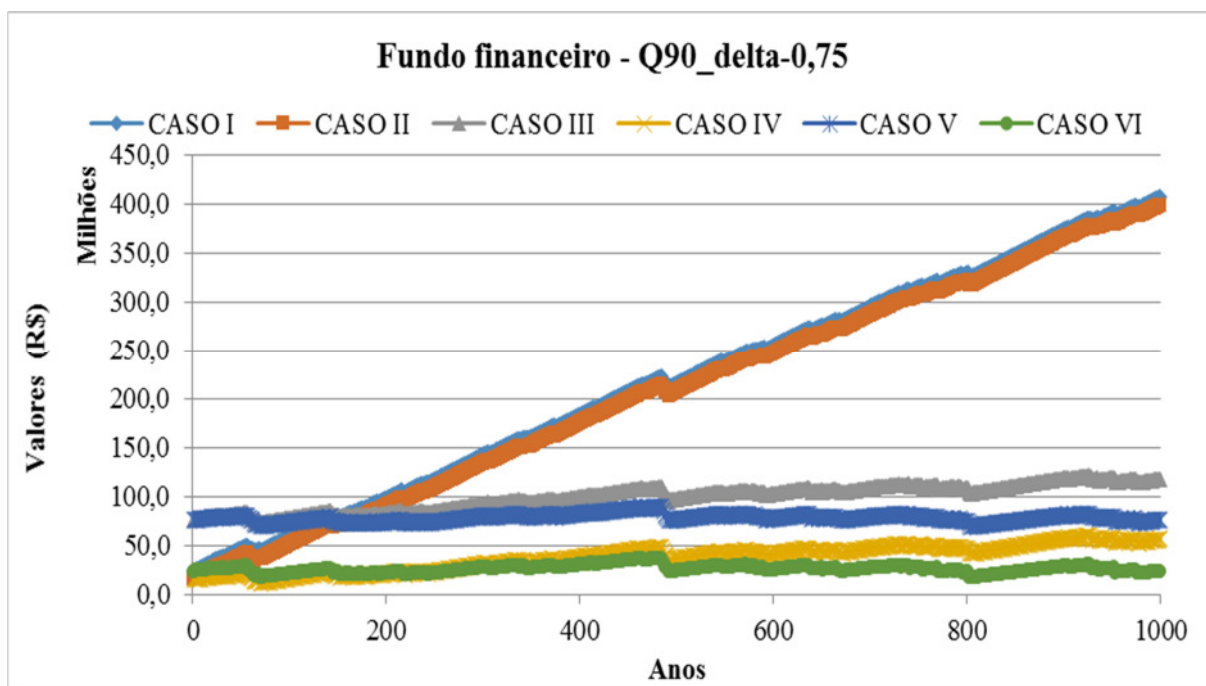


Figura 43 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 90% e delta 0,75.

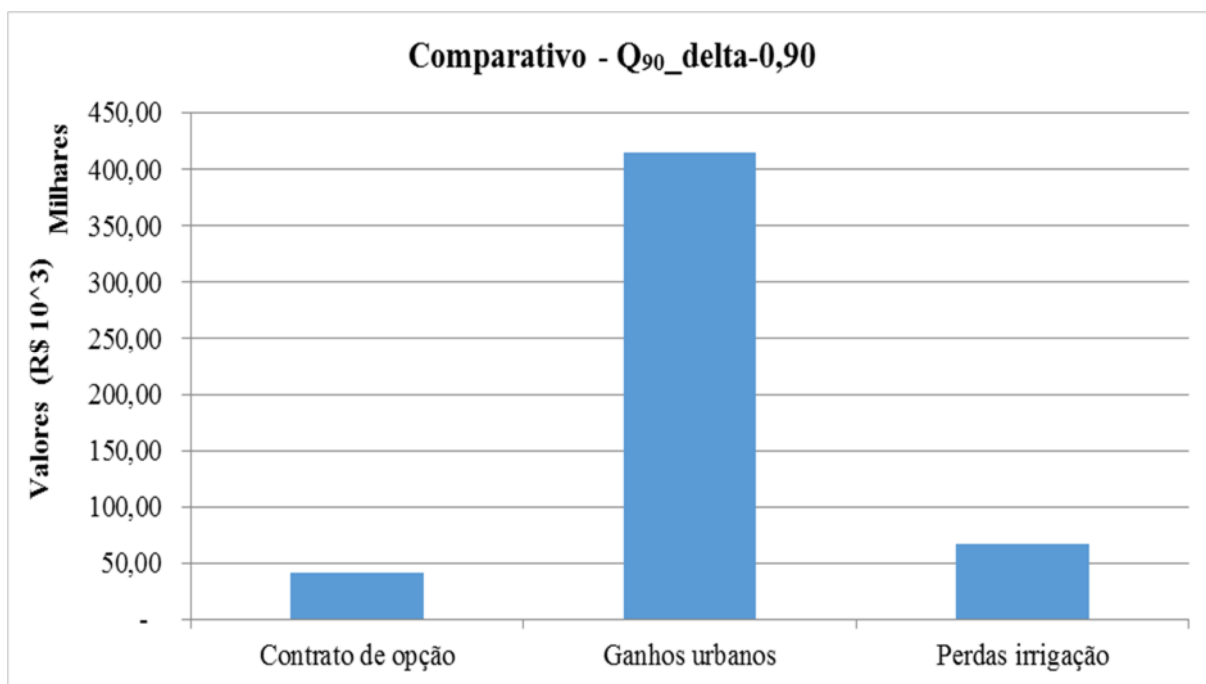


Figura 44 – Comparação entre pgto. de opções, ganhos e perdas; garantia de 90% e delta 0,90.

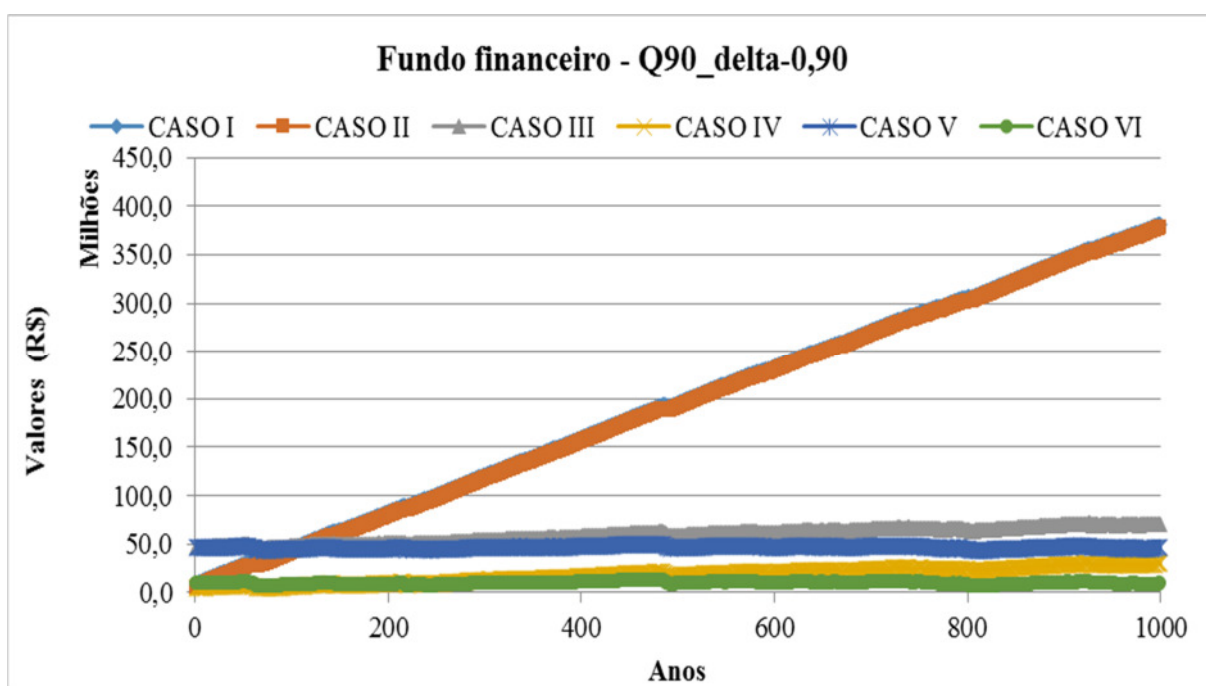


Figura 45 – Simulação dos fluxos do fundo financeiro para garantia de 90% e delta 0,90.

Percebe-se dos gráficos acima de fluxos financeiros que os casos nos quais há relação maior que 1,5, aproximadamente, entre entradas e saídas, os comportamentos das curvas dos fluxos para os casos simulados se diferenciam, conforme se constata nos casos I e II nos cenários com delta/garantia 75/98; 75/95; 90/95; 75/90; 90/90, exemplificados nas Figuras 34/35, 38/39, 40/41, 42/43 e 44/45.

Esses comportamentos se justificam pela diferença entre entradas e saídas serem superiores a 50%.

Diferentemente, para esses deltas/garantias e para os casos III, IV, V e V, os comportamentos das curvas dos fluxos são semelhantes, ou seja, possuem tendências aproximadamente iguais, ressalvados apenas os valores iniciais. Semelhantemente, esses comportamentos se justificam pela baixa diferença entre entradas e saídas.

Da mesma forma, ocorrem para os cenários com delta/garantia 50/98 e 50/95, exemplificados nas Figuras 32/33 e 36/37, nos quais a relação entre entradas e saídas é menor que 1,5.

Destaca-se que os casos I e II possuem melhores resultados. Esses casos possuem os maiores acúmulos financeiros ao fim do período que são superiores aos aportes iniciais. Esses casos apresentam poucos eventos deficitários com relação ao aporte inicial durante todo o período. Além disso, quanto maior a diferença entre entradas (ganhos) e saídas (pagamentos de opções), maiores os acúmulos financeiros ao fim do período e menores os eventos de acúmulo inferiores ao aporte inicial.

Quanto às outras premissas (casos III, IV, V, e VI), obtêm-se do gráfico que as entradas (perdas ou pagamento de opções) são superiores ou iguais às saídas (pagamentos de opções) fazendo com que o fluxo varie em torno do aporte inicial, ora superavitário ora deficitário quanto a esse aporte. Ademais, para os casos em que a entrada é formada pelas perdas, os fluxos tendem a ser superavitários por terem as entradas maiores que as saídas.

