

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**MODELO COMPORTAMENTAL COM BASE EM
AGENTES PARA GESTÃO ADAPTATIVA DE ÁGUA:
CASO DE ESTUDO DE CONSUMO DE ÁGUA
RESIDENCIAL URBANA EM BRAZLANDIA/DF**

DIANA JIMENA MONSALVE HERRERA

**ORIENTADORA: CONCEIÇÃO DE MARIA ALBUQUERQUE
ALVES**

**TESE DE DOUTORADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E
RECURSOS HÍDRICOS**

BRASÍLIA/DF: fevereiro/2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**MODELO COMPORTAMENTAL COM BASE EM AGENTES PARA
GESTÃO ADAPTATIVA DE ÁGUA: CASO DE ESTUDO DE
CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL URBANA EM
BRAZLANDIA/DF**

DIANA JIMENA MONSALVE HERRERA

**TESE SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS.**

APROVADA POR:

Prof.a. Conceição de Maria Albuquerque Alves, PhD (FT-UnB)
(Orientadora)

Prof. Oscar de Moraes Cordeiro Netto, Dr (FT-UnB)
(Examinador Interno)

Prof.a. Cybelle Frazão Costa Braga, Dra. (IFPB)
(Examinadora Externa)

Christophe Yvon Le Page, Dr. (CIRAD)
(Examinador Externo)

BRASÍLIA/DF, 23 de fevereiro de 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

MONSALVE-HERRERA, DIANA JIMENA

Modelo comportamental com base em agentes para gestão adaptativa de água: caso de estudo de consumo de água residencial urbana em Brazlândia/DF [Distrito Federal] 2018.

xviii, 190 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Doutora, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2013).

Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Modelos baseados em agentes

2. Gestão adaptativa da água

3. Consumo de água residencial urbana

4. Sistemas Complexos Adaptativos

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Monsalve-Herrera, D. J. (2018). Modelo comportamental com base em agentes para gestão adaptativa de água: caso de estudo de consumo de água residencial urbana em Brazlândia/DF. Tese de Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.TD-021/2018, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 190p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Diana Jimena Monsalve Herrera.

TÍTULO: Modelo comportamental com base em agentes para gestão adaptativa de água: caso de estudo de consumo de água residencial urbana em Brazlândia/DF.

GRAU: Doutor

ANO: 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta Tese de Doutorado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa tese de doutorado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Diana Jimena Monsalve Herrera

Condomínio Belvedere Green, conjunto 15, casa 12

CEP: n 71680380. Brasília-DF.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais pelo apoio e amor incondicional, por me ensinar o valor do estudo e da perseverança, obrigada por estar sempre comigo a pesar da distância.

Ao meu querido esposo Nano pelo apoio constante, por secar as lágrimas nos momentos de desespero, por me dar motivos para continuar quando tudo parecia perdido, pela paciência nos dias estressantes, pela ajuda e companhia no trabalho de campo e pelo amor incondicional que faz que a vida seja mais linda e simples junto a Luly e Campanita.

À minha sogra Reina e meu cunhado Jhon pela torcida e os conselhos de vida.

À minha orientadora, professora Conceição de Maria Albuquerque Alves pela confiança e orientação prestada nessa pesquisa.

Ao grupo de Pesquisa *InfoKnow-Computer Systems for Information and Knowledge Treatment*, especialmente à professora Célia Ghedini Ralha, Cássio Giorgio Couto Coelho, Carolina Gonçalves Abreu, Christophe Le Page que me assessoraram no complexo mundo dos agentes e deram apoio ao longo da pesquisa.

Ao Fernando Lucchesi Alencar, meu colega de estudo, pela ajuda na construção do modelo de agentes, pela torcida e o apoio incondicional.

Aos meus amigos Beatriz Sarmiento (Bety), Harry Morales, Fabian Hurtado e Olga Caminha (Olguita) pelo apoio, obrigada por me ajudar nas longas jornadas nas ruas de Brazlândia na realização dos questionários dessa pesquisa, sem receber nada em troca. Obrigada pela torcida e amizade incondicional!

Aos meus amigos Tati Lopez, Andrés Idrobo, Adriane Dias, Maria Elisa Leite, Patrícia Bermond, Natalia Cabanillas, Pablito Santos, Ana Cevalyn León, Adriana Rivera e Rogerio Almeida pela amizade incondicional e apoio.

A Angela Costa, Serly Morais, Elizabeth Manes (Betinha), Lucas Achaval e Fernanda Souza, pela amizade, a torcida e por me mencionar a palavra favorita dos brasileiros “tudo vai dar certo” para me manter positiva e não desistir.

Ao pessoal do Departamento de Saúde Ambiental da Fundação Nacional de Saúde-Funasa, pela torcida e por permitir realizar a oficina no I CIESA.

Aos habitantes de Brazlândia que abriram suas portas e me deram um pouco do seu tempo para realizar minha pesquisa.

Ao conselho Nacional de Desenvolvimento científico e Tecnológico- CNPq, pela ajuda financeira através da bolsa de estudos. À Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal- CAESB, especialmente ao Diego Rezende Ferreira, Vanusa Meireles Gomes Monteiro e Diogo Gebrim pelo apoio no fornecimento da informação necessária para desenvolver o projeto.

Para todos muito obrigada!
(Muchas Gracias!)

Diana Jimena Monsalve Herrera

*“É melhor tentar e falhar, que preocupar-se e ver a vida passar,
É melhor tentar, ainda que em vão, que sentar-se fazendo nada até o final.
Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias tristes em casa me esconder.
“Prefiro ser feliz, embora louco, que em conformidade viver”*

Martin Luther King

DEDICATÓRIA

Aos meus pais: Martha Lucia e Álvaro Antonio.

RESUMO

MODELO COMPORTAMENTAL COM BASE EM AGENTES PARA GESTÃO ADAPTATIVA DE ÁGUA: CASO DE ESTUDO DE CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL URBANA EM BRAZLANDIA/DF

Autora: Diana Jimena Monsalve Herrera

Orientadora: Conceição de Maria Albuquerque Alves

Palavras-chave: Modelos baseados em agentes, Gestão adaptativa da água, Consumo de água residencial urbana, Sistemas complexos adaptativos.

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos

Local e data da defesa: Brasília, 23 de fevereiro de 2018.

A problemática de escassez hídrica que está afetando as capitais do Brasil está gerando uma preocupação por parte dos gestores da água, pois as medidas convencionalmente implementadas para dar frente à situação não sempre são efetivas colocando em risco o bem-estar da população. Para dar frente a esse cenário tem-se desenvolvido diferentes ferramentas computacionais de suporte à decisão comumente com base em sistemas hidrológicos, porém é necessário que sistemas de informações concebidos para apoiar o gerenciamento de sistemas hídricos urbanos não deixem de incorporar o comportamento dos consumidores de água na concepção de modelos de simulação de disponibilidade hídrica em centros urbanos, especialmente em situações de implementação de Planos de Contingência para enfrentamento de escassez hídrica. A integração do comportamento dos consumidores de água numa plataforma de apoio ao planejamento de sistemas hídricos oferece uma abordagem promissora para lidar esse tipo de sistemas complexos por meio de uma gestão adaptativa. A representação do comportamento dos consumidores de água, da percepção cultural e da interação entre os atores do sistema e seu ambiente tem sido um desafio a ser superado por meio da construção de Modelos Baseados em Agentes (ABM) e sua incorporação aos já usuais sistemas de apoio à decisão em sistemas hídricos.

Nesse contexto o objetivo desse trabalho foi avaliar a contribuição de modelos comportamentais baseados em agentes para a definição de medidas de redução de consumo de água em domicílios de centros urbanos residenciais durante situações de escassez hídrica, através do uso de duas ferramentas; o *Hydric-Agent*, desenvolvido em parceria com o Departamento de Ciências da Computação da Universidade de Brasília e o *Water Evaluation and Planning-WEAP*. Na integração dos modelos foram criados cenários de variabilidade hídrica, aplicando medidas de gestão como Campanhas Educativas e Tarifa de Contingência de água. Os resultados obtidos mostraram a importância da adaptabilidade de políticas de gestão de água em épocas de escassez hídrica, considerando o comportamento dos agentes consumidores de água e também a necessidade de integração de modelos para obter melhores resultados na gestão adaptativa da água.

ABSTRACT

AGENTS BASED BEHAVIORAL MODEL FOR ADAPTIVE WATER MANAGEMENT: CASE STUDY OF URBAN WATER RESIDENTIAL CONSUMPTION IN BRAZLÂNDIA/DF.

Author: Diana Jimena Monsalve Herrera

Supervisor: Conceição de Maria Albuquerque Alves

Key-words: Model Based Agent; Adaptive water Management, Urban residential water consumption, Complex adaptive systems.

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos

Place and date of defense: Brasília, 23th February of 2018

The problem of water scarcity that is affecting the capitals of Brazil is generating a concern of water managers, since the measures conventionally implemented to deal with the situation are not always effective, putting at risk the well-being of the population. In order to address this situation, different computational decision support tools have been developed, usually based on hydrological systems, but it is necessary that information systems designed to support the management of urban water systems do not fail to incorporate the water consumers in the design of simulation models of water availability in urban centers, especially in situations of implementation of Emergency Plans to cope with water scarcity. The integration of agent behavior and into support water systems planning offers a promising approach to dealing with complex systems through adaptive management. The representation of water consumer behavior, cultural perception and interaction between the actors of the system and its environment has been a challenge to be overcome through the construction of Agent Based Models (ABM) and its incorporation into the usual decision support systems in water systems.

In this context, the objective of this study was to assess the contribution of behavioral models based on agents for the definition of measures to reduce water consumption of households in urban centers during water shortages through the use of two tools; the Hydric-Agent, developed in partnership with the Department of Computer Science at the University of Brasilia and the Water Evaluation and Planning-WEAP. In the integration of the models we created scenarios of water variability and applying management measures such as Educational Campaigns and Contingency Tariffs. The results showed importance about adaptive of water management policies in times of water scarcity, considering the behavior of water consumption agent and also the need to integrate models to obtain better results in the adaptive water management.

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. OBJETIVO GERAL	4
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA e REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1. SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS-CAS.....	5
3.2. SISTEMAS MULTIAGENTES-SMA	8
3.2.1. Modelo Conceitual para construção de sistemas multiagentes.....	11
3.2.2. Arquitetura BDI.....	16
3.2.3. Modelagem Baseada em Agentes.....	18
3.2.4. Modelos baseados em agentes para gestão de recursos hídricos.....	22
3.3. GESTÃO ADAPTATIVA DA ÁGUA COMO FERRAMENTA PARA GESTÃO DE SISTEMAS COMPLEXO ADAPTATIVOS	26
4. ÁREA DE ESTUDO.....	37
4.1. CRISE HÍDRICA EM BRAZLÂNDIA	41
5. METODOLOGIA	46
5.1. REVISÃO TEÓRICA E BIBLIOGRÁFICA	47
5.2. CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO DOS CONSUMIDORES DA ÁGUA (CASO DE ESTUDO: BRAZLÂNDIA /DF)	47
5.3. INTEGRAÇÃO DE MODELAGEM DE SISTEMAS	50
5.4.1. MODELAGEM BASEADA EM AGENTES	50
5.4.2. MODELAGEM HÍDRICA (WEAP).....	64
5.4. ANÁLISE DE DADOS DE CONSUMO DE ÁGUA EM BRAZLÂNDIA FORNECIDOS PELA CAESB.	69
5.5. REALIZAÇÃO DE OFICINA: ATITUDE ÁGUA: EU PERCEBO, EU CONHEÇO, EU DEFENDO.	70
6. RESULTADOS	73
6.1. MODELO CONCEITUAL DO COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR DOMÉSTICO DE ÁGUA EM BRAZLÂNDIA	73
6.2. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DE AGENTES REATIVOS.....	88
6.3. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DE AGENTES BDI	91

6.3.1.	Resultado da simulação BDI de agentes de renda baixa	91
6.3.2.	Resultado de simulação de BDI da renda média.....	101
6.3.3.	Resultado da simulação BDI da renda alta.....	109
6.4.	RESULTADOS DA OFICINA ATITUDE ÁGUA: EU CONHEÇO, EU PERCEBO, EU DEFENDO.	119
6.5.	CONSUMO DE ÁGUA DA ÁREA RESIDENCIAL DE BRAZLÂNDIA FORNECIDA PELA CAESB.....	127
6.6.	RESULTADOS DA INTEGRAÇÃO DE HYDRIC-AGENT COM WATER EVALUATION AND PLANNIG-WEAP.....	144
6.7.	Resultados da Integração de <i>Hydric-Agent</i> com <i>Weap</i> em uma única simulação. 145	
6.8.	Resultados da Integração de <i>Hydric-Agent</i> com <i>Weap</i> para 100 simulações	151
	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	154
	BIBLIOGRAFIA	159
	ANEXOS	171

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1- Componentes do modelo conceitual. Modificado de (Pace, 2000)	12
Figura 3.2-Passos para o desenvolvimento do modelo conceitual. Adaptado de (Pace,2000)	13
Figura 3.3- Tipos de dependência entre os atores	15
Figura 3.4- Exemplo relacionamento meio-fim	16
Figura 3.5-componentes do BDI , modificado de (Weis, 1999).....	18
Figura 3.6- Mudança da gestão da água segundo o aumento da complexidade do sistema e da população. (adaptado de Kampragou <i>et al.</i> ,2011)	28
Figura 3.7- Relações lineares e não-lineares entre consumo e preço da água. Modificado de (ADB,1999)	31
Figura 3.8- Relação entre renda e demanda de água. Modificado de (ADB,1999).....	35
Figura 4.1- Distribuição dos domicílios ocupados segundo as classes de renda domiciliar- Brazlândia/DF/2015(Codeplan, 2015).	38
Figura 4.2- Localização da área residencial de Brazlândia	39
Figura 4.3- Domicílios ocupados, segundo a condição-Brazlândia/DF/2015 (Codeplan, 2015).....	40
Figura 4.4- Resumo dos sistemas de abastecimento de água do DF. (Agência Brasília,2017).	41
Figura 5.1- Síntese da Metodologia da pesquisa.	46
Figura 5.2- Entrevistas porta a porta em Brazlândia/DF.....	49
Figura 5.3- Construção do PAGE do modelo conceitual de consumo de água domiciliar em ambiente urbano	52
Figura 5.4- Diagramas do <i>framework i*</i> utilizados na pesquisa	54
Figura 5.5- Construção das Crenças, Desejos e Intenções (BDI).....	55
Figura 5.6-Arquitetura de Jadex adaptado de (JADEX,2017).....	60
Figura 5.7- Grid de simulação de <i>Hydric-Agent</i> (Alencar,2017)	62
Figura 5.8-Calassificação visual dos agentes no <i>Hydric-Agent</i> (Alencar,2017)	63
Figura 5.9-Esquema da rede hídrica da área de estudo construída em WEAP	65
Figura 5.10- Taxa de crescimento projetada dos domicílios de Brazlândia no WEAP	66
Figura 5.11- Inserção de Vazões no Cenário de Referência da simulação única	67
Figura 5.12-Metodologia <i>bootstrap</i> de vazões utilizada na pesquisa.....	68
Figura 5.13- Síntese da modelagem do sistema estudado	69
Figura 5.14- Trabalho em grupos da Oficina Atitude água: eu percebo, eu conheço, eu defendo, no I Congresso Internacional de Engenharia de Saúde Pública e de Saúde Ambiental da Funasa	71
Figura 5.15- Metodologia da oficina utilizando Diagramas.....	72
Figura 6.1-Escolaridade por rendas	74
Figura 6.2-média do número de pessoas por moradia	75
Figura 6.3- Percepção de consumo de água dos agentes entrevistados em Brazlândia.....	76
Figura 6.4- Porcentagem de agentes que consomem água abaixo da média em período seco e chuvoso.	76