Assim, para os casos I e II, a diferença positiva entre entradas (ganhos) e saídas (pagamentos de opções) pode ser utilizada para cobrir as despesas operacionais da aplicação do sistema integrado entre seguro e fundo financeiro.

Portanto, observa-se dos gráficos acima, que todos os casos são superavitários, devido às entradas serem maiores ou iguais às saídas e aos aportes iniciais suportarem as saídas aleatórias do fundo. Contudo, os melhores cenários são os casos I e II, devido aos melhores aportes anuais.

Em resumo, têm-se as seguintes constatações quanto aos fluxos do fundo financeiro acima:

i) para as premissas nas quais os aportes anuais são oriundos dos ganhos, os fundos financeiros possuem maiores volumes financeiros acumulados (superávits) quanto maior for a diferença entre a composição anual e as saídas;

ii) para as premissas nas quais os aportes anuais são oriundos das perdas, o fundo financeiro possui baixa tendência de aumento com oscilações variando entre superávits e déficits, devido a pequena diferença entre as entradas (perdas) e a saída (pagamento de opções);

iii) para as premissas nas quais os aportes anuais são oriundos dos pagamentos de opções, os fundos financeiros tendem a permanecer próximos aos valores do aporte inicial e com maior número de eventos de picos deficitários ou superavitários ao longo do fluxo, quando comparado com o caso anterior; e,

iv) quanto maior a diferença entre entradas e saídas, maior a diferença entre os comportamentos das curvas dos fluxos financeiros para as premissas.

Entretanto, poderá haver um paradoxo entre o valor de vazão alocável ao setor urbano e o ônus financeiro pela transferência, já que os melhores resultados de ganhos ficaram para deltas acima de 0,50 e, conseqüentemente, os valores de vazão ficará abaixo de 50% da vazão alocável.

5 Conclusões e recomendações

Os impactos financeiros ao setor urbano com base na metodologia de diferença de benefícios apresentaram-se vantajosos apenas para os cenários com valores de deltas intermediários (entre 0,50 e 0,90) quando comparados aos impactos do setor de irrigação com base nessa metodologia e nos contratos de opções. Entretanto, a função geral de pagamentos apresentou-se inviável como metodologia de mensuração de transferência financeira devido aos altos valores.

Os melhores fluxos dos fundos financeiros, para os casos viáveis, foram os compostos por entradas oriundos dos ganhos, independentemente da origem para composição do aporte inicial.

A adoção das metodologias de alocação (rateio linear e sistema de prioridades) associadas à metodologia de mensuração econômica dos recursos hídricos por meio das equações de benefícios de cada setor (urbano e irrigação) é adequada à quantificação das transferências hídricas e financeiras, respectivamente.

Além disso, essa metodologia de mensuração econômica associada aos contratos de opções com base no seguro baseado no índice “afluência liberada anual” e aos fundos financeiros de recursos hídricos podem ser utilizados pelos gestores dos recursos hídricos como mecanismos de gestão do risco climático em recursos hídricos por possibilitar menores variações nos preços da água e por mitigar os conflitos entre os setores quando da ocorrência de transferência de risco.

A partir da quantificação das transferências hídricas e financeiras, pode se estruturar contratos de opções associado a seguros baseados no índice “afluência liberada anual” e determinar os aportes anuais de fundos financeiros de recursos hídricos que poderão reduzir variações significativas tanto de oferta hídrica quanto dos preços da água além de compensar o setor transferidor financeiramente, logrando em menores conflitos entre os setores em anos de escassez hídrica.

Recomenda-se que trabalhos futuros i) ampliem este estudo para extensão maior do sistema de alocação, ou seja, apliquem em bacias hidrográficas maiores e em sistema mais complexos; ii) estudem os intervalos de deltas que possuem melhores resultados tanto financeiros quanto de pacificação entre os setores envolvidos; e, iii) aprofundem nos estudos de outras variáveis para os contratos de opções.

6 Referências Bibliográficas

ARAUJO JUNIOR, Carlos Alberto et al. **Modelagem da distribuição diamétrica de povoamentos de eucalipto utilizando a função Gama**. CERNE, Lavras , v. 19, n. 2, June 2013 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-77602013000200015&lng=en&nrm=iso>. access on 8 Dec. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602013000200015>.

BAPTISTA, M.B, NASCIMENTO, N.O. Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Janeiro-Março. Vol. 7, N.1, 2002.

BREUSTEDT, G., BOKUSHEVA, R. and HEIDELBACH, O. (2008), **Evaluating the Potential of Index Insurance Schemes to Reduce Crop Yield Risk in an Arid Region**. Journal of Agricultural Economics, 59: 312–328. doi: 10.1111/j.1477-9552.2007.00152.x

Brito, O. S. (2007), **Gestão de riscos**: uma abordagem orientada a riscos operacionais – São Paulo, Saraiva,

BROWN, C., and CARRIQUIRY, M. (2007), **Managing hydroclimatological risk to water supply with option contracts and reservoir index insurance**, Water Resour. Res., 43, W11423, doi:10.1029/2007WR006093.

CARRIQUIRY, M. A., e OSGOOD, D. E. (2011), **Index insurance, probabilistic climate forecasts, and production**, The Journal of Risk and Insurance, 2011, Vol. 00, No. 0, 1-13, doi: 10.1111/j.1539-6975.2011.01422.x.

CHARACKLIS, G. W., B. R. KIRSCH, J. RAMSEY, K. E. M. DILLARD, and C. T. KELLEY (2006), **Developing portfolios of water supply transfers**, Water Resour. Res., 42, W05403, doi:10.1029/2005WR004424.

CASTRILLON, L. C. R. (2014). Modelagem Conceitual de Processos Hidrológicos com Base em Analogia Com as Hipóteses de Budyko. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-160/2014, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 109p.

FERREIRA, P. P., (2010). Seguros e Resseguros – Aspectos Técnicos, Jurídicos e Econômicos, São Paulo. Saraiva.

GOES, A. and SKEES, J. R. (2003), **Financing Natural Disaster Risk Using Charity Contributions and Ex Ante Index Insurance**, Presented Paper for the American Agricultural Economics Association Annual Meetings, July 27-30, Montreal, Canada.

GRIGG, N.S. **Water resources management: principles, regulations, and cases**. Editora: McGraw-Hill Companies.1996.

HELLMUTH M.E., OSGOOD D.E., HESS U., MOORHEAD A. and BHOJWANI H. (eds) 2009. **Index insurance and climate risk: Prospects for development and disaster management**. Climate and Society No. 2. International Research Institute for Climate and Society (IRI), Columbia University, New York, USA.

HOFF, H., BOUWER, L., BERZ, G., KRON, W. e LOSTER, T., (2003). **Risk Management in Water and Climate – the Role of Insurance and Other Financial Services**.

JEWSON, S., BRIX A. and ZIEHMANN, C. (2005), **Weather derivative valuation: the meteorological, statistical, financial e mathematical foundations** – Cambridge university press – New York – USA.

KELMAN, J. **Outorga e cobrança de recursos hídricos**. Ed. IGUAL, 2000.

LEI 9.433/97. **Política nacional de recursos hídricos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acessado em: 26 jul. 2013.

LEIVA, A. J., and SKEES, J. R. (2005), **Managing Irrigation Risk with Inflow-Based Derivatives: The Case of Rio Mayo Irrigation District in Sonora, Mexico**, Selected Paper Presented and the American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Providence, Rhode Island, July 24–27.

MAJOR, D. C.,(1998), **Climate change and water resources: the role of risk management methods** Columbia University Center for Climate Systems Research, New York, NY USA.

MARTIN, S. W., BARNETT, B. J., and COBLE, K. H. (2001), **Developing and pricing precipitation insurance**, Journal of Agricultural and Resource Economics. Volume 26, Number 01, July 2001.

OLIVEIRA, A. C. M. de., **Cobrança da água como instrumento financeiro: rateio de custo**. 2011. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

SANTOS, M.O.R.M. de. **O impacto da cobrança pelo uso da água no comportamento do usuário**. 2002. 231p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

SOUZA FILHO, F. A. de. **Alocação de água sazonal e anual: Modelos Matemáticos, Experimentação Comportamental e Justiça Alocativa**. 2005.439p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SOUZA FILHO, F. de A. & BROWN, C. M. (2009), **Performance of water policy reforms under scarcity conditions: a case study in Northeast Brazil**, *Water Policy* 11(2009) 553-568, doi: 10.2166/wp.2009.141.

SKEES, J.R., AND B.J. BARNETT. 1999. **Conceptual and Practical Considerations for Sharing Catastrophic/Systemic Risks**. *Review of Agricultural Economics* 21(2): 424–441

SKEES, J.R. (2000), **A role for capital markets in natural disasters: a piece of the food security puzzle**, www.elsevier.com/locate/foodpol, *Food Policy* 25 (2000) 365–378.

SKEES, J.R. 2003. **Risk Management Challenges in Rural Financial Markets: Blending Risk Management Innovations with Rural Finance**. Thematic paper presented at the USAID Conference “Paving the Way Forward for Rural Finance: An International Conference on Best Practices,” Washington, D.C. (June 2–4).

SKEES, J. R, (2008). **Challenges for use of index-based weather insurance in lower income countries**, *Agricultural Finance Review*, Vol. 68 Iss: 1, pp.197 – 217.

TUCCI, C.E.M., Hespanhol, I., Cordeiro Netto, O.M. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a “visão mundial a água”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Vol. 5. N.3. Junho-Setembro. 2000.

VARANGIS, P., LARSON, D., ANDERSON, J. R., 2002. **Agricultural Markets and Risks : Management of the Latter, Not the Former**. World Bank, Washington, DC. © World Bank.

WORLD BANK (2005). **Managing Agricultural Production Risk: Innovations in Developing Countries.** Agricultural and Rural Development Department. Report N°. 32727-GLB.

APÊNDICE A – RESULTADOS DOS CENÁRIOS NOS QUAIS OS GANHOS SÃO INFERIORES ÀS PERDAS

Serão apresentados abaixo, gráficos que relacionam os valores de q com os deltas.

Assim, para a garantia de 98%, a maior transferência hídrica média (de 0,72 hm^3) ocorre para o delta igual a 0,50. E para esse delta, conforme gráfico abaixo, tem-se o valor de 1 hm^3 igual a R\$ 58,2 mil. Com isso, a perda média da irrigação obtida por esses parâmetros, seria de R\$ 41,90 mil/ano e com nível de racionamento de 50%. Dessa forma, destaca-se que as maiores perdas ocorrem no ponto médio do nível de racionamento (delta igual a 0,50).

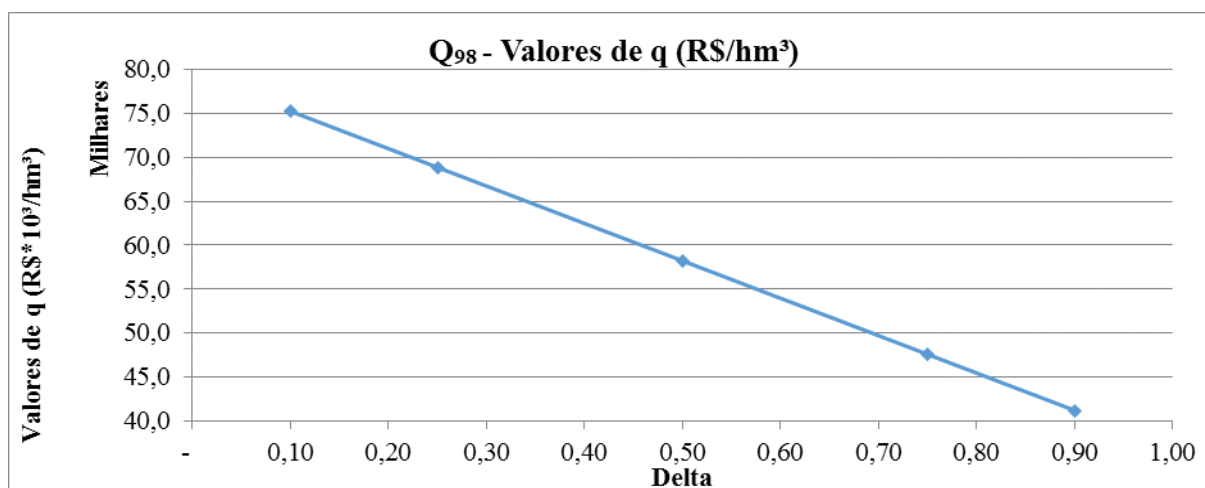


Figura 46 – Valor de hm^3 transferido pelo setor de irrigação versus delta e garantia de 98%.

Da mesma forma que para garantia de 98% ocorre para a garantia de 95%, ou seja, a maior transferência hídrica média (de 2,26 hm^3) ocorre para o delta igual a 0,50. E para esse delta, conforme figura abaixo, tem-se o valor do hm^3 igual a R\$ 54,09 mil. Com isso, a perda média da irrigação por esses parâmetros seria de R\$ 122,24 mil/ano. Logo, destaca-se, novamente, que as maiores perdas ocorrem no ponto médio do nível de racionamento (delta igual a 0,50).

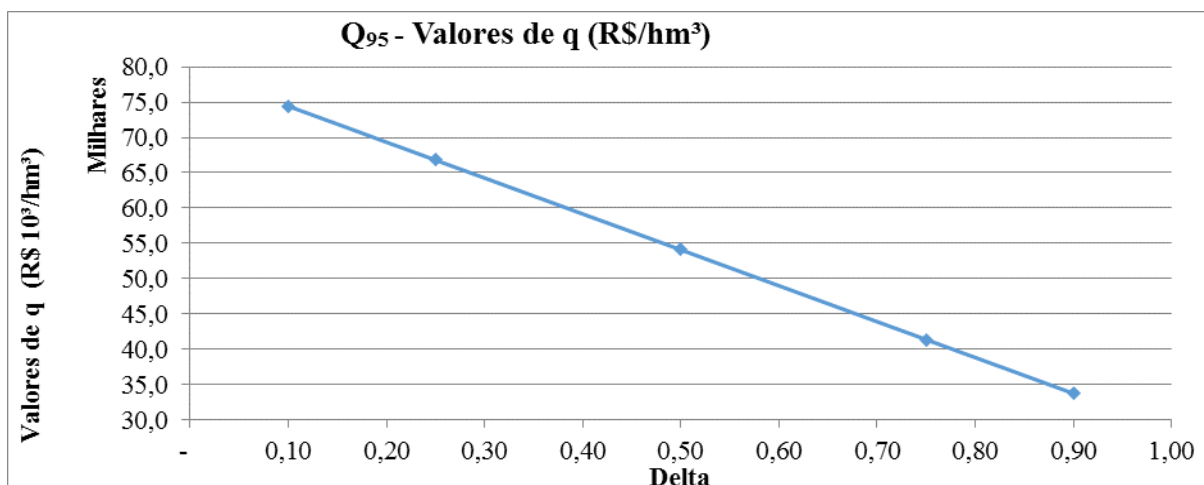


Figura 47 – Valor de hm³ transferido pelo setor de irrigação versus delta e garantia de 95%.

Da mesma forma que para as garantias de 98% e 95%, a maior transferência hídrica média (de 4,96 hm³) da garantia de 90% ocorre para o delta igual a 0,50. E para esse delta, conforme gráfico abaixo, tem-se o valor do hm³ de R\$ 49,3 mil. Com isso, a perda média da irrigação por esses parâmetros, seria de R\$ 244,53 mil/ano. Da mesma forma, cabe destacar que as maiores perdas ocorrem no ponto médio do nível de racionamento (delta igual a 0,50).

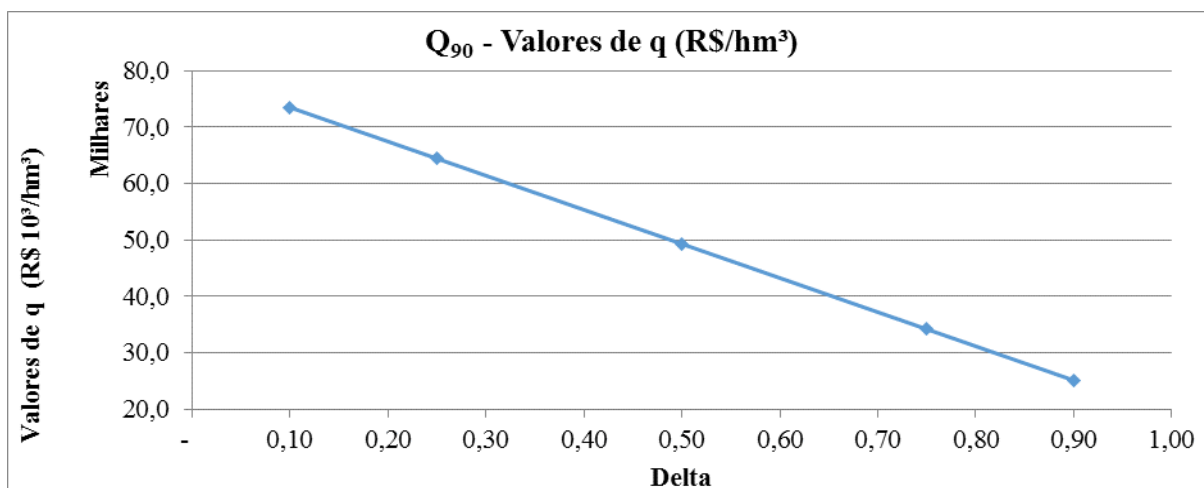


Figura 48 – Valor de hm³ transferido pelo setor de irrigação versus delta e garantia de 90%.

Abaixo, estão apresentados os gráficos que relacionam a relação dos ganhos urbanos com os valores a serem pagos por meio da equação geral de pagamentos modificada. No entanto, esses gráficos são de cenários considerados viáveis. Dessa forma, os ganhos superam os pagamentos a partir de pequenas salvaguardas, seja de vazão seja monetária.

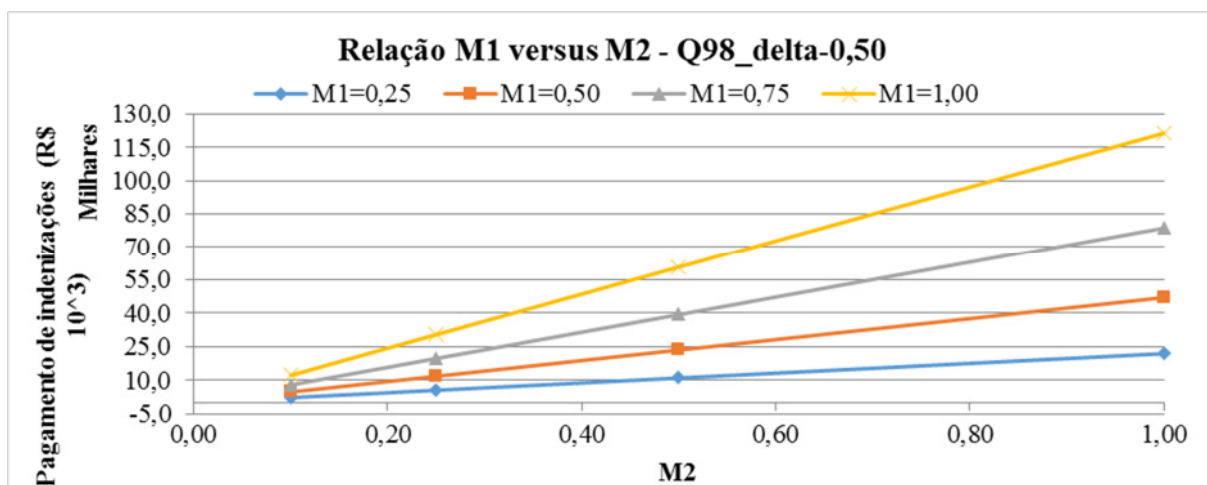


Figura 49 – Relação de M1 e M2 para delta 0,50 e garantia de 98%.

Para o delta igual 0,50, os ganhos urbanos médios anuais são iguais a R\$ 61.318,52. Este valor se iguala aos pagamentos da função geral de pagamento nos seguintes pontos (M1; M2): (0,25; 2,80); (0,50; 1,31); (0,75; 0,78) e (1,00; 0,51). Assim, para os pontos (0,25; 2,80) e (0,50; 1,31), os ganhos não necessitam de salvaguardas monetárias, apenas salvaguardas de vazão. Porém, para os pontos (0,75; 0,78) e (1,00; 0,51), os ganhos precisam de salvaguarda tanto monetária quanto de vazão.