Figura 6.5-Redução de consumo de água por campanhas educativas.....	77
Figura 6.6-Diminuição de consumo de água motivado por aumento de tarifa.....	78
Figura 6.7-Uso da água em ações cotidianas dos agentes: 6.7a) Agentes que usam mangueira para lavar calçadas,6.7b) Agentes que usam mangueira para lavar carro,6.7c) Agentes que fecham a torneira enquanto escovam os dentes, 6.7d) Agentes que fecham a torneira enquanto ensaboam a louça, 6.7e) Agentes que fecham o chuveiro enquanto se ensaboam, 6.7e) Agentes que utilizam a capacidade máxima da máquina de lavar.	79
Figura 6.8- Nível de cooperação de agentes com diferentes ações para economizar água: a) Reutilizando água da máquina. b) armazenando água da chuva. (S=Sim, AV=às vezes, N=nunca)	80
Figura 6.9- Armazenamento de água da máquina de lavar na casa de um usuário do bairro Setor Norte (Brazlândia), utilizada para limpar a casa.	81
Figura 6.10-Modelo conceitual da renda baixa	83
Figura 6.11-Modelo Conceitual da Renda Média	84
Figura 6.12-Modelo Conceitual da Renda Alta.....	84
Figura 6.14- Agentes Cooperativos de renda baixa, média e alta sem aplicar Ações de Gestão	89
Figura 6.15- Porcentagem de agentes cooperativos de renda baixa, média e alta com campanha educativa (CE).....	89
Figura 6.16- Porcentagem de agentes cooperativos de renda baixa, média e alta devido a aumento de tarifa (TR)	90
Figura 6.17- Porcentagem de agentes cooperativos de renda baixa , média e alta com campanha educativa (CE) e Aumento de Tarifa (TR).....	90
Figura 6.18- Escolaridade encontrada de renda baixa a partir de dados levantados em campo em Brazlândia/DF.	91
Figura 6.19-Comportamento do consumo de água dos agentes de renda baixa , por escolaridade, sem aplicar ações de gestão de demanda da água	92
Figura 6.20- Porcentagem de agentes cooperativos de renda baixa, por escolaridade, sem ações de gestão (SG) e aplicando campanhas educativas.....	93
Figura 6.21- Consumo de água da renda baixa por escolaridade, implementando campanhas educativas.....	95
Figura 6.22- Porcentagem de agentes cooperativos de renda baixa, por escolaridade, implementando tarifa de contingência.....	96
Figura 6.23- Consumo de água dos agentes de renda baixa, por escolaridade implementando tarifa de contingência.....	97
Figura 6.24- Porcentagem de agentes cooperativos de renda baixa, por escolaridade, implementando campanhas educativas e tarifa de contingência	99
Figura 6.25-consumo médio de agentes de renda baixa, por escolaridade, aplicando tarifa de contingência e campanhas educativas.....	100
Figura 6.26- Escolaridade da renda média, segundo os dados coletados	101
Figura 6.27-comportamento do consumo de água dos agentes de renda média , por escolaridade, sem aplicar ações de gestão da água.....	102
Figura 6.28- agentes cooperativos de renda média, por escolaridade aplicando campanhas educativas	103

Figura 6.29-consumo médio de agentes de renda média, por escolaridade, aplicando campanhas educativas.....	104
Figura 6.30- porcentagem de agentes cooperativos de renda média, por escolaridade, implementando tarifa de contingência.....	105
Figura 6.31- Consumo médio de água por domicílio da renda média, por escolaridade, implementando tarifa de contingência.....	106
Figura 6.32- agentes cooperativos de renda média, por escolaridade, implementando tarifas de contingência e campanhas educativas.....	108
Figura 6.33- Consumo médio de água, por domicílio, da renda média, por escolaridade implementando tarifa de contingência e campanhas educativas	109
Figura 6.34- Escolaridade da renda alta	109
Figura 6.35-Agentes cooperativos de renda alta sem implementar ações de gestão da água	110
Figura 6.36- Agentes cooperativos de renda alta, por escolaridade implementando campanhas educativas.....	111
Figura 6.37- Consumo de água da renda alta, por escolaridade, implementando campanhas educativas	112
Figura 6.38- Porcentagem de agentes cooperativos de renda alta, por escolaridade, implementando tarifa de contingência.....	114
Figura 6.39-Consumo médio de água da renda alta, por escolaridade, implementando tarifa de contingência.....	115
Figura 6.40- Porcentagem de agentes cooperativos de renda alta, por escolaridade, implementando campanhas educativas e tarifas de contingência.....	116
Figura 6.41- Consumo médio de água da renda alta, por escolaridade, implementando campanhas educativas e tarifa de contingência	117
Figura 6.42- Resultado de percepção do grupo 1/ Paraíba, oficina Atitude Água: eu percebo, eu conheço, eu defendo.....	120
Figura 6.43- Resultados de percepção do grupo 2/Pará oficina: Atitude Água: eu percebo, eu conheço, eu defendo	121
Figura 6.44- Resultados de percepção do Grupo 3/Pará .Oficina Atitude água: eu percebo, eu conheço, eu defendo	123
Figura 6.46- Resultados de percepção do grupo 3/DF, Atitude água Atitude Água: eu percebo, eu conheço, eu defendo.....	124
Figura 6.45-Medidas de gestão de demanda de água indicadas como mais efetivas por consumidores de renda baixa, média e alta.	125
Figura 6.46-diminuição do consumo de água dos agentes de renda média, baixa e alta para considerando o período meteorológico, simulado em <i>Hydric-Agent</i>	126
Figura 6.47- Consumos médios mensais de água das áreas residenciais de Brazlândia ...	128
Figura 6.48- Consumo médio de água por residência, medido e faturado pela Caesb, da Vila São José no período de 08/2014 a 12/2017	130
Figura 6.49- Número de agentes cooperativos de renda baixa, obtido na simulação com <i>Hydric-Agent</i> , implementando tarifa de contingência e sem ações de gestão (SG).....	131
Figura 6.50- Consumo médio de água na renda baixa, obtido na simulação com <i>Hydric-Agent</i> , aplicando tarifa de contingência.....	132

Figura 6.51- Consumo médio de água da renda baixa obtido na simulação com <i>Hydric-Agent</i> , aplicando campanhas educativas e tarifa de contingência mais campanhas educativas.	133
Figura 6.52- Porcentagem de agentes cooperativos de renda baixa implementando campanhas educativas e tarifa de contingência em conjunto, simulado em <i>Hydric-Agent</i>	133
Figura 6.53- Consumo médio de água por domicílio, medido e faturado, no período de 08/2014 a 07/2017 do bairro Veredas.....	134
Figura 6.54-Consumo médio de água, medido e faturado, por residência no período de 08/2014 a 07/2017 do Setor Sul	136
Figura 6.55-Consumo médio de água, medido e faturado, por residência no período de 08/2014 a 07/2017 do Setor Norte.....	138
Figura 6.56- Consumo médio de água da renda média, simulado em <i>Hydric-Agent</i> , implementando tarifa de contingência.....	140
Figura 6.57-Porcentagem de agentes cooperativos de renda média, simulados em <i>Hydric-Agent</i> , aplicando diferentes ações de gestão.....	140
Figura 6.58-Consumo médio de água, medido e faturado, por residência no período de 08/2014 a 07/2017 do Setor Tradicional	141
Figura 6.59-Consumo de água da renda alta aplicando diferentes medidas de gestão, simulados em <i>Hydric-Agent</i>	143
Figura 6.60-Porcentagem de agentes cooperativos de renda alta, simulados em <i>Hydric-Agent</i>	144
Figura 6.61-Demanda não atendida de água dos agentes de renda alta simulada a partir da integração de <i>Weap</i> com <i>Hydric-Agent</i> da primeira simulação.	146
Figura 6.62- Valor médio da demanda não atendida de água mensal dos agentes de renda alta considerando três cenários diferentes, na primeira simulação.....	147
Figura 6.63-Demanda não atendida de água dos agentes de renda média simulada a partir da integração de <i>Weap</i> com <i>Hydric-Agent</i> da primeira simulação.....	148
Figura 6.64-Valor médio da demanda não atendida de água mensal dos agentes de renda média considerando três cenários diferentes	149
Figura 6.65-Demanda não atendida de água dos agentes de renda baixa simulada a partir da integração de <i>Weap</i> com <i>Hydric-Agent</i> da primeira simulação.	150
Figura 6.66-Valor médio da demanda não atendida de água mensal dos agentes de renda baixa considerando três cenários diferentes	151
Figura 6.67-Demanda não atendida de água de Brazlândia resultante do <i>bootstrap</i> nas séries de vazões mensais.....	152

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1-Plataformas utilizadas para ABM (Gilbert (2007, p. 50), Najlis <i>et al.</i> , (2001) <i>apud</i> Chen, 2012).	21
Tabela 3.2- Continuação da tabela 3.1-Plataformas utilizadas para ABM (Gilbert (2007, p. 50), Najlis <i>et al.</i> , (2001) <i>apud</i> Chen, 2012).	22
Tabela 3.3- Tarifa segundo o tipo de Residência no Distrito Federal (Brasil,2017).....	32
Tabela 3.4- Tarifa segundo o tipo de Residência de São Paulo, centro metropolitano (Brasil,2017a)	33
Tabela 3.5- Tarifa segundo o tipo de Residência de Ceará (Brasil,2017b).....	34
Tabela 4.1- Indicadores socioeconômicos de Brazlândia/DF. (Codeplan, 2015).	38
Tabela 4.2- Tipos de domicílios em Brazlândia/DF (Codeplan, 2015).	40
Tabela 4.3- ações de gestão em situação de escassez hídrica. Adaptado de (Caesb,2016). 42	
Tabela 4.4- Cobertura de abastecimento de água em Brazlândia (Codeplan,2015).....	43
Tabela 4.5- Problemas nos pontos de captação do sistema de abastecimento de Brazlândia/DF (Caesb,2014)	44
Tabela 4.6- Descrição do sistema integrado de Brazlândia /DF(Caesb,2014)	45
Tabela 5.1- número de agentes classificados por renda e escolaridade.....	49
Tabela 5.2- Quantidade de água utilizada para cada atividade dos agentes	57
Tabela 5.3- Valores médios calculados da quantidade de água economizada e desperdiçada segundo o tipo de ação, por escolaridade para renda baixa.....	58
Tabela 5.4- Valores médios calculados da quantidade de água economizada e desperdiçada segundo o tipo de ação, por escolaridade para renda alta.....	59
Tabela 5.5-Valores médios calculados da quantidade de água economizada e desperdiçada segundo o tipo de ação, por escolaridade para renda média.....	59
Tabela 5.6- Média do consumo de água anual simulado em <i>Hydric-Agent</i> inseridos em <i>anual water use rate</i> de WEAP	68
Tabela 6.1- Percepções e ações dos agentes em categorias de renda e com base no resultado de respostas das entrevistas.....	86
Tabela 6.2- Redução de consumo de água com respeito aos anos 2014,2015 e 2016, dos bairros Veredas, Setor Sul e Setor Norte , aplicando diferentes ações de.....	139
Tabela 6.3- Valor médio da demanda não atendida de água da renda alta.....	146
Tabela 6.4- Porcentagem da demanda total de água não atendido em Brazlândia.....	152
Tabela 6.5. Porcentagem da demanda total de água não satisfeita da renda alta, média e baixa.	153

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABM- *Agent Based Model*

ADASA - Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal

APA- Área de proteção Ambiental

AOS-*Agent Oriented Software*

ATA- Aumento de tarifa de água

BDI- *Believe, Desire, Intention*

CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

CAS- *Complex Adaptive System*

CE-Campanhas Educativas

CEE- Campanhas educativas nas escolas

CET- Campanhas educativas na televisão

CIC- Departamento de Ciências da Computação

CIESA-Congresso Internacional de Engenharia de Saúde Pública e de Saúde Ambiental da Funasa

CODEPLAN - Companhia de Planejamento do Distrito Federal

CIRAD- Centro de Cooperação Internacional em Pesquisa Agrônômica para o Desenvolvimento

DF - Distrito Federal

FC-Fundamenta Completo

FI-Fundamental Incompleto

FIPA- *Foundations of Intelligent Physical Agents*

GDF- Governo do Distrito Federal

GO-Goiás

INCRA- Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

MAC- Multas por alto consumo de água

MASE- *Multi-Agent System for Environmental Simulation*

MC-Médio Completo

PAGE- *Perceptions, Actions, Goals e Environment*

PDAD- Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios - Brazlândia

PRS-*Procedural Reasoning System*

RA- Racionamento de água

RTE- Redução de Tarifa para quem economizar

SD-*Strategic Dependency*

SC-Superior Completo

SM-Salário mínimo

SMA-Sistemas Multiagentes

SG-Sem ações de gestão

SR-*Strategic Rationale*

TR-Aumento de tarifa

WEAP - *Water and Evaluation and Planning*

1. INTRODUÇÃO

A gestão de sistemas hídricos urbanos se desenvolve com observância a processos hidrológicos, econômicos, políticos e sociais. A complexidade das leis que governam esses processos e as ações que resultam das interações entre eles proporcionam propriedades aos sistemas hídricos urbanos que permitem sua caracterização como sistemas complexos adaptativos (Mitchell,2009; Sichman, 2015).

A dinâmica e a possibilidade de aprendizado, de evolução e de adaptação de atores envolvidos no funcionamento desses sistemas (consumidores de água, companhias de saneamento, agências reguladoras) resultam em comportamentos não determinísticos que caracterizam sistemas complexos.