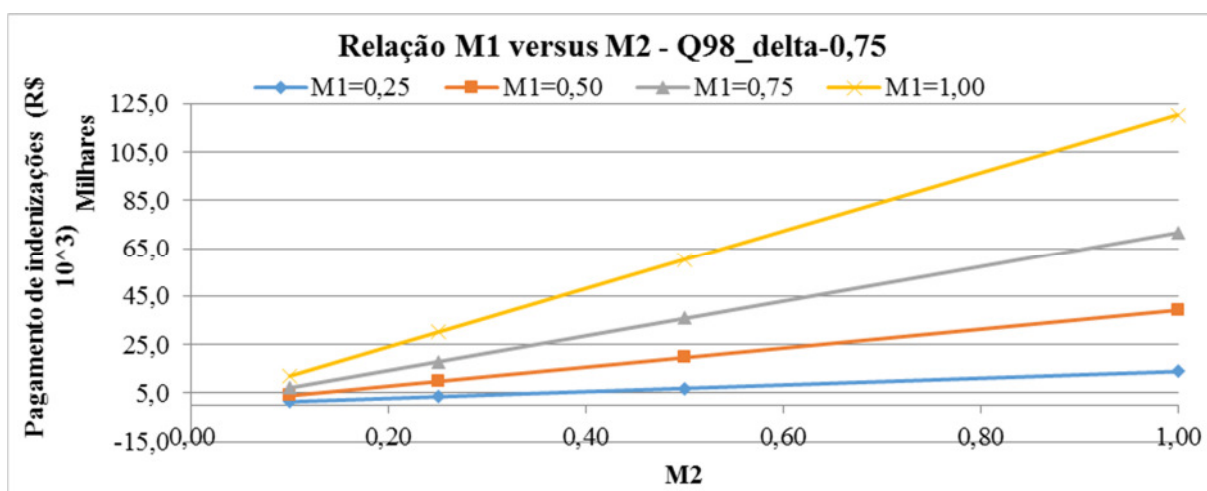


Figura 50 – Relação de M1 e M2 para delta 0,75 e garantia de 98%.

Para o delta igual 0,75, os ganhos urbanos médios anuais são iguais a R\$ 101.918,69. Este valor se iguala aos pagamentos da função geral de pagamento nos seguintes pontos (M1; M2): (0,25; 7,35); (0,50; 2,60); (0,75; 1,42) e (1,00; 0,85). Assim, para os pontos (0,25; 7,35), (0,50; 2,60) e (0,75; 1,42), os ganhos não necessitam de salvaguardas monetárias, apenas salvaguardas de vazão. Porém, para

o ponto (1,00; 0,85), os ganhos precisam de salvaguarda monetária já que não possuirá salvaguarda de vazão.

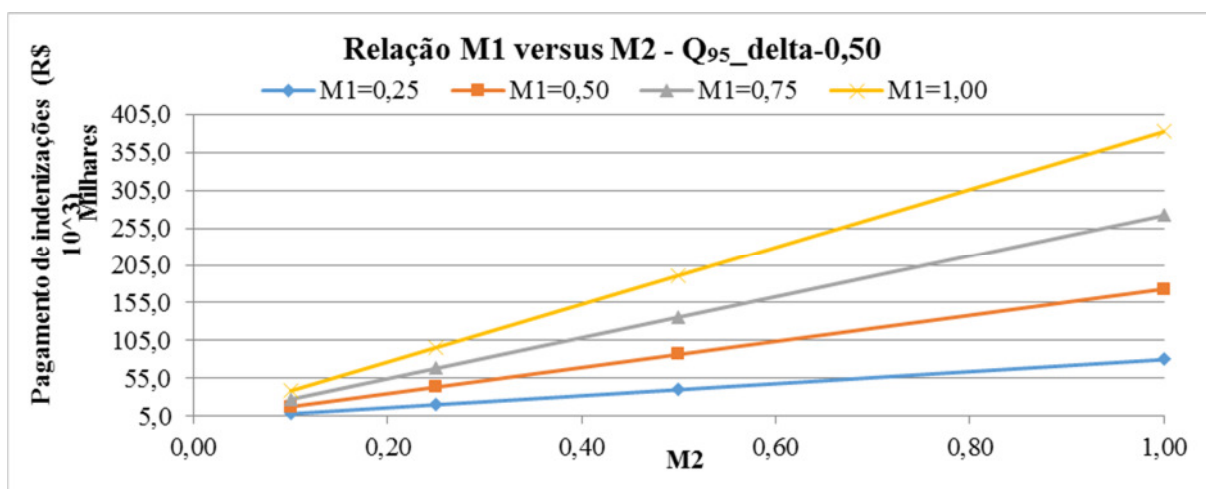


Figura 51 – Relação de M1 e M2 para delta 0,50 e garantia de 95%.

Para o delta igual 0,50, os ganhos urbanos médios anuais são iguais a R\$ 189.179,74. Este valor se iguala aos pagamentos da função geral de pagamento nos seguintes pontos (M1; M2): (0,25; 2,37); (0,50; 1,09); (0,75; 0,70) e (1,00; 0,49). Assim, para os pontos (0,25; 2,37) e (0,50; 1,09), os ganhos não necessitam de salvaguardas monetárias, apenas salvaguardas de vazão. Porém, para os pontos (0,75; 0,70) e (1,00; 0,49), os ganhos precisam de salvaguarda tanto monetária quanto de vazão.

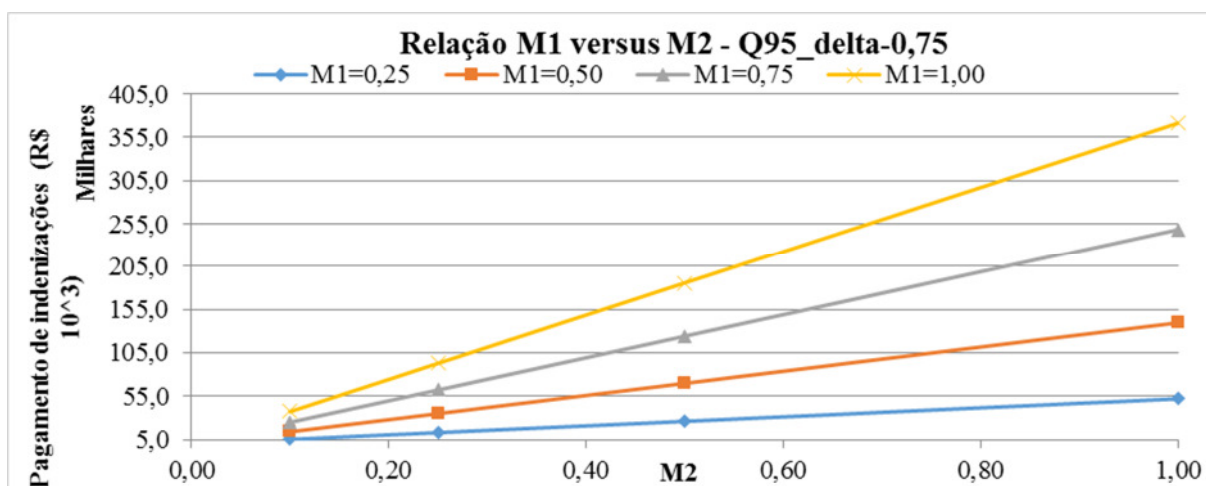


Figura 52 – Relação de M1 e M2 para delta 0,75 e garantia de 95%.

Para o delta igual 0,75, os ganhos urbanos médios anuais são iguais a R\$ 335.887,83. Este valor se iguala aos pagamentos da função geral de pagamento nos seguintes pontos (M1; M2): (0,25; 6,47); (0,50; 2,41); (0,75; 1,35) e (1,00; 0,90).

Assim, para os pontos (0,25; 6,47), (0,50; 2,41) e (0,75; 1,35), os ganhos não necessitam de salvaguardas monetárias, apenas salvaguardas de vazão. Porém, para o ponto (1,00; 0,90), os ganhos precisam de salvaguarda monetária, já que não possuirá salvaguarda de vazão.

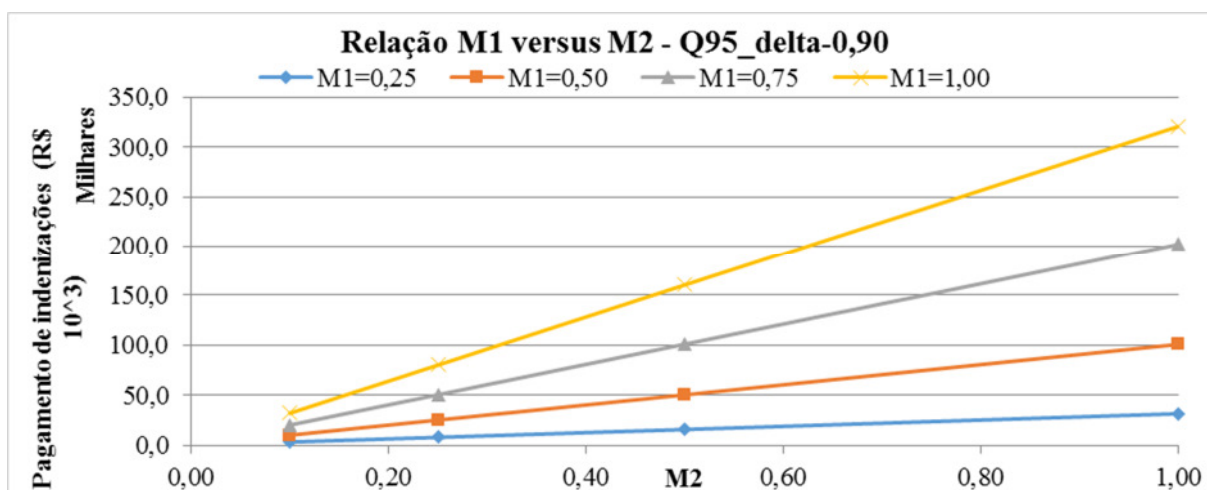


Figura 53 – Relação de M1 e M2 para delta 0,90 e garantia de 95%.

Para o delta igual 0,90, os ganhos urbanos médios anuais são iguais a R\$ 121.974,68. Este valor se iguala aos pagamentos da função geral de pagamento nos seguintes pontos (M1; M2): (0,25; 3,87); (0,50; 1,21); (0,75; 0,60) e (1,00; 0,38). Assim, para os pontos (0,25; 3,87) e (0,50; 1,21) os ganhos não necessitam de salvaguardas monetárias, apenas salvaguardas de vazão. Porém, para os pontos (0,75; 0,60) e (1,00; 0,38), os ganhos precisam de salvaguarda tanto monetária quanto de vazão.