Considerar esses elementos na simulação do comportamento de sistemas hídricos urbanos pode contribuir para definição de programas (medidas e ações) de gestão mais efetivos e adaptados à realidade local (Giacomoni *et al.*, 2013; Kanta e Zechman,2014).

É fundamental considerar que as interações entre usuários e consumidores de água, instituições reguladoras e companhias de abastecimento e entre esses atores e os sistemas hídricos mudam ao longo do tempo e podem comprometer a efetividade de medidas definidas em Planos de Contingência, sendo importante considerar e modelar esses comportamentos adaptativos da gestão da água.

As características dos sistemas complexos podem ser identificadas nos sistemas hídricos que contam com uma grande quantidade de componentes (agentes, componentes físicos etc.) e subsistemas que interagem de forma emergente. Nesse contexto é relevante reconhecer que se está lidando com sistemas complexos na gestão de recursos hídricos, pois possuem mudanças pela intervenção de diferentes agentes ou do ambiente existindo a necessidade de adaptação.

O comportamento complexo dos sistemas hídricos muitas vezes dificulta a gestão do sistema em situações de conflito pelo uso da água agravados pela escassez do recurso hídrico (sistema físico e natural), por problemas de articulação institucional, e ainda por altas demandas de água, portanto é importante considerar um tipo de gestão não convencional que se adapte às mudanças que se apresentam nesse sistema complexo.

A gestão adaptativa da água considera a complexidade dos sistemas a serem gerenciados e os limites de previsão e controle. Isso implica uma abordagem de gestão integrada, que adote uma perspectiva sistêmica, em vez de lidar com problemas individuais e isolados (Keur *et al.*, 2010).

É importante que a gestão da água não seja concebida como um processo estático, devido à interação dos diferentes atores sociais, governamentais e institucionais e à disponibilidade ou não do recurso hídrico. Ao longo do tempo as interações entre esses atores e o recurso mudam, sendo importante gerar processos adaptativos no que se refere à gestão da água.

Os sistemas hídricos abordados como sistemas complexos adaptativos (CAS- *Complex Adaptive System*) podem ser simulados por meio de modelos baseados em agentes –(*Agent Based Model-ABM*) (Holland, 1995) que têm suas raízes na área da robótica, no campo da inteligência artificial e nos sistemas multiagentes, porém os ABM não podem ser concebidos só como simulações com agentes artificiais, pois, suas principais peculiaridades estão em modelar o comportamento social e a tomada de decisões individuais (de seres vivos em geral, incluindo o ser humano) que representam a interação social, colaboração, e comportamento de grupo (Bonabeau 2002; Macal e North, 2010).

Os ABM conseguem modelar sociedades artificiais que permitem a concepção de entidades de manejo dos recursos naturais (Ducrot *et al.*, 2004), dando importância à dinâmica de níveis de organização (dos consumidores dos recursos e dos provedores) que atuam através de regras e agentes (Rammel *et al.*, 2007).

Considerando o anterior, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar a contribuição de modelos comportamentais baseados em agentes para a definição de medidas de redução de consumo de água em domicílios de centros urbanos residenciais durante situações de escassez hídrica. Na pesquisa foram consideradas variáveis como renda, escolaridade, estação do ano e variabilidade na vazão dos mananciais, para observar o comportamento de consumo de água dos agentes e realizar recomendações de gestão da água de acordo com o nível de adaptabilidade dos agentes.

Para análise dessa questão, foi tomado como caso de estudo a área residencial urbana de Brazlândia/DF, que possui um sistema de abastecimento de água sem interligações com outros sistemas hídricos do Distrito Federal. A pesquisa permitiu realizar uma caracterização do consumidor de água local, capturando as percepções dos consumidores frente a medidas

de gestão vigentes no Distrito Federal-DF durante o período de 2015 a 2017 implantadas por causa da redução da disponibilidade hídrica da Região.

A metodologia proposta nessa pesquisa foi desenvolvida a partir da caracterização da capacidade de adesão do agente às medidas de gestão de água implementadas, utilizando modelos computacionais que permitiram simular o consumo de água a partir do comportamento dos atores e suas preferências quanto às políticas propostas no modelo, considerando a área de estudo como um sistema complexo adaptativo a ser representado por meio de modelagem baseada em agentes.

Foi realizada uma simulação dos agentes sociais através de uma parceria com o Departamento de Ciências da Computação da Universidade de Brasília para construir uma ferramenta de simulação denominada *Hydric-Agent* que considerou entrevistas em campo e a construção de um modelo conceitual realizadas pela pesquisadora para estudar o comportamento dos agentes frente a políticas de uso de água. Os consumos de água obtidos na simulação de agentes foram simulados em cenários de variabilidade hídrica das fontes de abastecimento de água da área de estudo mediante a integração de *Hydric-Agent* com a plataforma *Water Evaluation and Planning-WEAP* (SEI,2001) permitindo avaliar o impacto das medidas de gestão adaptativa da água e a necessidade da integração de ferramentas que auxiliassem as tomadas de decisão nesse tipo de cenários de disponibilidade hídrica.

A pesquisa considera duas hipóteses: H1, o comportamento do usuário influencia na efetividade das ações de gestão da água na área urbana, em épocas de crise hídrica. H2, os sistemas de suporte à decisão para gestão da demanda do recurso hídrico é favorecido pela incorporação de modelos comportamentais (ABM) na simulação de sistemas hídricos. Os itens a seguir apresentam a estrutura do projeto de pesquisa, iniciando pelos objetivos no capítulo 2. No capítulo 3 e 4 será apresentada a fundamentação teórica e revisão bibliográfica sobre sistemas complexos adaptativos, modelagem de sistemas complexos, Modelos Baseados em Agentes (ABM) e Gestão adaptativa dos recursos hídricos. No capítulo 5 será descrita a área de estudo. No capítulo 6 será apresentada a metodologia desenvolvida no projeto de pesquisa. Enquanto no capítulo 7 serão apresentados resultados e análises da pesquisa.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a contribuição de modelos comportamentais baseados em agentes para a definição de medidas de redução de consumo de água em domicílios de centros urbanos residenciais durante situações de escassez hídrica.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Os seguintes objetivos específicos foram implementados a fim de corroborar com o objetivo geral dessa pesquisa:

-Caracterizar o sistema complexo adaptativo da área de estudo para identificar os atores do sistema e seus padrões de comportamento referentes ao consumo de água;

-Avaliar a adaptabilidade dos agentes residenciais frente a ações de gestão da água em situações de crise hídrica do sistema complexo adaptativo analisado na pesquisa;

-Avaliar o comportamento de consumo de água histórico da área urbana residencial de Brazlândia, considerando as diferentes políticas estabelecidas no período de 2014-2015;

-Analisar a contribuição da utilização de modelos de simulação de sistemas hídricos e de simulação de agentes para estabelecer políticas de gestão adaptativa de água em períodos de escassez hídrica em ambientes urbanos residências.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, mostrar-se-á a fundamentação teórica e revisão bibliográfica com temáticas relacionadas a sistemas complexos adaptativos, gestão adaptativa da água e sistemas multiagentes que permitiram desenvolver a pesquisa.

3.1. SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS-CAS

Os sistemas complexos adaptativos (CAS- *Complex Adaptive System*) são caracterizados pelas interdependências através de várias escalas que são dirigidas por interações mútuas entre o institucional, o ecológico, tecnológico e socioeconômico. Os CAS estão baseados em comportamentos complexos, resultado das interações entre os componentes do sistema (ou agentes) ou, entre os componentes do sistema (ou agentes) e o ambiente. Através dessa interação e do aprendizado com o ambiente, o sistema modifica seu comportamento para se adaptar às mudanças (Rammel *et al.*,2007).

Mitchel (2009) define um sistema complexo como um sistema de grandes redes de componentes que não tem controle central e trabalha com regras simples de operação dando origem a comportamentos complexos coletivos, processamento de informações sofisticadas e adaptação via aprendizagem ou evolução.

Os sistemas complexos também podem incorporar níveis hierárquicos com diferentes escalas espaciais e temporais baseadas num “diálogo co-evolucionário” onde as mudanças ambientais estão relacionadas com adaptações que surgem dentro do sistema socioeconômico em termos de alterações das instituições, tecnologias, políticas, percepções e do comportamento (Rammel *et al.*,2007).No âmbito dos recursos hídricos os CAS também permitem visualizar a interação entre o crescimento populacional, a mudança de uso do solo, os processos hidrológicos, o consumo residencial da água e as práticas conservacionistas (Giacomoni e Zechman ,2010) ou simular estratégias de consumo e conservação de água (Kanta e Zechman , 2014).

Sichman (2015) cita algumas características dos sistemas complexos:

- **Emergência:** É um padrão de comportamento que ocorre conforme aumentam as interações das entidades e a complexidade do sistema, e que pode ser significativamente diferente do comportamento do sistema em níveis mais baixos de complexidade. O surgimento de propriedades ou comportamentos coletivos emergentes, não podem ser identificados em nenhuma de suas unidades formadoras, pois surgem do processo de competição e cooperação locais das entidades do sistema, de forma repetitiva e imitativa (Blashkovich, 2014).

Um exemplo disso pode ser observado no desenvolvimento territorial e na gestão do recurso hídrico para consumo humano na cidade. Nesse caso o agente como indivíduo não é responsável pelo desenvolvimento do território, em vez disso as ações e interações dos diferentes atores como residentes e políticos e os fatores como a disponibilidade dos serviços de saneamento determinam esse desenvolvimento.

Na gestão do recurso hídrico, no caso particular da gestão da água para consumo urbano, também é resultado emergente dos atores (companhia de saneamento, decisores, consumidores etc.) atuando em conjunto. Essas propriedades emergentes retroalimentam-se afetando as decisões individuais, dessa maneira o desenvolvimento de um território pode ser afetado pelas áreas já ocupadas e pelos comportamentos estabelecidos nesse local.

A evolução do uso do solo também pode ser afetada pela disponibilidade de recurso hídrico e a infraestrutura para consumo de água potável, ou pelo contrário a disponibilidade de água pode afetar a ocupação da paisagem. Esse comportamento mostra outra propriedade importante dos CAS chamada dependência de trajetória.

- **Heterogeneidade:** esta característica resulta de uma propriedade intrínseca (ou previamente adquirida) do agente, que tem suas próprias preferências. Isso pode ser observado no comportamento diverso dos usuários referente ao uso da água, pois dependendo das suas necessidades e preferências, ter-se-á um consumo de água excessivo ou não que pode afetar o sistema hídrico.

- **Robustez:** Esta característica determina a capacidade do sistema de manter o comportamento depois de remover algum componente do subsistema ou provocando alguma

perturbação. Esta propriedade é desejável nas políticas públicas, que visam não ser alteradas por causa de ações individuais ou alterações no sistema.

- Resiliência: Esta propriedade indica a capacidade adaptativa para se reorganizar numa estrutura diferente mantendo a função do sistema. A resiliência está relacionada com o *feedback* que leva à aprendizagem e auto-organização dos atores e sistemas conforme surgem novas condições. Esta propriedade pode estar representada na capacidade dos usuários da água em se adaptar às políticas de consumo para manter a disponibilidade do recurso hídrico.
- Não linearidade: as interações dos indivíduos raramente seguem regras lineares. Cada ator tem comportamentos e interações diferentes.
- Sistemas abertos: os indivíduos entram e saem dinamicamente do sistema sem uma governança global.

Os CAS podem ser simulados mediante diferentes modelos, entre eles existem os Modelos Baseados em Agentes (*ABM-Model Based Model*) que podem utilizar sistemas multiagentes (Holland, 1995) que modelam a interação entre as partes permitindo entender as consequências das decisões sobre os diferentes atores e seus comportamentos (Akhbari e Grigg, 2013). Os ABM conseguem modelar sociedades artificiais relacionadas com o manejo dos recursos naturais (Ducrot *et al.*, 2004), dando importância à dinâmica de níveis de organização (dos consumidores dos recursos e dos provedores) que atuam através de regras e agentes (RAMMEL *et al.*, 2007).

Outro modelo que permite simular os CAS é o *cellular automata* (Wolfram, 1983) composto por três elementos principais: uma rede, um conjunto de estados permitidos e vizinhança, definidos pela estrutura e regras de transição considerando um componente temporal (BATTY, 2001).

O comportamento adaptativo e evolutivo dos métodos utilizados em sistemas complexos permite que os indivíduos modelados não mudem seu comportamento uma única vez frente a uma nova política, mas que se adaptem e evolua seu comportamento ao longo do tempo. A aprendizagem automática desses sistemas permite inferir modelos em nível do indivíduo

a partir de grandes conjuntos de dados, sendo útil para avaliar como uma nova política pode afetar as decisões dos indivíduos (RAND, 2015).

3.2. SISTEMAS MULTIAGENTES-SMA

O Sistema Multiagente -SMA pode ser definido como uma coleção de entidades autônomas que interagem uns com os outros e com seu ambiente (Ferber, 1999). Essas entidades geralmente são nomeadas agentes. Uma das vantagens dos SMA na área de recursos hídricos é que essa abordagem de modelagem também pode representar as relações sociais e institucionais entre os usuários de água permitindo capturar os fenômenos sociais como ação coletiva (Berger *et al.*, 2007) e sua influência no alcance dos objetivos e metas de programas, ações e medidas de gestão dos recursos hídricos.

No SMA um agente é descrito como um instrumento para análise de sistemas, é qualquer entidade que percebe seu ambiente através de sensores e age sobre ele (Russel e Norving, 2002). O ambiente (sistema) em que o agente irá atuar delimitará a abrangência de suas percepções e ações. Segundo Wooldridge e Jennings (1995) os agentes possuem as seguintes características:

- ✓ Autonomia: tem a capacidade de operar, seguir instruções e tomar decisões sem intervenção de outros, tendo o controle de suas ações. Quando o agente aprende por experiência e altera seu comportamento, tem autonomia funcional. Dessa maneira os agentes são mais flexíveis adaptando-se a novas condições do ambiente (Russel e Norvig, 2000);
- ✓ Habilidade social: os agentes interatuam com outros agentes;
- ✓ Reatividade: são capazes de perceber seu ambiente e responder às mudanças que ocorrem nele;
- ✓ Proativos: os agentes não só atuam com seu ambiente, eles têm a capacidade de ter um comportamento dirigido a objetivos, tomando a iniciativa.

Nwana (1996), além da autonomia, propõe como características dos agentes os atributos de cooperação e aprendizagem de cuja combinação deriva quatro tipos de agentes principais:

agentes colaborativos, agentes colaborativos com capacidade de aprendizagem, agentes de interface e agentes verdadeiramente inteligentes.

Um agente inteligente é um sistema computacional (*hardware* ou *software*) situado em um determinado ambiente, capaz de realizar uma ação autônoma flexível (reativo, proativo e social) dentro do ambiente para executar objetivos predeterminados (Wooldridge, 2002).

Os agentes podem ser categorizados como (Russel e Norving, 2000):

- Agentes Reflexivos Simples (Reativos): As ações são respostas das ações percebidas no momento sem considerar o percebido anteriormente (memória). São considerados os tipos de agentes mais simples.
- Agentes Reflexivos baseados em modelos¹: o agente mantém algum tipo de estado interno que depende do estado anterior e do percebido no ambiente.
- Agentes baseados em objetivos: O agente define um objetivo para saber as situações desejadas, dessa maneira o agente pode escolher ações diretas ou complexas que alcancem o objetivo e a tomada de decisão envolve a consideração do futuro e implica a pesquisa e planejamento prévio. Este tipo de agente é mais flexível já que diferentes comportamentos podem ser obtidos para o mesmo estado do mundo.
- Agentes baseados em utilidade: a utilidade será maior se o estado atual do mundo estiver próximo aos objetivos. Os agentes baseados em utilidades são mais racionais, pois avaliam a utilidade da execução de uma determinada ação.

Considerando essas características um agente racional ideal deve saber se sua ação maximizará sua medida de desempenho, baseado na evidência da sequência de percepção e do conhecimento que ele tem ou adquiriu (Russel e Norvig, 2002).

Russell e Norvig (2002) também sugerem a caracterização de agentes por meio da metodologia denominada de PAGE (acrônimo para *Perceptions, Actions, Goals e Environment*). Nesse caso o agente percebe estímulos do ambiente por meio de sensores; as

¹ Também chamados Agentes com estado interno

ações (decisões) são consequências das percepções que são utilizadas para alcançar um objetivo.

O ambiente é o mundo, representado de forma virtual, onde atuam os agentes. O ambiente pode ser representado por espaços geográficos (como o caso de cidades, bairros, moradia) ou por locais onde os agentes atuam e tomam decisões (Gilbert,2007).

Russel e Norving (2002) classificam os ambientes da seguinte forma:

- ✓ Acessível ou Inacessível: No ambiente acessível o agente consegue obter informação atualizada e completa do ambiente.
- ✓ Determinístico ou Não determinístico: no ambiente determinístico a ação selecionada pelo agente determina o próximo estado do ambiente, cada ação tem um efeito único sem incertezas nos resultados.
- ✓ Estático ou Dinâmico: o ambiente estático é inalterado, no dinâmico o ambiente pode mudar enquanto os agentes interagem.
- ✓ Discreto ou Contínuo: É discreto quando o número de percepções e ações são finitas.

A fim de representar e conceber agentes que se diferenciam por suas características e habilidades podem ser utilizadas ferramentas de programação com arquiteturas de *software* que facilitam a construção e concepção do comportamento de agentes em seus sistemas complexos. Existem vários tipos de arquiteturas de *software* de agentes, tais como (Russel e Norvig, 2002):

- Arquitetura Reativa: Os agentes respondem passivamente a outros agentes e ao ambiente (Berglund,2015), com base em mecanismos estímulo-resposta.
- Arquitetura Cognitiva ou Deliberativa: Os agentes desenvolvem ações ou tomam decisões através de um raciocínio lógico. A arquitetura BDI (Bratman, 1987) (*Believe, Desire, Intention*) é muito utilizada onde o comportamento humano é modelado segundo as crenças, desejos e intenções do agente.
- Arquitetura Híbrida: combina componentes das arquiteturas reativas e deliberativas.

3.2.1. Modelo Conceitual para construção de sistemas multiagentes

Como apresentado no item 3.1 os sistemas complexos adaptativos podem ser simulados mediante sistemas multiagentes os quais devem ser concebidos adequadamente para obter resultados satisfatórios. O modelo conceitual é o passo inicial para simulações orientadas a agentes, pois permite entender o seu comportamento, interações e requisitos necessários para que o sistema funcione.

Para entender a construção de modelos conceituais para sistemas multiagentes (tratados como sistemas complexos adaptativos) é necessário entender as bases do modelo. Para Pace (2000) o modelo conceitual é a maneira como o desenvolvedor traduz os requisitos do modelo em uma estrutura detalhada que permite visualizar como deverá ser realizada a simulação e construído o *software*; para Robinson (2004) o modelo conceitual é uma descrição não específica do *software* do modelo de simulação a ser desenvolvido que descreve os objetivos, recursos, saídas, conteúdo, pressupostos e simplificações do modelo. A construção de um modelo conceitual permite ter uma visão do que deve ser representado na simulação e como realiza-lo considerando o comportamento dos atores, a interação entre eles e seu ambiente como também as motivações que modificam a tomada de decisões.

Existem algumas características do modelo conceitual e sua definição, dentre elas tem-se (Robinson,2004): (i) O modelo conceitual consiste em passar de uma situação problemática para uma definição do que será modelado e como será realizado através dos requisitos do modelo. (ii) A modelagem conceitual é iterativa e repetitiva, sendo o modelo revisado continuamente ao longo de um estudo de modelagem (iii) A simulação do modelo conceitual deve ser o principal mecanismo para a comunicação clara e completa entre o desenvolvedor, *designer* do *software* e os usuários da simulação (Pace, 2000) (iv) O modelo conceitual é uma representação simplificada do sistema real.

A simulação do modelo conceitual abrange: o contexto de simulação, o conceito de simulação e espaço de simulação, como é apresentado na Figura 3.1. O contexto de simulação frequentemente é uma coleção de indicadores e referências que definem

comportamentos e processos para entidades que serão representadas dentro da simulação. A informação contida no contexto de simulação estabelece as fronteiras para a construção do modelo. O conceito de simulação compreende a representação do espaço que inclui todos os elementos de simulação e especifica como eles interagem entre si, incluindo informação adicional, tanto funcional como operacional, necessárias para que a simulação alcance seus objetivos. Quanto ao espaço de simulação, ele contém toda a informação adicional (recursos de pausa, reinicialização, coleta de dados e capacidades de exibição) necessária para explicar como a simulação alcançará os objetivos (PACE, 2000).

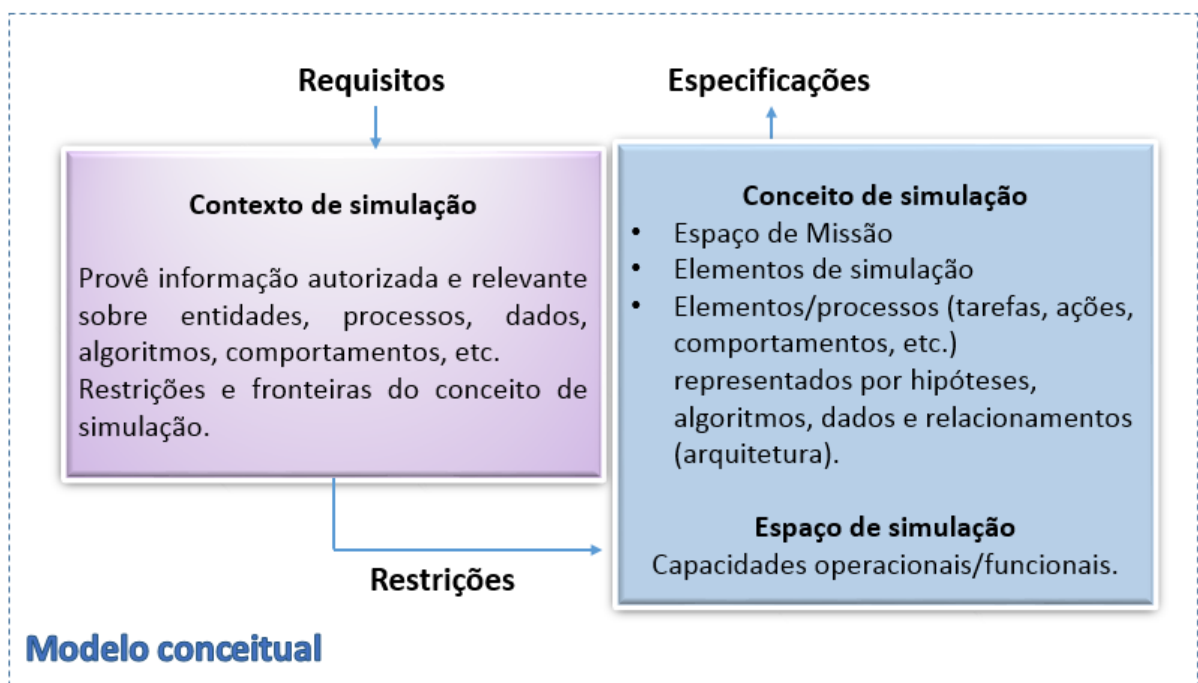


Figura 3.1- Componentes do modelo conceitual. Modificado de (Pace, 2000)

Segundo Pace (2000) há quatro passos a serem realizados para o desenvolvimento de um modelo conceitual, conforme apresentado na figura 3.2. Primeiro é necessário coletar as informações relevantes sobre o contexto de simulação que inclui suposições, algoritmos, características, interações, dados, etc. que possibilitem identificar e descrever os possíveis estados, comportamentos e atributos do sistema. No segundo passo são tomadas as decisões entre as entidades, suas representações como entidades singulares e como comunidades ou subsistemas. O terceiro passo é a definição dos elementos de simulação, onde são tomadas as decisões sobre o nível de precisão, resolução dentre outras, necessárias para a

representação de uma entidade ou processo. No quarto e último passo são definidos os relacionamentos entre os elementos da simulação a fim de garantir que as restrições e fronteiras impostas pelo contexto da simulação sejam respeitadas.

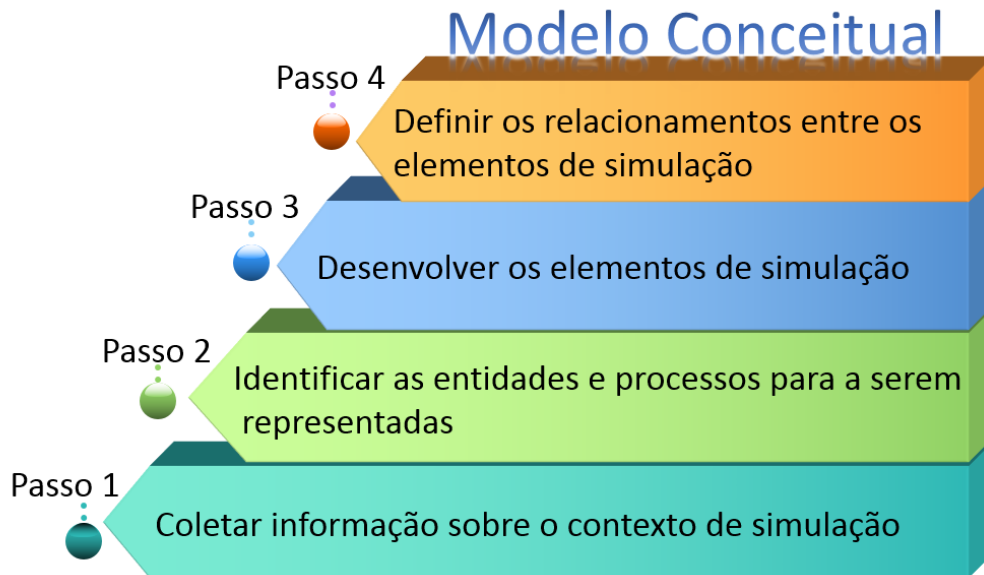


Figura 3.2-Passos para o desenvolvimento do modelo conceitual. Adaptado de (Pace,2000)

O *framework* de modelagem i^* (Yu,1995) é muito utilizado como base de *softwares* para construção de modelos conceituais. O framework facilita a tomada de decisões em todas as etapas, desde os requisitos iniciais até o *design* detalhado considerando algumas das etapas anteriormente mencionadas. O nome i^* está relacionado à noção de intencionalmente distribuído, baseando-se num ator estratégico e intencional. O *framework* i^* conta com dois modelos diferentes (Yu,1995):

✓ Modelo SD (modelo de dependências estratégicas -*Strategic Dependency*): consiste em uma rede de nós (atores) e *links* (*dependum*) entre os nós que indicam dependência entre eles para alcançar algum objetivo. O primeiro ator é denominado “*dependor*” ou “dependente” e o segundo “*dependee*” ou “de quem depende”. Os tipos de dependência, apresentados na figura 3.3, são (Yu,1995):

- Dependência por meta (objetivo): O ator tem uma meta a cumprir e depende de outros para a ação para que a meta seja alcançada.

- Dependência por tarefa: O ator depende de outro para que a tarefa seja desempenhada, esta dependência determina como e não por que a tarefa deve ser desempenhada.
- Dependência por recurso: o ator depende de outro para a disponibilização de uma entidade (física ou computacional). O *dependor* pode usar a entidade como um recurso.
- Dependência por meta flexível (objetivo secundário): um ator depende de outro para que desempenhe uma tarefa que permita alcançar uma meta flexível

Na Figura 3.3 são apresentados alguns exemplos de dependências entre os atores, na dependência por meta o consumidor de água depende da companhia de água para alcançar a meta de conhecer o consumo de água da sua residência; na dependência por recurso o consumidor de água depende da companhia para ter a fatura da conta de água; na dependência por tarefa, o consumidor de água depende do bombeiro hidráulico para que seja realizada a tarefa de consertar o vazamento de água e na dependência por meta flexível o consumidor de água depende da companhia de água para alcançar a meta de se sentir satisfeito no atendimento que a empresa fornece