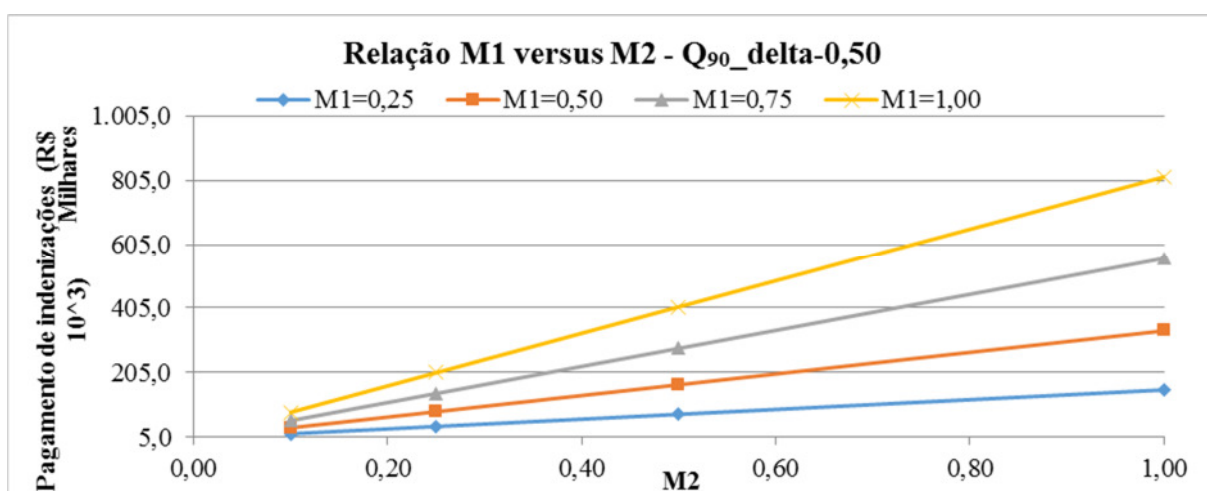


Figura 54 – Relação de M1 e M2 para o delta 0,50 e garantia de 90%.

Para o delta igual 0,50, os ganhos urbanos médios anuais são iguais a R\$ 269.159,04. Este valor se iguala aos pagamentos da função geral de pagamento nos seguintes pontos (M1; M2): (0,25; 1,79); (0,50; 0,81); (0,75; 0,48) e (1,00; 0,33). Assim, somente para o ponto (0,25; 1,79), os ganhos não necessitam de salvaguardas monetárias, apenas salvaguardas de vazão. Porém, para os pontos (0,50; 0,81), (0,75; 0,48) e (1,00; 0,33), os ganhos precisam de salvaguarda tanto monetária quanto de vazão.

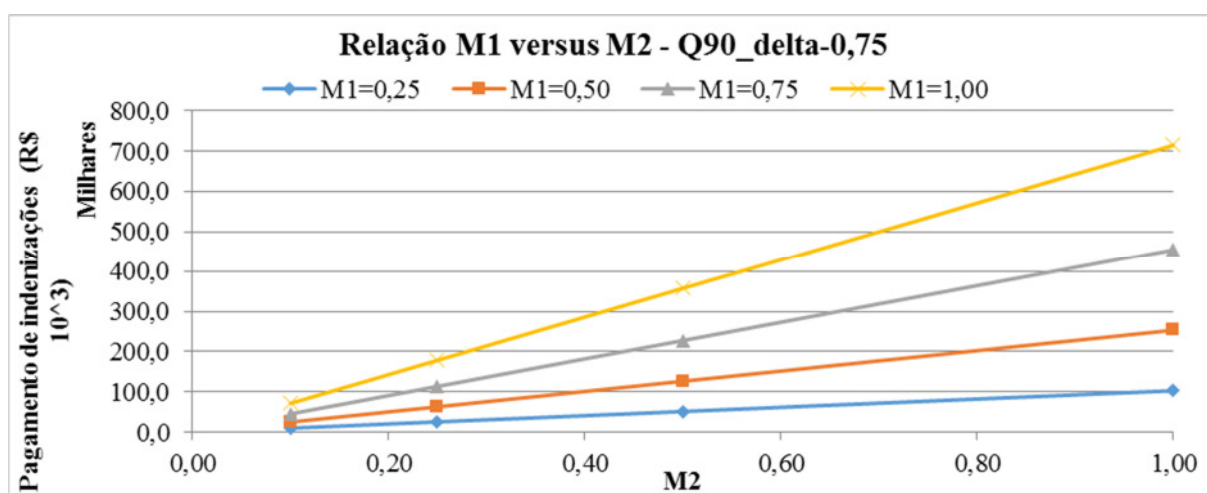


Figura 55 – Relação de M1 e M2 para delta 0,75 e garantia de 90%.

Para o delta igual 0,75, os ganhos urbanos médios anuais são iguais a R\$ 503.793,93. Este valor se iguala aos pagamentos da função geral de pagamento nos seguintes pontos (M1; M2): (0,25; 4,89); (0,50; 1,99); (0,75; 1,11) e (1,00; 0,70). Assim, para os pontos (0,25; 4,89), (0,50; 1,99) e (0,75; 1,11), os ganhos não necessitam de salvaguardas monetárias, apenas salvaguardas de vazão. Porém, para o ponto (1,00; 0,70), os ganhos precisam de salvaguarda monetária, já que não possuirá salvaguarda de vazão.

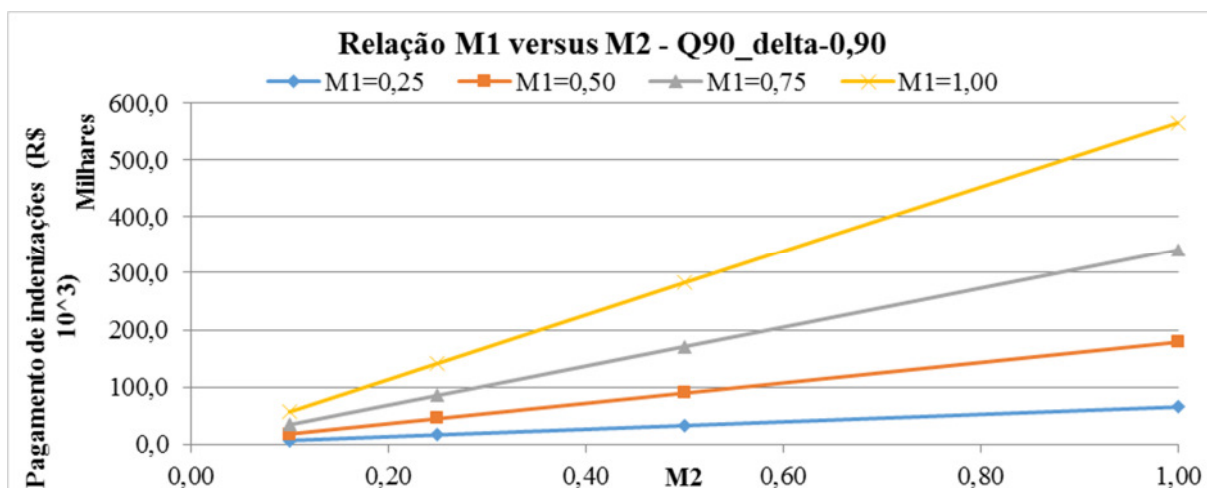


Figura 56 – Relação de M1 e M2 para delta 0,90 e garantia de 90%.

Para o delta igual 0,90, os ganhos urbanos médios anuais são iguais a R\$ 414.805,86. Este valor se iguala aos pagamentos da função geral de pagamento nos seguintes pontos (M1; M2): (0,25; 6,38); (0,50; 2,32); (0,75; 1,21) e (1,00; 0,73). Assim, para os pontos, (0,25; 6,38) (0,50; 2,32) e (0,75; 1,21), os ganhos não necessitam de salvaguardas monetárias, apenas salvaguardas de vazão. Porém, para o ponto (1,00; 0,73), os ganhos precisam de salvaguarda monetária, já que não possuirá salvaguarda de vazão.

Abaixo serão apresentados os gráficos que comparam os valores dos pagamentos de opções, das perdas e dos ganhos, ambos por meio da diferença de benefícios, para os casos considerados inviáveis. E, abaixo de cada desses comparativos, serão apresentados seus respectivos fluxos do fundo financeiro.

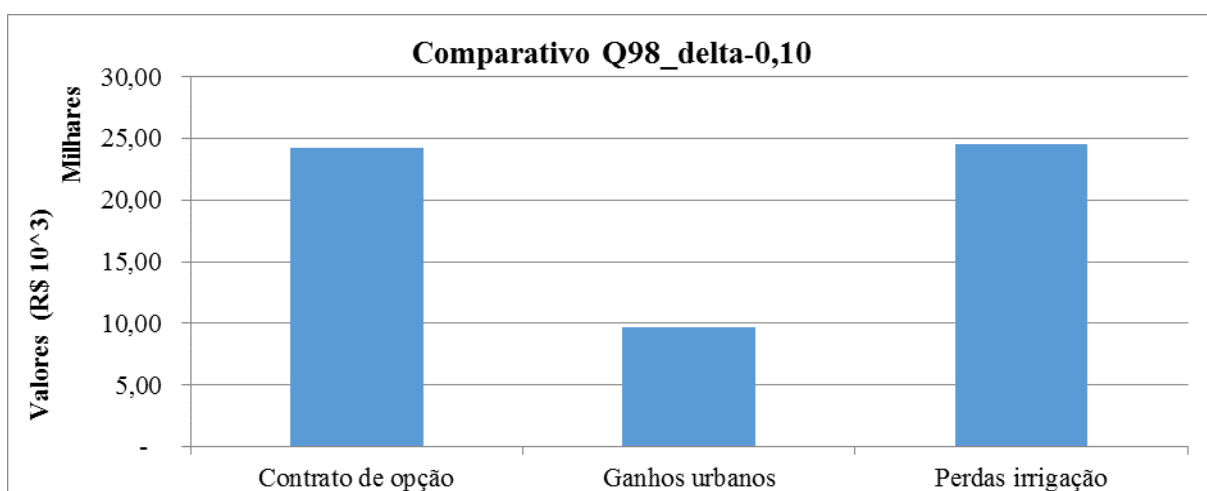


Figura 57 - Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas e garantia de 98% e delta 0,10.

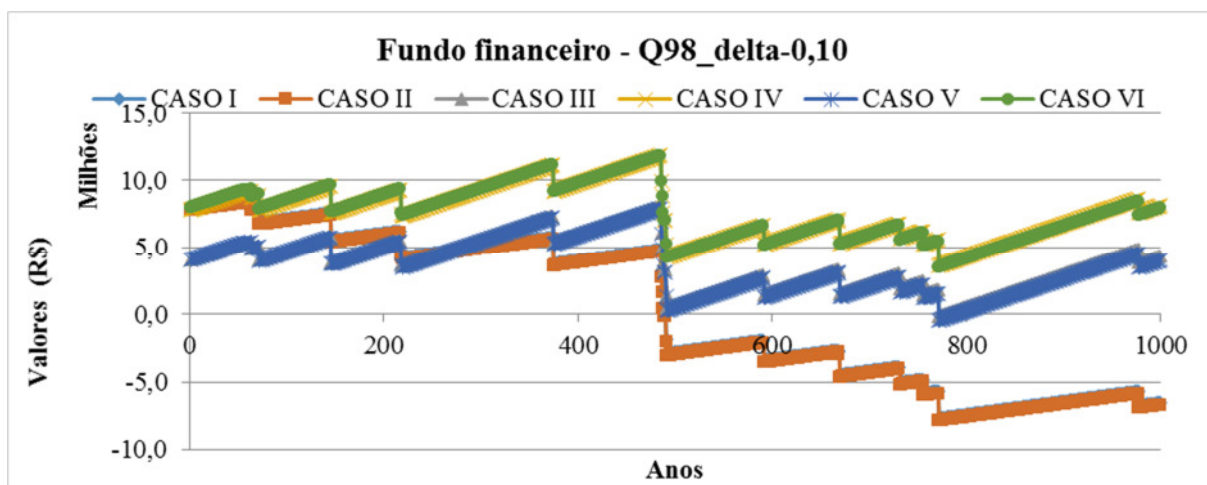


Figura 58 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 98% e delta 0,10.

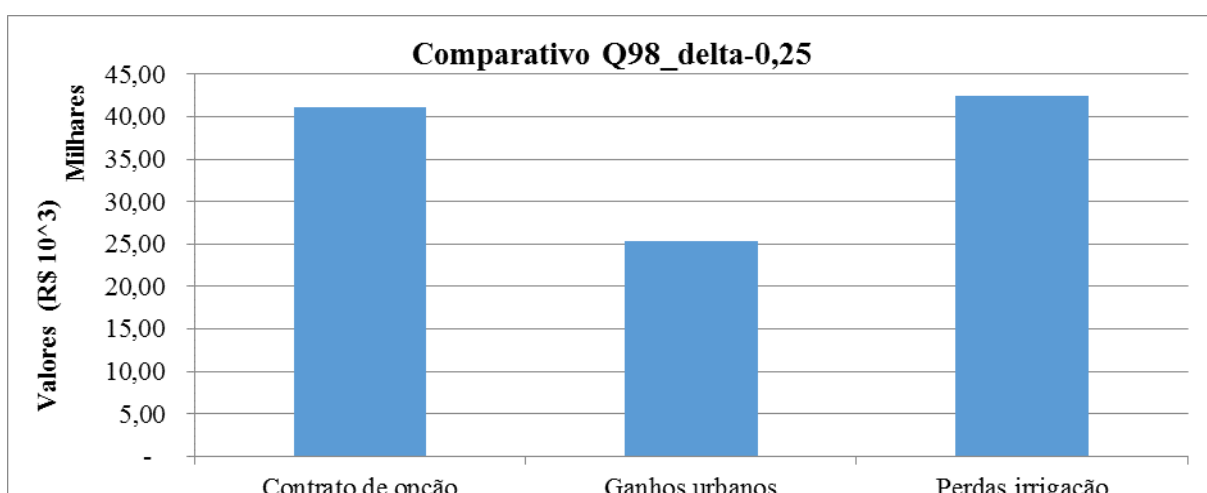


Figura 59 - Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas e garantia de 98% e delta 0,25.

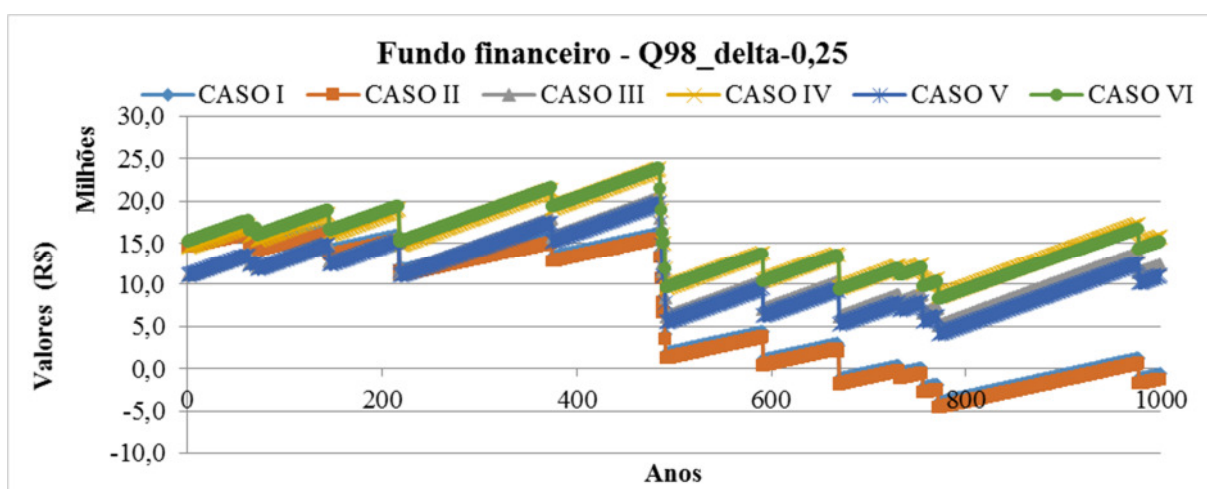


Figura 60 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 98% e delta 0,25.

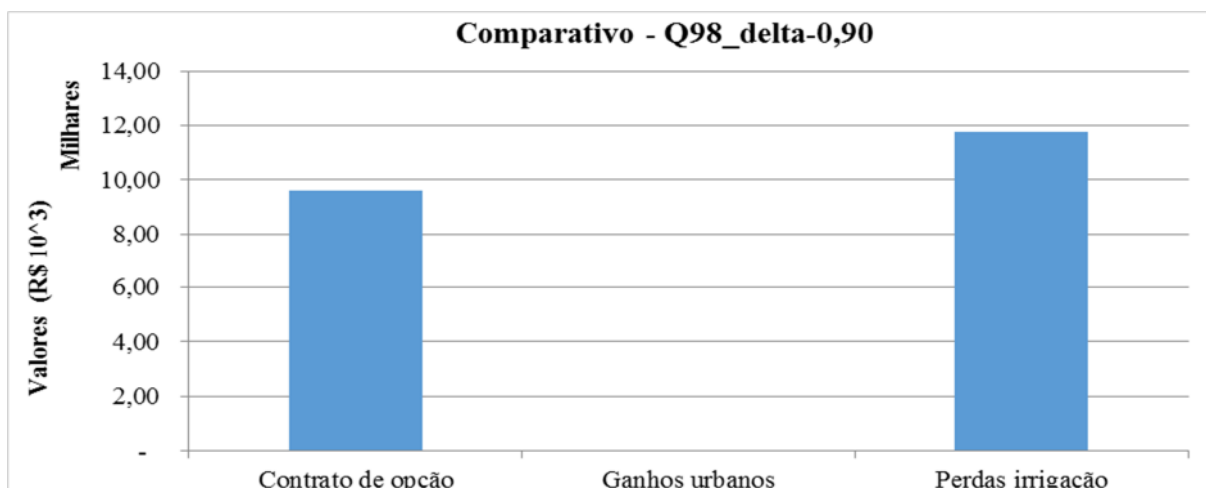


Figura 61 - Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas e garantia de 98% e delta 0,90.

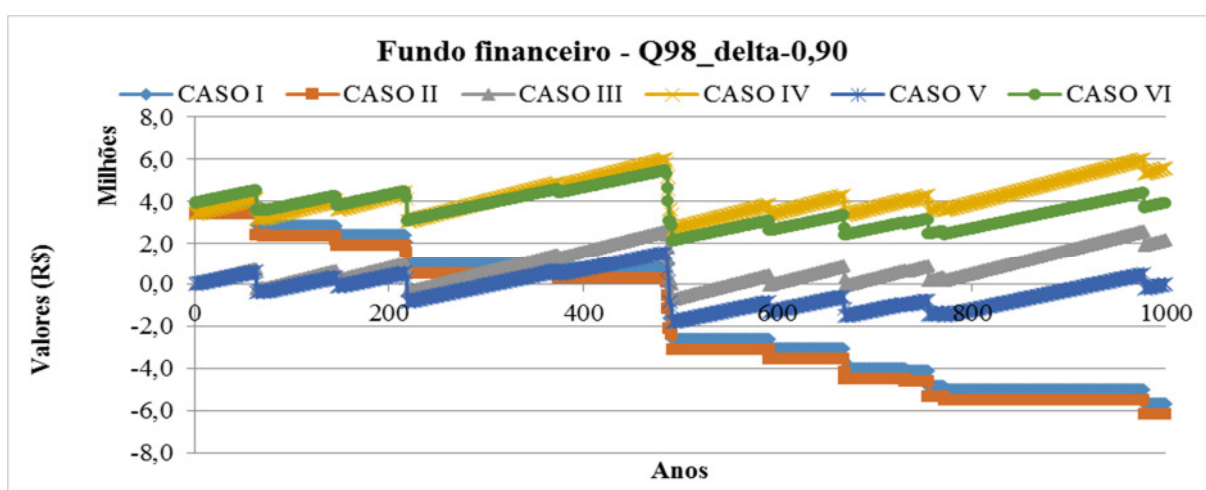


Figura 62 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 98% e delta 0,90.