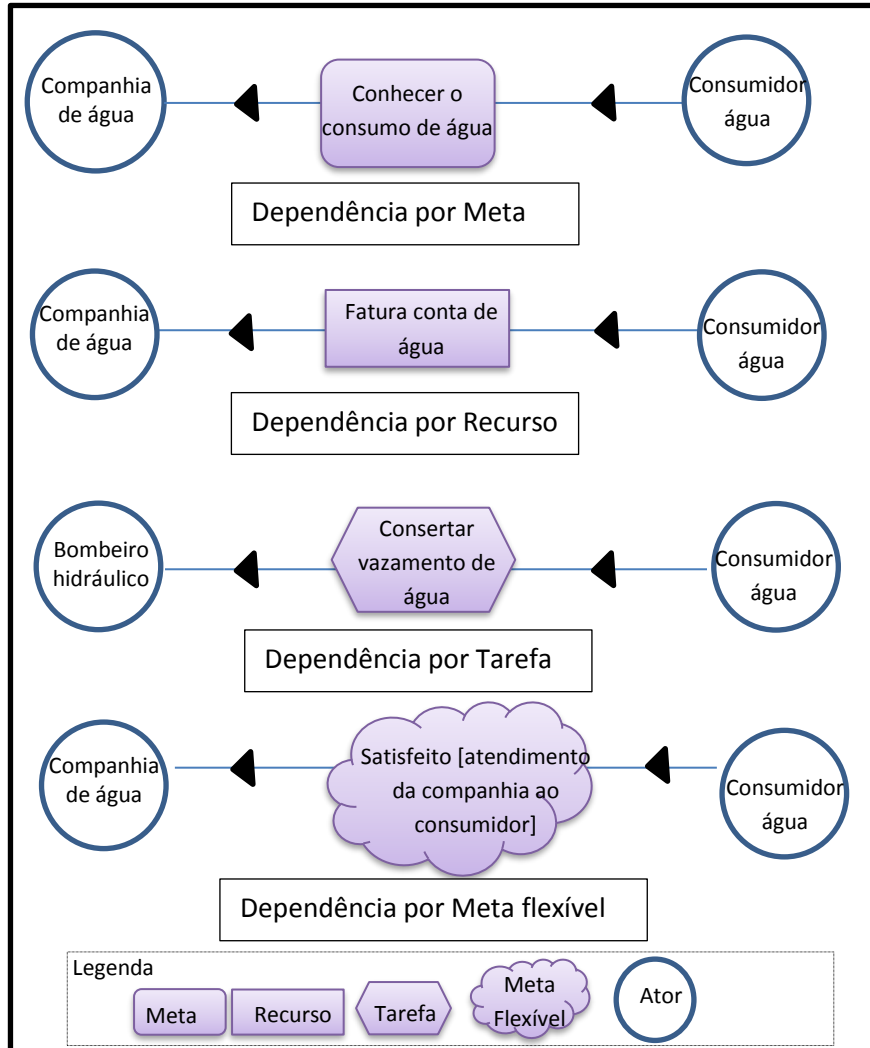


Figura 3.3- Tipos de dependência entre os atores

✓ Modelo SR (modelo de razões estratégicas – *Strategic Rationale*): O modelo SR descreve os relacionamentos intencionais que são internos aos atores, por meio de relacionamentos “meio-fim” onde é desenhada uma seta direcionada para o nó fim, que pode ser uma meta alcançada, uma tarefa realizada, um recurso a ser produzido ou uma meta flexível a ser satisfeita, como apresentado na figura 3.4. Os tipos de relacionamentos meio-fim são: meta-tarefa, o “fim” é a meta e o “meio” é a tarefa que pode ter vários componentes; recurso-tarefa, o “fim” é o recurso e o “meio” a tarefa; meta flexível-tarefa, o “fim” é a meta flexível e “meio” a tarefa; meta flexível-meta flexível, o “fim” e o “meio” são as metas flexíveis. O

relacionamento meta flexível-meta flexível possui um tipo de contribuição que pode ser positiva (+) ou negativa (-) e neutra (?).

A figura 3.4 mostra um exemplo de relacionamento meio-fim, nesse caso a meta da Companhia fornecedora de água é que os consumidores paguem as contas de água e a tarefa meio é receber o pagamento do cliente, esta tarefa se descompõe em duas submetas flexíveis que são que a fatura de água esteja correta e que o cliente pague na data certa, igualmente existe uma submeta a qual é que o consumidor de água seja cobrado (fatura). Nesse caso receber o pagamento do cliente contribui positivamente à meta flexível que é oferecer um serviço de qualidade.

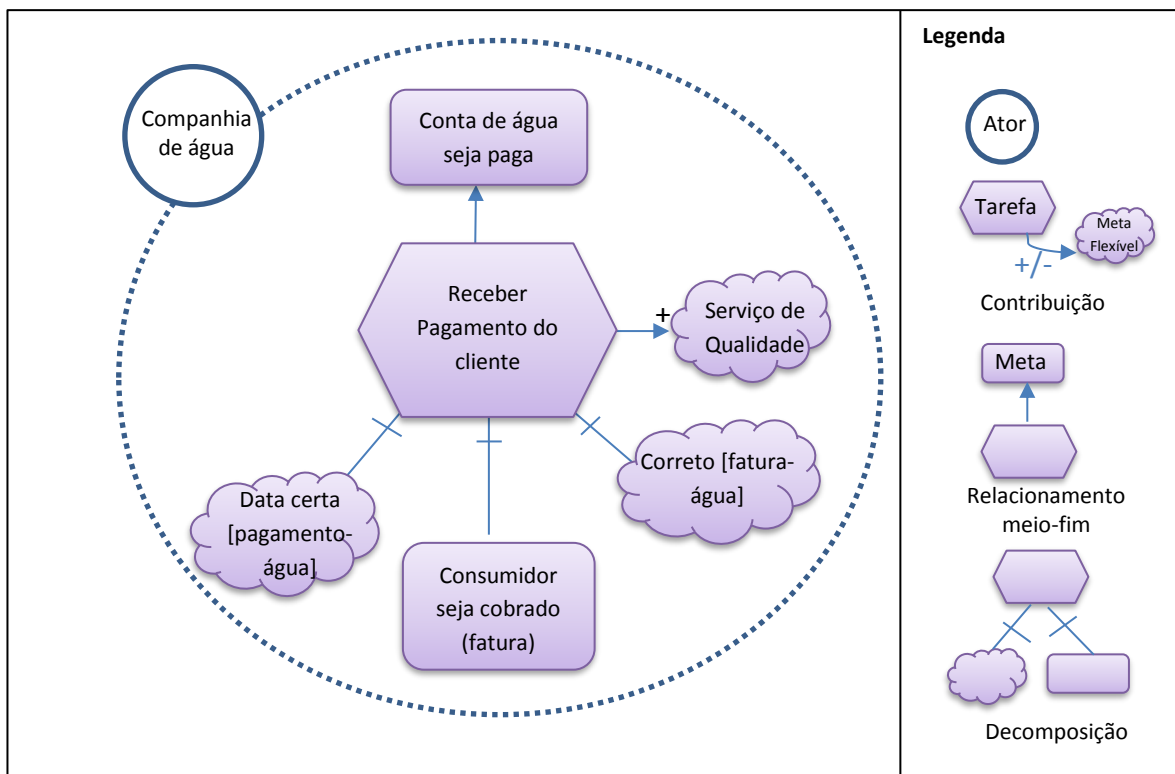


Figura 3.4- Exemplo relacionamento meio-fim

3.2.2. Arquitetura BDI

Uma das arquiteturas mais utilizada em sistemas multiagentes é a arquitetura BDI (Bratman, 1987) onde o agente é descrito como uma entidade que possui um estado computacional

análogo ao *estado mental*, ou seja, com componentes mentais como crenças, desejos, capacidades, escolhas, compromissos etc. No caso do BDI os agentes possuem um processamento interno utilizando estados mentais (*Believe, Desire, Intention*) e o controle de decisões por meio de escolhas racionais. Os estados mentais do BDI são descritos como:

- *Crença (Believe)*: segundo Bratman (1987) crenças são as informações que o agente possui sobre o ambiente, os agentes e sobre ele mesmo. É o conhecimento do mundo (ambiente) de forma explícita.
- *Desejos (Desire)*: são estados do ambiente que o agente gostaria de atingir, motivam o agente para agir de tal forma que alcance suas metas, porém ter um desejo não significa necessariamente que o agente vai tentar atingi-lo. Os desejos podem estar em conflito com outras crenças e é com base nesses desejos que o agente seleciona suas intenções.
- *Intenções (Intentions)*: contém o plano de ação escolhido. Representam o componente deliberativo do sistema.

Weiss (1999) define os seguintes componentes importantes de uma arquitetura BDI (Figura 3.5):

- Um conjunto de crenças representando as informações que o agente tem sobre seu ambiente atual;
- Uma função de revisão de crenças. Um novo conjunto de crenças é formado a partir das entradas dos dados coletados do meio e das crenças atuais do agente;
- Uma função geradora de opções, que determina as opções disponíveis para o agente, ou seja, seus desejos, tendo como base suas crenças atuais sobre seu ambiente e suas intenções atuais;
- Um conjunto de opções representando os desejos atuais do agente;
- Uma função filtro de deliberação que determina as intenções dos agentes, tendo como base suas crenças, desejos e intenções atuais;
- Um conjunto de intenções atuais, representando o foco atual do agente;
- Uma função de seleção de ação, responsável por determinar a ação a ser executada pelo agente baseada no conjunto de intenções atuais.

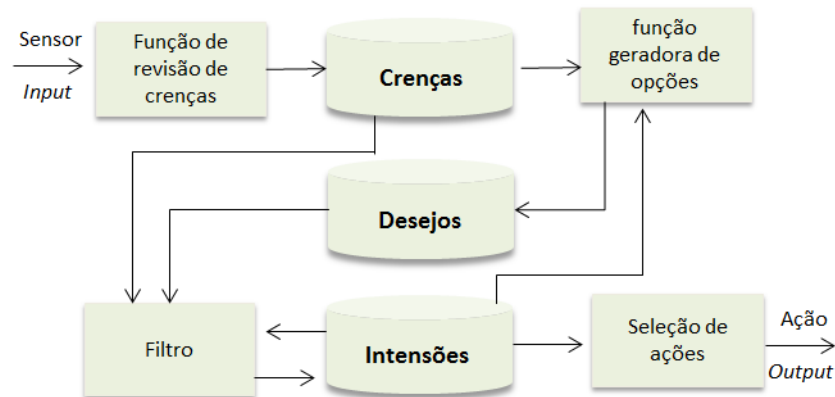


Figura 3.5-componentes do BDI , modificado de (Weis, 1999)

Existem várias implementações para arquitetura BDI, dentre elas se encontram o *Procedural Reasoning System (PRS)* (AIC,2001) para comportamentos reativos e orientados a objetivos, é uma estrutura para construir o raciocínio em tempo real de sistemas que podem executar tarefas complexas em ambientes dinâmicos e o dMARS (D'Inverno *et al*, 2004) que é uma reimplementação mais rápida e robusta do PRS em C ++, é um framework para a construção de sistemas de domínios dinâmicos onde há conhecimento incerto e complexo.

3.2.3. Modelagem Baseada em Agentes

Existem ferramentas para desenvolvimento de sistemas multiagentes que possuem uma estrutura pronta para criação de agentes inteligentes oferecendo flexibilidade ao usuário, algumas delas são:

- Jack (AOS,2005) que permite a criação das unidades funcionais, gerando o código automaticamente, é um framework para o desenvolvimento de sistemas multi-agentes e construído pela AOS (*Agent Oriented Software*). A linguagem utilizada pelo JACK (*JACK Agent Language*) é construída a partir da linguagem *Java* podendo ser usada no desenvolvimento de agentes
- JAM (Huber, 2011): Este framework para agentes inteligentes foi desenvolvido com base nas arquiteturas de agentes inteligentes do PRS (*Procedural Reasoning System*) e sua implementação é chamada UMPRS

- JADE (JADE,2017]: JADE é um framework orientado a objetos, escrito em *Java*, implementa a arquitetura proposta pela FIPA- *Foundations of Intelligent Physical Agents* para a definir o protocolo de interação no sistema.
- JADDEX (Baubrach *et al*, 2004): é um mecanismo de raciocínio orientado a agentes para escrever agentes racionais em *Java*. É uma plataforma de desenvolvimento orientado a agentes, integrado a Jade, no qual agentes racionais são escritos em XML (*Extensible Markup Language*) e na linguagem de programação *Java*. Seus principais componentes são:
 - Capacidades: Permitem que crenças, planos e objetivos sejam colocados num módulo de agente. Podem conter subcapacidades.
 - Crenças: Representam o conhecimento do agente sobre seu ambiente. Pode ser qualquer objeto Java, e são armazenadas em uma base de crenças.
 - Objetivos: Objetivos motivacionais do agente orientam suas ações. Jadex trata-os como desejos concretos e momentâneos e não como eventos especiais, como em outros sistemas BDI.
 - Planos: Representam a forma como o agente atuará em seu ambiente. Planos são selecionados em resposta à ocorrência de eventos ou objetivos. A seleção de planos é feita automaticamente pelo sistema.
 - Eventos: podem ser de dois tipos. Eventos internos detonam uma ocorrência dentro do agente. Eventos mensagem representam uma comunicação entre agentes.

O raciocínio no Jadex é um processo composto por dois componentes intercalados. Por um lado, o agente reage a mensagens recebidas, eventos internos e objetivos, selecionando e executando planos (raciocínio de meio final). Por outro lado, o agente delibera continuamente sobre seus objetivos atuais, para decidir sobre um subconjunto consistente, que deve ser perseguido.

Para desenvolver a modelagem baseada em agentes existem diferentes plataformas que utilizam as ferramentas anteriormente citadas, como caso do MASE- *Multi-Agent System for Environmental Simulation* (Coelho *et al.*,2016) desenvolvido pelo Departamento de Ciências da *Computação* da Universidade de Brasília.

MASE utiliza sistemas multiagentes para entendimento de uso e transformação de cenários ambientais, permite entradas de regras, espaço e atributos espaciais por meio de arquivos

descritores e imagens para que uma simulação seja executada e resultados possam ser obtidos. Sua estrutura foi implementada em *Java* e seu *framework* em *Jade*. A plataforma também foi implementada aplicando o modelo BDI nomeado como MASE-BDI utilizando *Java* com o *framework* JADDEX, que adiciona uma camada abstrata ao JADE para a representação do modelo BDI e outras funcionalidades (Coelho *et al.*, 2016). Além do MASE existem outras plataformas apresentadas na tabela 3.1.

Tabela 3.1-Plataformas utilizadas para ABM (Gilbert (2007, p. 50), Najlis *et al.*, (2001) *apud* Chen, 2012).

Plataforma	SWARM	REPAST	MASON	STARLOGO	NETLOGO
Desenvolvedor	Instituto Santa Fe	Departamento de pesquisa em computação e ciências sociais, Universidade de Chicago	Centro para Complexidad e Social, Universidade de George Manson	Laboratório Media, Instituto de Tecnologia de Massachusetts	Centro de aprendizagem conectado e modelagem baseada em computador
Data de criação	1996	2000	2003	1999-2000	1999
Website	http://www.swarm.org/mailman/listinfo	http://repast.sourceforge.net	http://cs.gmu.edu/~eclab/projects/mason	http://education.mit.edu/starlogo	http://ccl.northwestern.edu/netlogo/
Linguagem da modelagem	Object-C,Java	Java/Python/Microsoft.NET	Java	Scripting do proprietário	Scripting do proprietário
Sistema operacional	Windows,UNIX, Linux, Macosx	Windows,UNIX, Linux, Macosx	Windows,UNIX, Linux, Macosx	Windows,UNIX, Linux, Macosx	Windows,UNIX, Linux, Macosx
Capacidades de programação requeridas	Alta	Alta	Alta	Básica	Básica
Integração com funções de GIS	Sim	Sim	Não	Não	Sim
Componentes estatísticos/gráficos/mapeamento	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Documentação	Parcial	Limitada	Limitada	Limitada	Boa
Base de usuários	Decrescente	Grande	Em aumento	Média	Moderada
Velocidade de execução	Moderada	Rápida	Muito rápida	Moderada	Moderada
Desenvolvedor	Instituto Santa Fe	Departamento de pesquisa em computação e ciências sociais, Universidade de Chicago	Centro para Complexidad e Social, Universidade de George Manson	Laboratório Media, Instituto de Tecnologia de Massachusetts	Centro de aprendizagem conectado e modelagem baseada em computador
Website	http://www.swarm.org/mailman/listinfo	http://repast.sourceforge.net	http://cs.gmu.edu/~eclab/projects/mason	http://education.mit.edu/starlogo	http://ccl.northwestern.edu/netlogo/
Linguagem da modelagem	Object-C,Java	Java/Python/Microsoft.NET	Java	Scripting do proprietário	Scripting do proprietário
Sistema operacional	Windows,UNIX, Linux, Macosx	Windows,UNIX, Linux, Macosx	Windows,UNIX, Linux, Macosx	Windows,UNIX, Linux, Macosx	Windows,UNIX, Linux, Macosx
Capacidades de programação requeridas	Alta	Alta	Alta	Básica	Básica

Tabela 3.2- Continuação da tabela 3.1-Plataformas utilizadas para ABM (Gilbert (2007, p. 50), Najlis *et al.*, (2001) *apud* Chen, 2012).

Plataforma	SWARM	REPAST	MASON	STARLOGO	NETLOGO
Integração com funções de GIS	Sim	Sim	Não	Não	Sim
Disponibilidade de demonstração de modelos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Documentação	Parcial	Limitada	Limitada	Limitada	Boa
Base de usuários	Decrescente	Grande	Em aumento	Média	Moderada
Velocidade de execução	Moderada	Rápida	Muito rápida	Moderada	Moderada
Fácil instalação	Baixa	Moderado	Moderado	Muito fácil	Muito fácil

3.2.4. Modelos baseados em agentes para gestão de recursos hídricos

Recentemente tem aumentado o interesse do uso de modelos baseados em agentes para inserção do componente social às simulações do comportamento de sistemas ambientais para representar a influência da interação socioambiental na implementação de diferentes alternativas de gestão. Em sistemas hídricos, especificamente, tem-se utilizado os modelos baseados em agentes-ABM para obter informações sobre o nível de adaptação dos usuários frente a diferentes políticas que melhorem tanto a disponibilidade de água quanto o nível de satisfação dos mesmos.

Os trabalhos desenvolvidos na área de gestão dos recursos hídricos utilizando ABM também evidenciam a importância da articulação da gestão do recurso hídrico com a gestão do solo e recursos conexos para solucionar os conflitos relativos ao sistema de uma maneira adaptativa, considerando o consumidor como agente social atuante nos sistemas hídricos e, portanto, capaz de alterar o estado do sistema por meio de seus hábitos e comportamentos. Da mesma forma, os atores gestores (instituições) também podem ser representados como agente atuante no sistema por meio da regulação e do gerenciamento dos sistemas hídricos.

Trabalhos que utilizam os modelos baseados em agentes na área da gestão de recursos hídricos mostram-se promissores para análise de aplicação de diferentes políticas e suas implicações, permitindo também explorar mecanismos de resiliência dos sistemas hídricos (Schlüter e Pahl-Wostl, 2007) e entender melhor a complexidade dos usos da água e dos usuários da água em sub-bacias (Berger *et al.*, 2007).

No intuito de melhorar a gestão integrada de recursos hídricos para usuários da água como indústria e agricultura, alguns autores integram ferramentas de modelagem baseada em agentes com sistemas de simulação hídrica, sistemas de informação geográfica, dentre outras que permitam diminuir o estresse hídrico e o consumo de água (Nikolic *et al.*, 2013).

A representação da dinâmica do uso da água para irrigação e o efeito que tem sobre a distribuição espacial e temporal dos recursos hídricos também tem se mostrado importante especialmente em regiões frequentemente assolada por longos períodos de estiagem (semiárido) e com predominância de atividade agrícola irrigada (van Oel *et al.*, 2010).

Considerando essa problemática, é interessante explorar a influência de estratégias alternativas de operação de reservatórios e de alocação do uso da água, na distribuição do uso da água, mediante uma abordagem de simulação multiagente, considerando as influências naturais e antrópicas na disponibilidade de água para redução do conflito pelo uso da água (van Oel *et al.*, 2012). O comportamento dos usuários da água na área rural (agricultores) também pode ocasionar problemas com a qualidade de água, o que também tem sido analisado em trabalhos com uso de sistemas multiagentes (Ng, *et al.*, 2011; Mazzega *et al.*, 2014).

Além dessas abordagens na gestão do recurso hídrico se faz necessário aprofundar na temática de uso e manejo de água por parte dos consumidores que pode fazer a diferença nas tomadas de decisão referente a este recurso (Galán *et al.*, 2009; Akhbari e Grigg, (2013,2014,2015); Holtz e Pahl-Wostl, 2012; Belaqziz *et al.*, 2013; Farhadi *et al.*, 2016), considerando também os processos de governança e políticas de uso da água (Wise e Crooks, 2012; Giuliani e Castelletti (2013); Mulligan, *et al.*, 2014; Castilla-Rho *et al.*, 2015; Leclert *et al.*, 2016, Han *et al.*, 2017), que permitam desenvolver uma gestão adaptativa dos sistemas hídricos abordados como sistemas complexos.

Medidas e ações impostas em planos emergenciais podem alcançar diferentes níveis de efetividade conforme a adesão e a resposta apresentada por usuários do sistema. Campanhas educativas, rodízio ou racionamento do abastecimento, tarifas de contingência ou bonificações por redução de consumo são exemplos de medidas cujas efetividades estão diretamente relacionadas ao comportamento do usuário do sistema.

Tais medidas buscam atenuar as consequências de um período prolongado de escassez hídrica, porém é importante considerar que a adequada adoção (aceitação) dessas estratégias por parte da população pode afetar o resultado esperado ou sua efetividade. Um modelo baseado em agentes que represente essa situação pode contar com agentes em diferentes papéis, tais como usuários comerciais, usuários residenciais, companhias de abastecimento, agências reguladoras, comitês de bacias hidrográficas, associações de comunidades, dentre outros.

Considerar os sistemas hídricos como sistemas complexos adaptativos-CAS permite visualizar a interação entre o crescimento populacional, a mudança de uso do solo, os processos hidrológicos, o consumo residencial de água e as práticas conservacionistas (Giacomoni e Zechman ,2010) ou simular estratégias de consumo e conservação de água, segundo as demandas do recurso (Kanta e Zechman ,2014) como também para avaliar estratégias adaptativas na gestão dos recursos hídricos.

Existem vários estudos que utilizam ABM para o desenvolvimento de políticas relacionadas a sistemas de abastecimento urbano onde são avaliadas as dinâmicas entre políticas de recursos hídricos e políticas de recursos conexos (Ducrot *et al.*, 2004), no caso dos trabalhos de Giacomoni *et al.*, (2013) e Koutiva e Makropoulos, (2016) essas políticas são avaliadas abordando o sistema hídrico urbano como complexo considerando as diferentes dinâmicas que nele se desenvolvem , tornando o processo de gestão mais adaptativo, Kanta e Zechman,(2014), desenvolvem abordagens similares integrando modelos estocásticos de demanda.

Para avaliar as políticas de demanda de água sob diferentes cenários é necessário considerar o comportamento do consumidor de água e as mudanças no sistema, para isso muitas vezes

são utilizadas plataformas virtuais como no caso do trabalho de Ma e Li, (2015) que utilizaram um modelo integrado de tomada de decisão *on-line* para a gestão sustentável dos recursos hídricos, utilizando uma simulação baseada em agente para avaliar o comportamento dos atores. Metodologias de abordagem virtual são muito utilizadas, porém na maioria das pesquisas são utilizados dados censitários sobre fontes de água, consumo de água (Gunkel e Külls, 2006), de crescimento populacional, pesquisas amostrais de domicílios ou hipóteses para modelar o comportamento dos consumidores de água e dos gestores nos ABM e desenvolver avaliações sobre otimização de demanda/oferta de água residencial (Chu *et al.*, 2009 ;Tsegayes e Vairavamoorthy, 2009; Linkola *et al.*, 2013; Yuan *et al.*, 2014; Koutiva e Makropoulos, 2016; Ali *et al.*,2017; Darbandsari *et al.*, 2017), alocação do recurso hídrico (Ding *et al.*, 2016), dentre outras questões.

Os trabalhos desenvolvidos na área de modelos baseados em agentes, mostraram o interesse das diferentes linhas de pesquisa relacionadas à gestão do recurso hídrico, porém uma das críticas ao uso desses modelos é que pelo fato de estudar sistemas sociais muitas vezes há uma escassez de dados de sistemas sociais relevantes do mundo real, tornando difícil a construção do modelo na realidade (Louie e Carly,2008), que permita prever o comportamento humano que pela sua natureza estocástica é complexo e difícil de validar (Schlüter e Pahl-Wostl 2007; Bharathy e Silverman, 2015). Os modelos multi-agente de sistemas sociais são difíceis de validar porque esses modelos representam uma nova abordagem de simulação para a qual métodos de validação tradicionais nem sempre são aplicáveis (Louie e Carley,2008)

A verificação e a validação do modelo são críticas no desenvolvimento de um modelo de simulação. Infelizmente, não há um conjunto de testes específicos que possam ser facilmente aplicados para determinar a "correção" de um modelo. Além disso, é difícil determinar um algoritmo para saber quais técnicas ou procedimentos usar, tornando o projeto de simulação um desafio novo e único para a equipe que desenvolve o modelo (Sargent,2011)

3.3. GESTÃO ADAPTATIVA DA ÁGUA COMO FERRAMENTA PARA GESTÃO DE SISTEMAS COMPLEXO ADAPTATIVOS

Tradicionalmente a gestão de recursos naturais tem focado na otimização e ganhos de eficiência e não na capacidade de fomentar a resiliência sócio ecológica no longo prazo, é por isso que a gestão de recursos sustentáveis deve ser um processo integral e interdisciplinar visando à interdependência entre instituições, dinâmicas ambientais, processos econômicos, tecnologias aplicadas e culturas dominantes no manejo dos recursos naturais (Rammel *et al.*, 2007).

A gestão convencional pode ser observada no contexto do abastecimento e esgotamento sanitário, onde a gestão da água usualmente é tratada como um “modelo hidráulico” carecendo de um enfoque intersetorial de políticas públicas motivando uma gestão fragmentada por parte dos entes responsáveis, dificultando a coordenação e o planejamento de estratégias desde uma perspectiva integrada, com políticas parciais e desarticuladas. (Paré *et al.*, 2012). Na área dos recursos hídricos espera-se ter a capacidade de articular o biofísico como a poluição, os processos hidrológicos dentre outros, com dinâmicas sociais como urbanização, políticas urbanas e sociais, considerando as limitações legais e institucionais da área (Ducrot *et al.*, 2004).

Para alcançar esse objetivo faz-se necessário que a gestão não seja concebida como um processo convencional e estático, uma vez que deve considerar a interação entre os atores do sistema e a disponibilidade do recurso hídrico. É importante considerar que ao longo do tempo as interações entre esses atores e o recurso mudam, sendo importante gerar processos adaptativos no que se refere à gestão da água. Para efetividade da gestão dos recursos hídricos, é importante reconhecer que se está lidando com sistemas complexos que apresentam mudanças pela intervenção de diferentes agentes ou do ambiente existindo a necessidade de adaptação a essas mudanças.

Segundo Williams (2011) a gestão adaptativa é composta pelos seguintes componentes:

- ✓ Participação das partes interessadas (*skateholders*): participação dos interessados na avaliação do problema dos recursos e das ações de gestão;
- ✓ Objetivos da gestão: importantes na avaliação do desempenho, para reduzir as incertezas e melhorar a gestão através do tempo na tomar decisões e avaliar o progresso alcançado;

- ✓ Ações de gestão: As diferentes alternativas de manejo são importantes no ambiente operacional onde as escolhas de estratégias de um projeto de gestão adaptativa são limitadas pelo conjunto de opções disponíveis;
- ✓ Modelos: importantes na representação da incerteza e no prognóstico de mudanças dos recursos ao longo do tempo;
- ✓ Planos de monitoramento: Os programas de vigilância facilitam a avaliação e aprendizagem. O aprendizado ocorre através da comparação das previsões baseadas nos modelos e os dados observados. Por meio dessa comparação é aprendida a dinâmica do recurso confirmando as hipóteses dos processos de gestão.

A gestão adaptativa da água considera a complexidade dos sistemas a serem gerenciados e os limites de prever e controlar. Isto implica uma abordagem de gestão integrada², que adote uma perspectiva sistêmica, em vez de lidar com problemas individuais e isolados (Keur *et al.*, 2010). Pahl-Wostl *et al.*, (2005) expõe que a gestão adaptativa pode ser definida como um processo sistemático para melhorar continuamente as políticas e práticas de gerenciamento aprendendo com os resultados das estratégias de gerenciamento implementadas, sendo que o objetivo principal é aumentar a capacidade de adaptação do sistema de água em uma bacia baseada em uma sólida compreensão do que determina a resiliência e a vulnerabilidade do mesmo.

Nesse contexto e considerando a implementação de diferentes políticas de gestão de água, que foram abordadas nessa pesquisa, é importante diferenciar entre adaptabilidade e adesão de medidas de gestão de água, pois uma vez o gestor implementa a ação determinada o consumidor de água pode se aderir a essa medida no curto prazo sem ter uma modificação do estilo de vida real, ou seja sem ter uma adaptação a essa medida de gestão. Porém no longo prazo essa medida pode ser apropriada de tal forma que mude o as crenças do agente e, portanto, o comportamento do consumidor, mostrando um nível de adaptação real que se reflete na diminuição do consumo de água de todas as atividades do agente em questão. Além de existir uma adaptabilidade por parte do consumidor ou usuário da água, também

² Processo que promove o desenvolvimento e a gestão da água, do solo e dos recursos conexos para maximizar, de modo equitativo, o bem-estar econômico e social, sem comprometer a perenidade dos ecossistemas vitais (GWP, 2000)

existe uma adaptabilidade por parte da política de gestão que pode mudar segundo a realidade da localidade e dos agentes usuários da água.

Na medida em que aumenta a complexidade de um sistema a tendência é que o processo de gestão mude e evolua até chegar à gestão adaptativa, como apresentado na Figura 3.6 que apresenta cinco mudanças na gestão da água segundo o aumento da população e subsequentemente a demanda de água. Como a disponibilidade de água pode ter permanecido constante ou pode ter sido reduzida, a gestão da água requer ferramentas e métodos mais complexos e eficientes para fornecer a demanda (Kampragou *et al* ,2011).