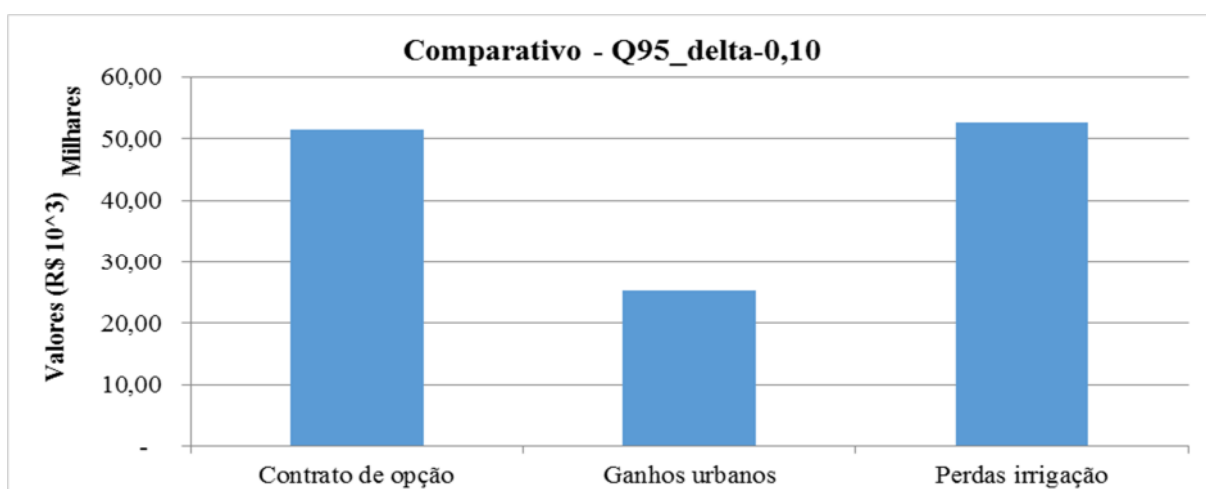


Figura 63 - Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas e garantia de 95% e delta 0,10.

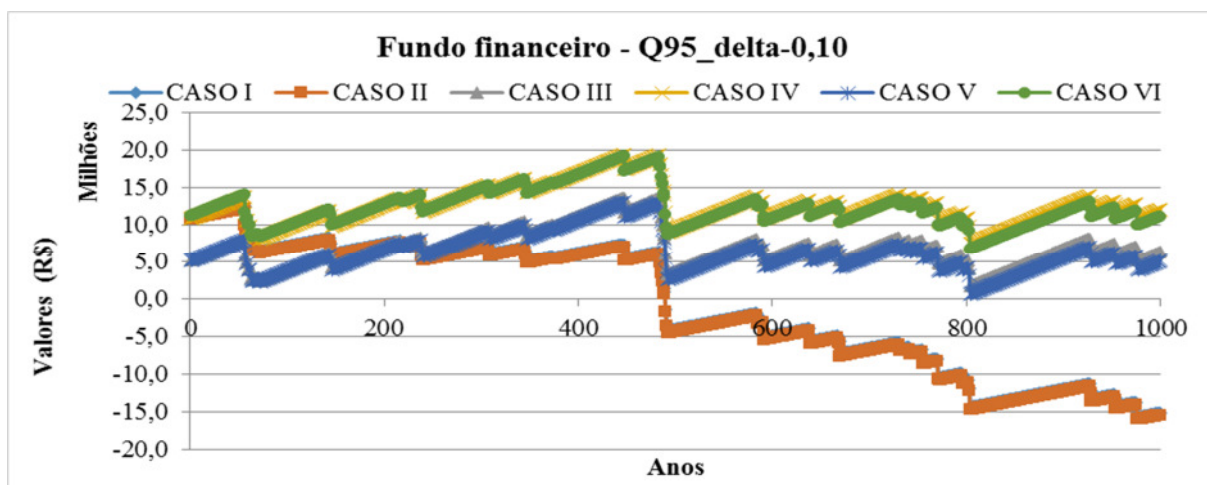


Figura 64 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 95% e delta 0,10.

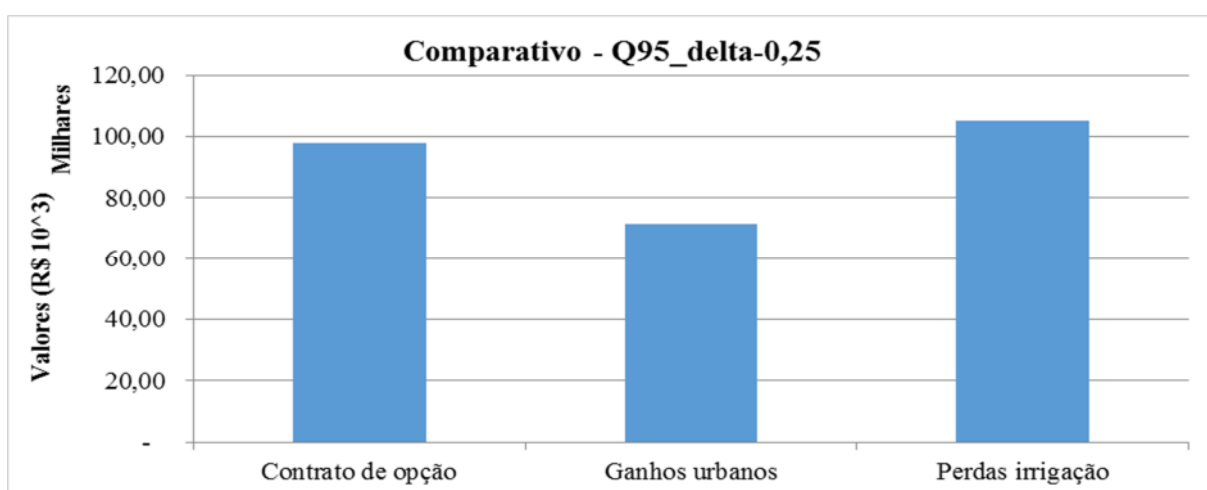


Figura 65 - Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas e garantia de 95% e delta 0,25.

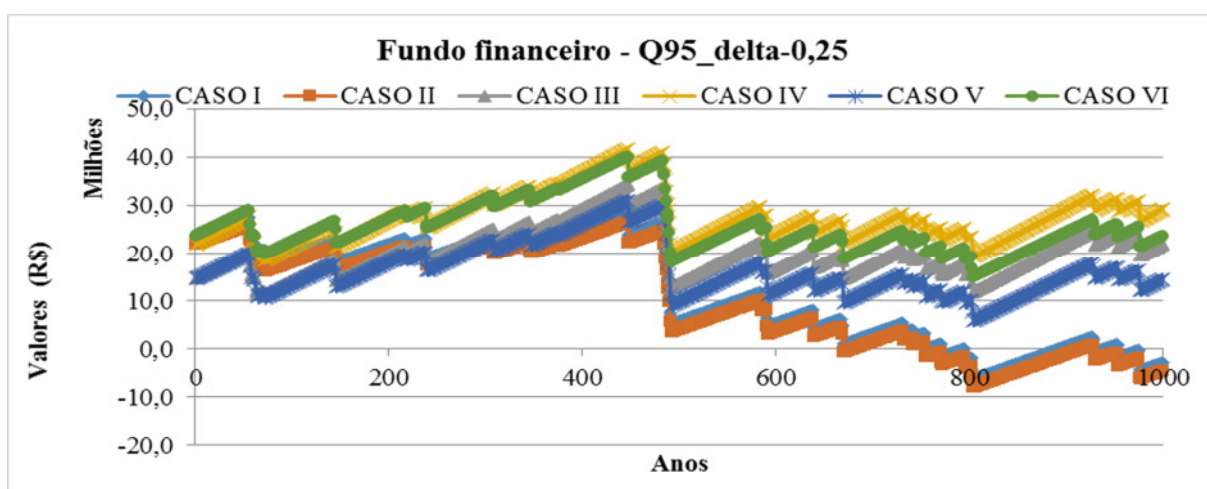


Figura 66 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 95% e delta 0,25.

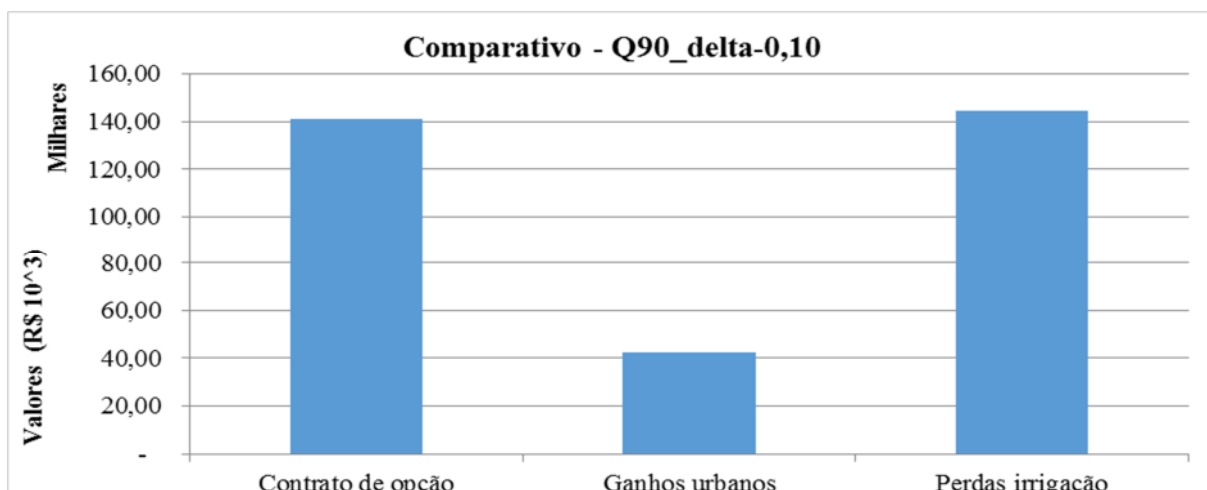


Figura 67 - Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas e garantia de 90% e delta 0,10.