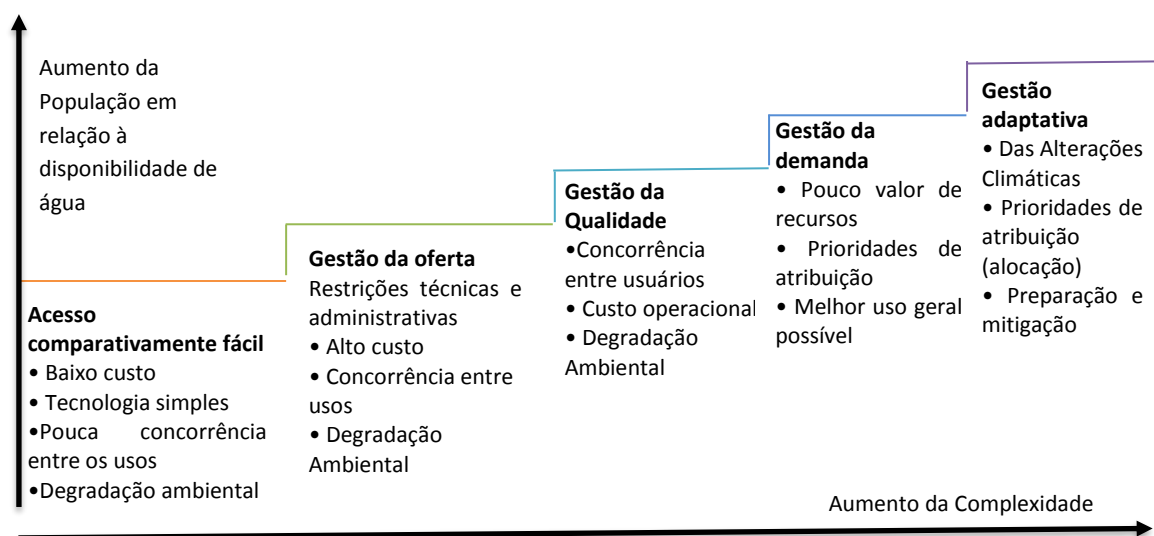


Figura 3.6- Mudança da gestão da água segundo o aumento da complexidade do sistema e da população. (adaptado de Kampragou *et al.*,2011)

Na figura se observa que no processo de aumento de complexidade do sistema, antes da implementação da gestão adaptativa, é considerada a gestão da demanda de água mostrando a importância deste tipo de gestão no contexto de sistemas complexos adaptativos. A gestão da demanda de água é definida como o desenvolvimento e implementação de estratégias visando influenciar a demanda, para ter um uso eficiente e sustentável de um recurso escasso, além disso, deve promover a equidade e integração ambiental (Savenije e Zang, 2002). A gestão da demanda de água procura incentivar o melhor uso de suprimentos existentes através de gerenciamento econômico e eficiente antes de aumentar o fornecimento; compreende um conjunto de intervenções e sistemas organizacionais destinados a aumentar

as eficiências técnicas, sociais, econômicas, ambientais e institucionais nos vários usos da água (GWP, 2017).

Gleick (2000) enfatiza a importância da gestão da demanda como uma ferramenta para apoiar a gestão adaptativa da água, pois a construção de projetos de abastecimento de água em grande escala é dificultada por restrições sociais, econômicas e ambientais. A gestão da demanda de água pode contribuir para uma estratégia adaptativa de gestão da água através do seguinte (Kampragou *et al.*, 2010):

- O aprimoramento da oferta melhorando a eficiência dos sistemas de abastecimento de água existentes (fazendo mais com mais água bruta).
- O aumento da produtividade da água, seja pela redução do uso da água, seja pela aplicação de processos de reutilização e reciclagem (fazendo mais com a mesma água bruta).
- Eliminando alguns usos ao mesmo tempo em que assegura a equidade entre os usuários (fazendo menos com a mesma água bruta).

Nas áreas urbanas a gestão da demanda da água reduz a demanda não só aumentando a disponibilidade de água, mas também diminuindo os custos de tratamento e energia, também possibilita adoção de novas tecnologias. Em geral, as medidas de gestão da demanda da água urbana comumente aplicada podem ser agrupadas em três categorias principais (Sharma e Vairavamoorthy,2009):

✓ Medidas Estruturais e Tecnológicas: isso inclui controle de perdas e ligações clandestinas nas redes de distribuição, micro e macromedição, uso de aparelhos poupadores de água, reúso de água, etc. O uso de aparelhos poupadores de água vem sendo incentivado para reduzir a quantidade de água consumida nas residências, porém para o consumidor não resulta atrativo pelo alto custo, no entanto, os consumidores devem ser conscientizados de que este aumento do custo de adaptação poderia ser facilmente recuperado em um curto período de tempo da conta de água reduzida devido à economia de água associada (Sharma e Vairavamoorthy,2009).

Essa redução de consumo de água por aparelhos poupadores nem sempre pode ser percebida na conta de água, pois, como no caso do Distrito Federal, muitas residências não possuem medição individualizada de água senão coletivo, havendo só um hidrômetro por prédio ou lote, impedindo perceber o real consumo de água do consumidor e tendo menor impacto

econômico já que a conta de água é rateada com todos os apartamentos, independentemente do número de pessoas e não permite a cobrança proporcional ao consumo de água. Conhecer a quantidade de água consumida e faturada é importante para diminuir o consumo de água, pois como expõe Fan *et al.*, (2014) residentes com estimativas corretas de água têm alta consciência de conservação da água.

✓ Medidas Econômicas e Financeiras: Bônus, restituição de impostos, tarifação que estimule o uso eficiente da água, estímulo ou penalização financeira, etc.

✓ Sociopolíticas: incluem leis ou regulamentos relevantes que induzem o uso racional da água, regulamentação de novos sistemas construtivos e de instalação predial etc. Também considera ações educacionais, programas de educação ambiental, acesso à informação e dados para conservação da água etc.

Essas medidas mostram que a demanda de água urbana é uma atividade multidisciplinar e multidimensional que requer o envolvimento ativo de todas as partes interessadas no setor de água urbana (agências governamentais, serviços de água, setores privados, ONGs e comunidade beneficiária ou consumidores) (Sharma e Vairavamoorthy,2009).

Existe outra categorização ou fatores que influenciam a demanda de água, e que são considerados na presente pesquisa, os quais são:

✓ **Preço (ou Tarifa) (ADB,199)** : Desde uma perspectiva econômica o preço da água é determinante no consumo per capita da água. Na figura 3.7 é apresentada a relação entre o preço e a quantidade de água consumida mediante uma curva que indica a disposição a pagar do indivíduo em função da variação do preço da água (Curva demanda). A curva D_1D_1 mostra o ‘valor marginal decrescente’ da água: os primeiros 5 l/hab. dia têm o maior valor, pois são necessários para a manutenção da vida do indivíduo; os próximos cinco litros, também são valiosos, visto que a serem usados, por exemplo, na higiene pessoal; os cinco litros seguintes, têm valor para o preparo de alimentos e lavagem de roupas; todos os demais fatores permanecendo iguais, para cada incremento adicional de água, o valor marginal da água tende a cair, enquanto o indivíduo utiliza a água em atividades cada vez menos importantes. Conseqüentemente, a disposição a pagar do indivíduo, por cada incremento adicional de água, declina de forma gradual. Desta maneira, a curva D_1D_1 indica uma relação não linear entre o consumo *per capita* e o preço da água. Pode ser visto, por exemplo, que

se o preço da água aumentar de R\$ 0,25 para R\$ 0,50, o indivíduo reduzirá o seu consumo de 140 l/dia para 115 l/dia. Às vezes a quantidade de água demandada muda segundo a mudança do preço, esse grau de variação entre preço e a demanda pode ser definida pela elasticidade-preço da demanda. Assim, a elasticidade-preço da demanda (e_p) é igual ao valor do quociente entre o percentual de mudança na quantidade de água demandada e o percentual de mudança no preço unitário da água.

A demanda pode ser: (i) *inelástica*, quando $e_p < |1|$ (indicando que a mudança relativa na quantidade demandada é menor do que a mudança relativa no preço unitário); ou (ii) *elástica*, quando $e_p > |1|$ (ou seja, a mudança relativa na quantidade demandada é maior do que a mudança relativa no preço unitário). Considerando a curva D_1D_1 da Figura 3.7, pode ser observado que a demanda é muito inelástica para os primeiros cinco litros diários de água, mas vai se tornando crescentemente elástica na medida em que o valor marginal da água decresce.

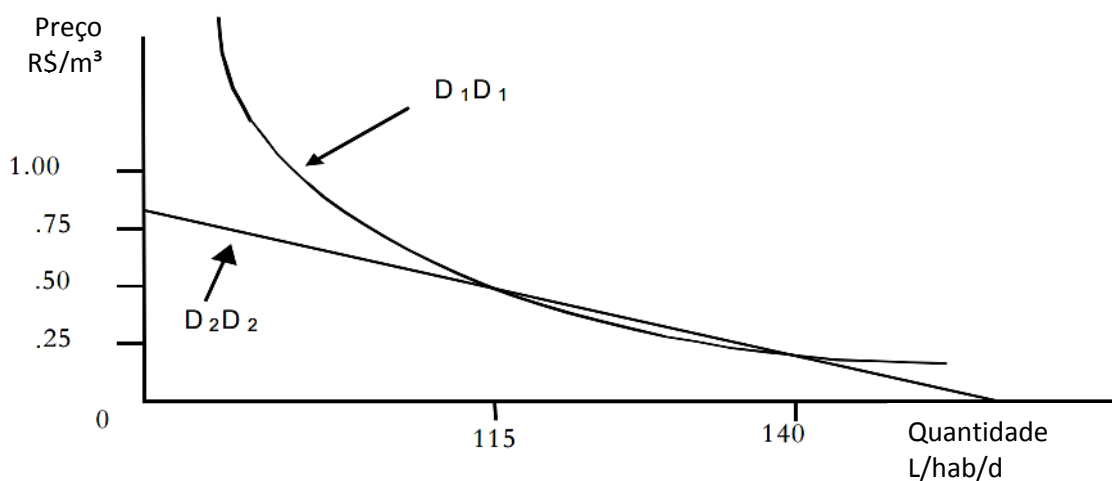


Figura 3.7- Relações lineares e não-lineares entre consumo e preço da água. Modificado de (ADB,1999)

No Distrito Federal a tarifa de serviço de água fornecido pela companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal-Caesb é estabelecida segundo o Decreto 20.658/99. A tarifa considera o tipo de residência segundo uma classificação de acordo com a pontuação obtida segundo a tabela no anexo II que considera o material da moradia, dimensões etc., para dar

dita pontuação, classificando-se em: Classe A = rústica; Classe B = popular; Classe C = padrão; Classe D = especial (Brasil,1993). As tarifas dos serviços de abastecimento de água do Distrito Federal válidas para o período de 1º de junho de 2017 a 31 de maio de 2018, conforme a Resolução ADASA nº 07, de 28/04/2017 são apresentadas na Tabela 3.3. No caso da cidade de São Paulo as tarifas são apresentadas na tabela 3.3 e para a cidade de Fortaleza as tarifas de água podem ser observadas na tabela 3.5. Nas três tabelas é possível observar que o consumo mínimo cobrado é de 10 m³ para as áreas residenciais, sendo esta cobrança uma tendência de tarifação no Brasil. Comparando as tarifas das três cidades pode-se observar que a cidade na Cidade de São Paulo os valores de tarifa são menores que as tarifas do Distrito Federal-DF e Ceará-CE especialmente a tarifa social e favela equivalente à tarifa popular no DF e CE, mostrando maior subsidio para consumo de água em SP. Esta característica pode influenciar no comportamento dos consumidores de água, pois quanto menor é o valor cobrado pelo consumo de água, a preocupação por poupar água poderia diminuir.

Tabela 3.3- Tarifa segundo o tipo de Residência no Distrito Federal (Brasil,2017)
Para atividades Residenciais*

Faixa de Consumo (m³)	Tarifa Popular (R\$)	Tarifa Normal (R\$)
0 a 10	2,21	2,95
11 a 15	4,13	5,47
16 a 25	5,41	6,99
26 a 35	10,33	11,30
36 a 50	12,46	12,46
Acima de 50	13,66	13,66

Para atividades comerciais, Públicas e Industriais		
Faixa de Consumo (m³)	Tarifa Comercial e Pública (R\$)	Tarifa Industrial
0 a 10	7,48	7,48
Acima de 10	12,37	11,28

*consumo mínimo cobrado:10m³

Tabela 3.4- Tarifa segundo o tipo de Residência de São Paulo, centro metropolitano (Brasil,2017a)

Para atividades Residenciais*				
Faixa de	Tarifa social	Tarifa Favela	Tarifa Normal	
Consumo (m³)	(R\$/m ³)	(R\$/m ³)	(R\$/m ³)	
0 a 10	8,19/mês	6,25/mês	24,15/mês	
11 a 20	1,41	0,71	3,78	
21 a 30	5,01	2,36	9,44	
31 a 50	7,14	7,14	10,40	
Acima de 50	7,89	7,89	10,40	
Para atividades comerciais, públicas e industriais				
Faixa de	Comercial/entidade	Comercial normal	Pública	Pública
Consumo	de assistência	e	com	sem
(m³)	social (R\$/m ³)	Industrial(R\$/m ³)	contrato	contrato
			(R\$/m ³)	(R\$/m ³)
0 a 10	24,24/mês	48,50/mês	36,34/mês	48,50/mês
11 a 20	4,71	9,44	7,07	9,44
21 a 30	9,08	18,08	13,60	18,08
Acima de	9,43	18,84	14,13	18,84
50				

*consumo mínimo cobrado:10m³

Em casos de escassez hídrica a Lei Federal nº 11.445/2007 (Lei do Saneamento), permite estabelecer uma tarifa de contingência:

“Art. 46. Em situação crítica de escassez ou contaminação de recursos hídricos que obrigue à adoção de racionamento, declarada pela autoridade gestora de recursos hídricos, o ente regulador poderá adotar mecanismos tarifários de contingência, com objetivo de cobrir custos adicionais decorrentes, garantindo o equilíbrio financeiro da prestação do serviço e a gestão da demanda”.

A Caesb estabeleceu uma tarifa de contingência em 2016, de 40% do valor do serviço de abastecimento de água da residência, para categoria residencial normal e de 20 % para residencial popular e categoria comercial, industrial e pública.