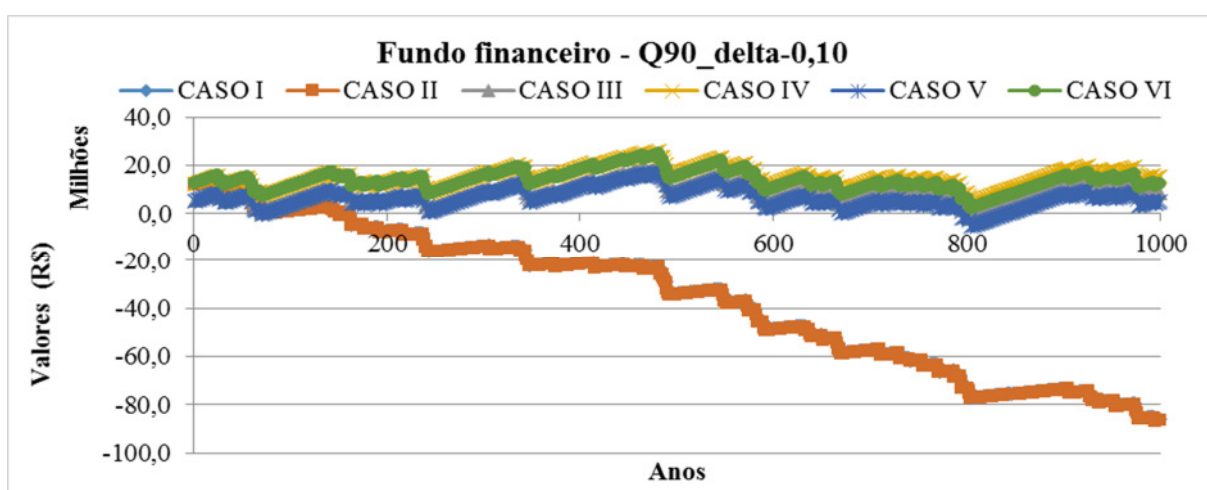


Figura 68 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 90% e delta 0,10.

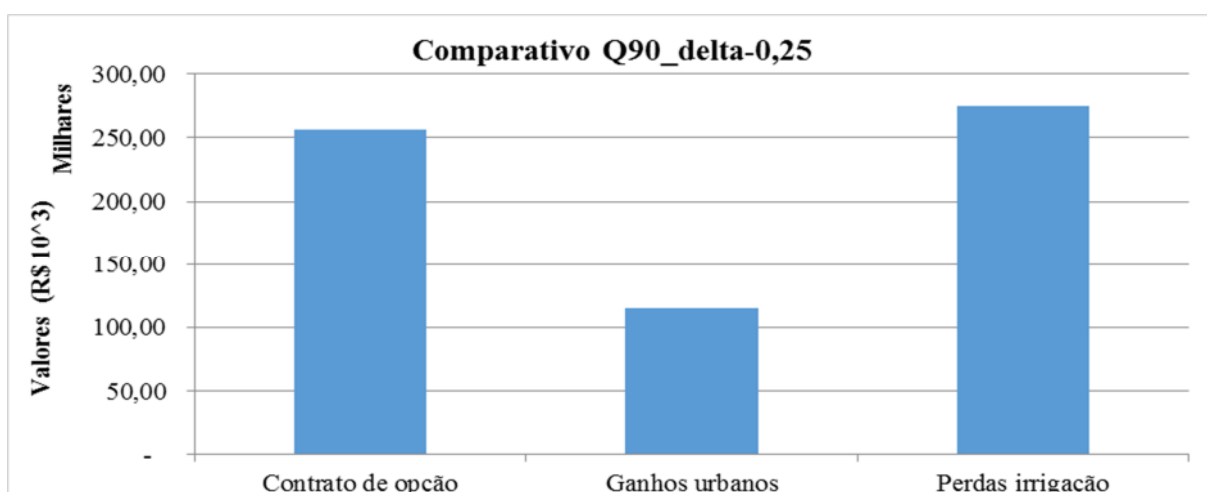


Figura 69 - Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas e garantia de 90% e delta 0,25.

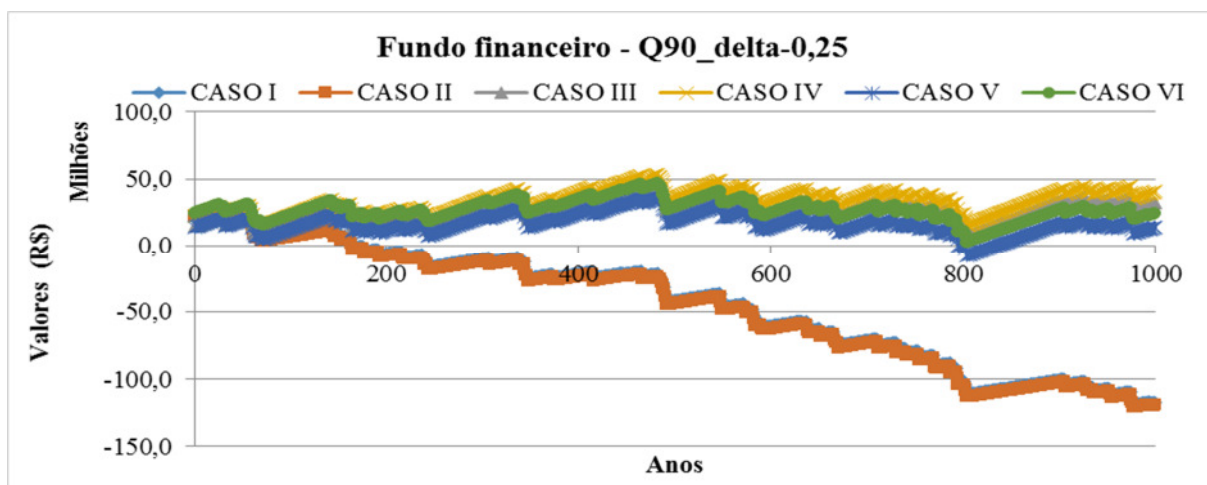


Figura 70 – Simulação do fluxo do fundo financeiro para garantia de 90% e delta 0,25.

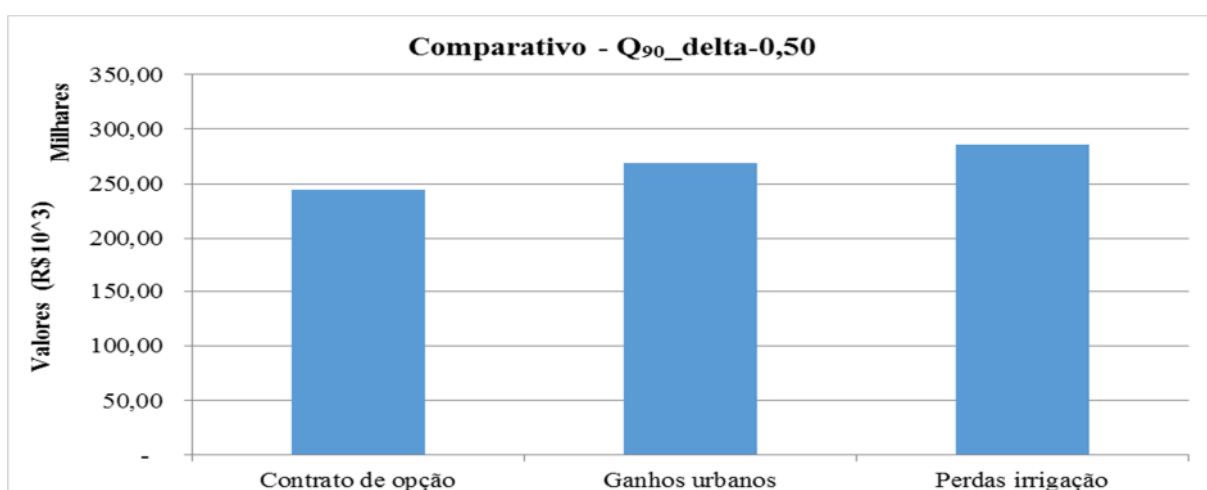


Figura 71 – Comparação entre cont. de opção, ganhos e perdas; garantia de 90% e delta 0,50.

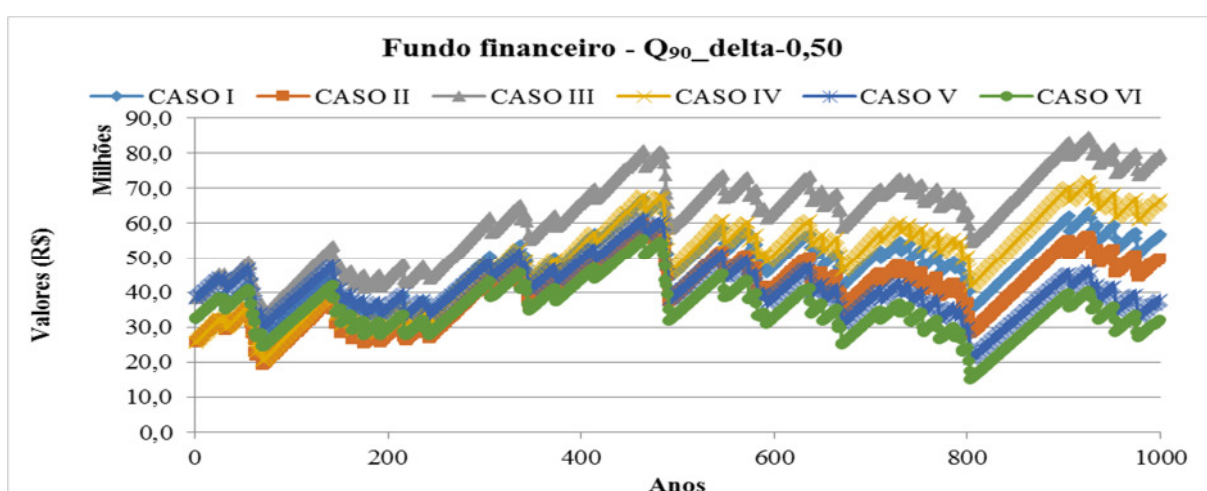


Figura 72 – Simulação dos fluxos do fundo financeiro para garantia de 90% e delta 0,50.

Em síntese, para os cenários da 1ª região e 3ª região, têm-se as seguintes constatações:

- i) para as premissas nas quais os aportes anuais sejam oriundos dos ganhos, os fundos financeiros possuem tendência deficitária e quanto maior a diferença entre ganhos e saídas (pagamentos de opções), maiores os déficits;
- ii) para as premissas nas quais os aportes anuais sejam oriundos das perdas, os fundos financeiros tendem a ser superavitários já que há diferença positiva entre as entradas (perdas) e as saídas (pagamentos de opções), tornando os fluxos superavitários;
- iii) para as premissas nas quais os aportes anuais sejam oriundos dos pagamentos de opções, os fundos financeiros tendem a permanecer em torno dos aportes iniciais, ora superavitário ora deficitário, já que as entradas e saídas médias são iguais.