Tabela 3.5- Tarifa segundo o tipo de Residência de Ceará (Brasil,2017b)

Para atividades Residenciais				
Faixa de Consumo (m³)	Tarifa social (R\$/m³)	Tarifa Popular** (R\$/m³)	Tarifa Normal** (R\$/m³)	Entidade filantrópica** (R\$/m³)
0 a 10	1,19*+	2,44	3,48	2,44
11 a 15		4,16	4,51	4,11
16 a 20		4,51	4,88	4,42
21 a 50		7,76	8,36	7,57
Acima de 50		13,83	14,77	13,35

Para atividades comerciais, públicas e industriais				
Faixa de Consumo (m³)	Comercial Popular* (R\$/m³)	Comercial II** (R\$/m³)	Industrial*** (R\$/m³)	Pública*** (R\$/m³)
0 a 13	4,16			
0 a 50		8,72		
0 a 15			7,71	5,08
16 a 50			9,14	7,57
Acima de 50		13,83	14,21	12,14

*Demanda mínima de 7 m³

**Demanda mínima de 10 m³

***Demanda mínima de 15 m³

*+Demanda máxima de 10m³ de água

No caos de São Paulo entre os anos 2013 e 2014 estabeleceu-se uma tarifa de contingência devido à crise hídrica onde o usuário cujo consumo mensal ultrapassar a média apurada entre o meses de fevereiro de 2013 e janeiro de 2014, estaria sujeito à tarifa de contingência correspondente a: 40% de acréscimo sobre o valor de consumo de água encanada, aplicável a quem exceder em até 20% da média; 100% de acréscimo sobre o valor de consumo de água encanada, aplicável a quem exceder a mais de 20% da média.

A demanda de água doméstica compreende dois componentes principais: demanda não discricionária e discricionária. O uso não discricionário da água normalmente se refere a necessidades básicas, como beber, cozinhar, banhar e lavar o banheiro. O uso discricionário de água é definido como todos os usos não necessários, que geralmente incluem usos externos como rega de gramados e jardins, enchimento e cobertura de piscinas e lavagem de carros, juntamente com usos internos, como escolhas relacionadas com aparelhos de lavanderia e louça, *spas* e outros itens para banhos de luxo. Em geral, o uso discricionário da água é considerado mais sensível aos preços do que o uso não discricionário de água (Worthington e Hoffman, 2008)

✓ **Renda Familiar:** As famílias com renda alta normalmente são capazes e dispostas a pagar mais para uma determinada quantidade de água do que famílias com rendimentos mais baixos. Em termos relativos (como uma porcentagem da renda), no entanto, as pessoas com renda mais alta estão preparadas para pagar menores porcentagens de sua renda por água do que as pessoas com rendimentos mais baixos. Um aumento na renda deslocará a curva de demanda de água para a direita (de D_1 a D_2), como ilustrado na Figura 3.8 e no preço P_1 , a quantidade de água consumida aumenta de OQ_1 para OQ_2 . A mudança na curva de demanda para a direita também indica uma maior disposição de pagamento (de P_1 a P_2) para a mesma quantidade de água OQ_1 (ADB,1991).

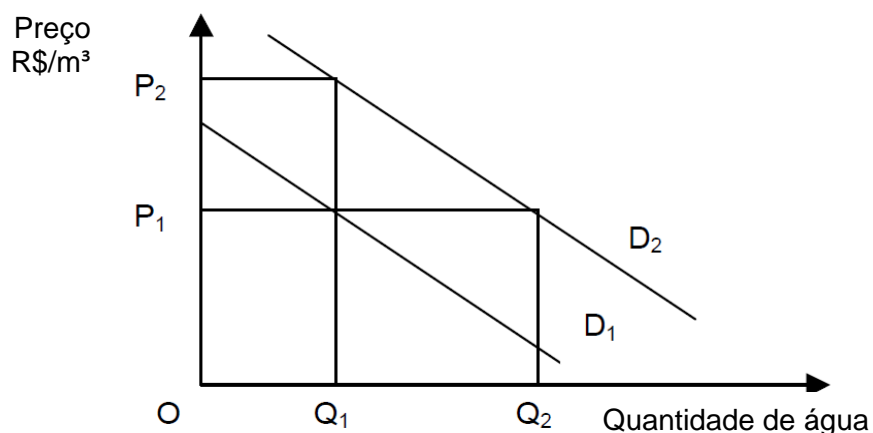


Figura 3.8- Relação entre renda e demanda de água. Modificado de (ADB,1999)

Uma consideração adicional é que a renda, através da sua correlação com a educação, pode se refletir nas medidas de conservação da água tomadas pela própria casa através da compra de aparelhos de conservação de água e plantação de vegetação de jardim tolerante a épocas sem chuva (Worthington e Hoffman, 2008)

✓ **Condições climáticas e sazonalidade:** A presença de chuvas e a temperatura do ar, pode afetar as atividades diárias das pessoas no que se refere ao consumo de água, pois a tendência é consumir mais água em época secas e menos água em períodos chuvosos. No caso do Distrito Federal, à diminuição da umidade e altas temperaturas em época sem chuvas podem aumentar significativamente o consumo de água.

Além desses fatores existem outros que influenciam a demanda de água como a quantidade e tamanho de residências (área de jardins, garagens etc.), disponibilidade e custos de fontes alternativas de abastecimento, população dentre outras.

4. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo selecionada para representação de comportamento de consumidor de água é a área residencial da Região Administrativa IV do Distrito Federal-DF, Brazlândia. As informações apresentadas a seguir fazem parte da Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios - Brazlândia - PDAD 2015 (Codeplan, 2015).

Antes da constituição do Distrito Federal no Planalto Central do Brasil, Brazlândia era um povoado que integrava a área rural de Luziânia/GO e que foi inserida na área do DF onde seria construída a nova capital do Brasil. Quando Brasília foi inaugurada, a localidade possuía menos de 1.000 moradores. Atualmente a então definida região administrativa de Brazlândia é dividida em cinco setores urbanos: 1) Tradicional onde se encontra a administração, regional; 2) Norte (habitacional e comércio); 3) Sul, 4) Veredas (setores habitacionais) e 5) Vila São José, assentamento urbano criado em 1982 para o qual foi transferida a população do DF que se encontrava sem habitação regular e residindo em favelas, além disso, foi uma reivindicação habitacional urbana da própria Região. A identidade cultural e a estratificação social da Região ainda não se consolidaram incorporando identidades urbanas e rurais³ ao mesmo tempo. Atualmente Brazlândia tornou-se uma das maiores produtoras de hortifrutigranjeiros do Distrito Federal mostrando um potencial para agricultura rural e peri urbana forte.

Na percepção dos próprios moradores de Brazlândia, esta é considerada uma “cidade do interior”, “cidade dormitório” que é bastante carente de recursos sociais: transporte, lazer, saúde etc., sendo uma necessidade para a população mais jovem retirar-se da cidade para complementar seus estudos ou para realizar atividades de lazer⁴.

Os indicadores socioeconômicos de Brazlândia são apresentados na Tabela 4.1:

³ Informação levantada por Chaves (2011) mediante entrevistas semiestruturadas na Associação Rural e Cultural Alexandre Gusmão.

⁴ Informação levantada por Chaves (2011) mediante entrevistas semiestruturadas ao Observatório da Juventude da Universidade de Brasília

Tabela 4.1- Indicadores socioeconômicos de Brazlândia/DF. (Codeplan, 2015).

Indicadores Socioeconômicos	2011	2013	2015
Renda Domiciliar Real (em R\$)*	3.020,19	3.040,14	3.239,79
Renda Per capita Real (em R\$)*	793,90	904,86	983,13
Nº médio de moradores por domicílio	4,06	3,40	3,37
% de moradores analfabetos	3,20	3,59	3,70
% de moradores com nível superior completo	4,74	6,54	7,27
% postos de trabalho na própria região	45,55	52,30	53,76
% de domicílios com automóvel	46,63	51,11	67,44
% de domicílios com TV por assinatura	7,72	22,67	33,62

A renda domiciliar média é de R\$ 3.239,79 que corresponde a 4,11 salários mínimos (SM) a valores de 2015, e a renda per capita é de R\$ 983,13 (1,25 SM) como pode ser observado na Figura 4.1 (Codeplan, 2015).

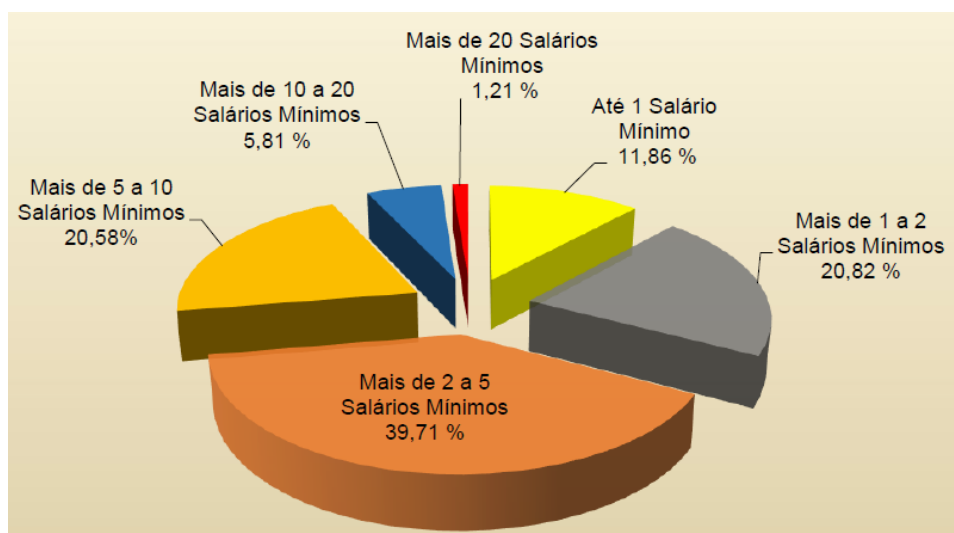


Figura 4.1- Distribuição dos domicílios ocupados segundo as classes de renda domiciliar- Brazlândia/DF/2015(Codeplan, 2015).

Brazlândia/DF possui um sistema de abastecimento de água de duas fontes superficiais; o período chuvoso é bem definido (outubro a abril) e possui uma estação seca (maio a setembro) com umidade relativa bastante reduzida. A Figura 4.2 apresenta a localização de Brazlândia e sua distribuição urbana.

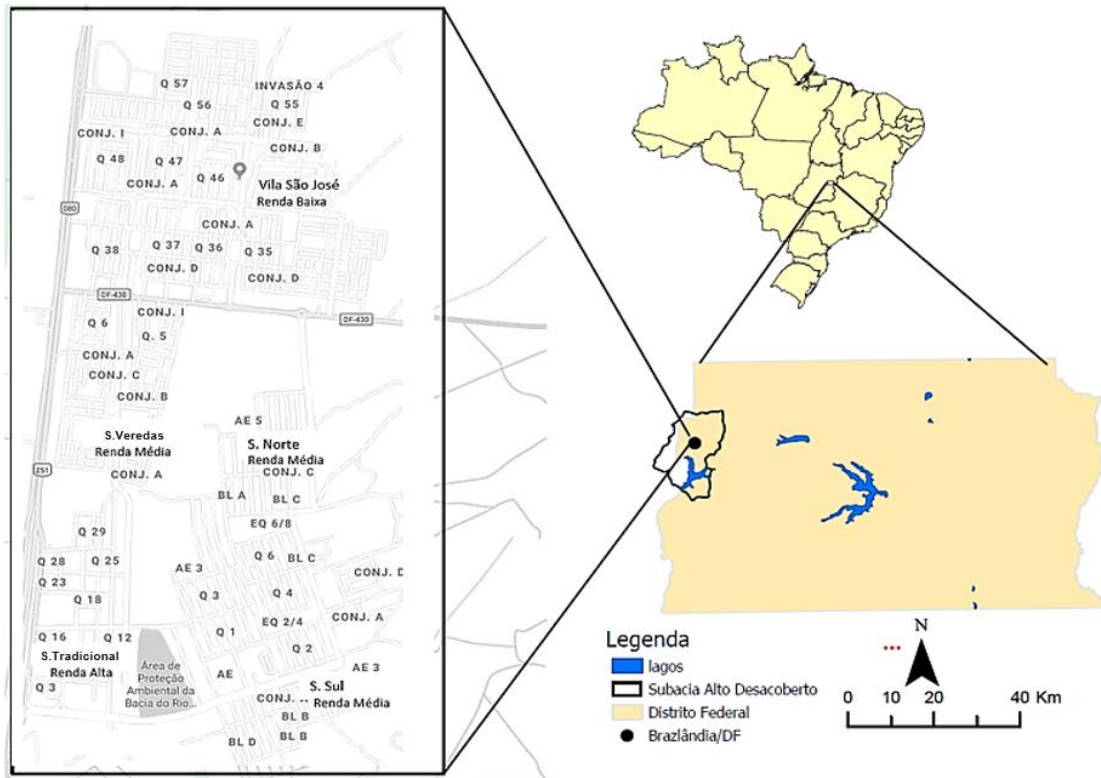


Figura 4.2- Localização da área residencial de Brazlândia

A área urbana de Brazlândia está contida na área de proteção ambiental-APA Descoberto, Floresta Nacional de Brasília e Parque Ecológico Veredinha. O solo é representado por Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo (Reatto *et al.*, 2013).

Brazlândia é dividida em Setor Tradicional, onde se originou a cidade, Setores Norte e Sul, Vila São José e Bairro Veredas. Na região encontram-se também os Núcleos Alexandre Gusmão, Dois Irmãos, Engenho Queimado, Desterro, Chapadinha e Barreiro. A população urbana em 2015 foi estimada em 52.287 habitantes, tendo uma taxa média geométrica de Crescimento Anual – TMGCA, de 1,13% (entre os anos 2013-2015).

O número de domicílios urbanos estimados é de 15.515 e considerando que a população urbana estimada é de 52.287, a média de moradores por domicílio urbano é de 3,37 pessoas. Na Região, praticamente todas as construções são permanentes, apenas 1,69%, embora

permanente, encontra-se em fase de construção; 89,85% dos domicílios são casas e 5,92% são apartamentos como pode ser observado na tabela 4.2.

Tabela 4.2- Tipos de domicílios em Brazlândia/DF (Codeplan, 2015).

Tipo de Domicílio	No	%
Casa	13.941	89,85
Barraco	164	1,06
Cômodo	0	0,00
Quitinete/Estúdio	230	1,48
Flat	0	0,00
Apartamento	918	5,92
Uso misto	262	1,69
Outros	0	0,00
Total	15.515	100,00

Segundo a Figura 4.3 (Codeplan,2015) quanto à condição de ocupação, 68,28% dos domicílios são próprios. Os alugados representam 22,62% e os cedidos são 8,88%.

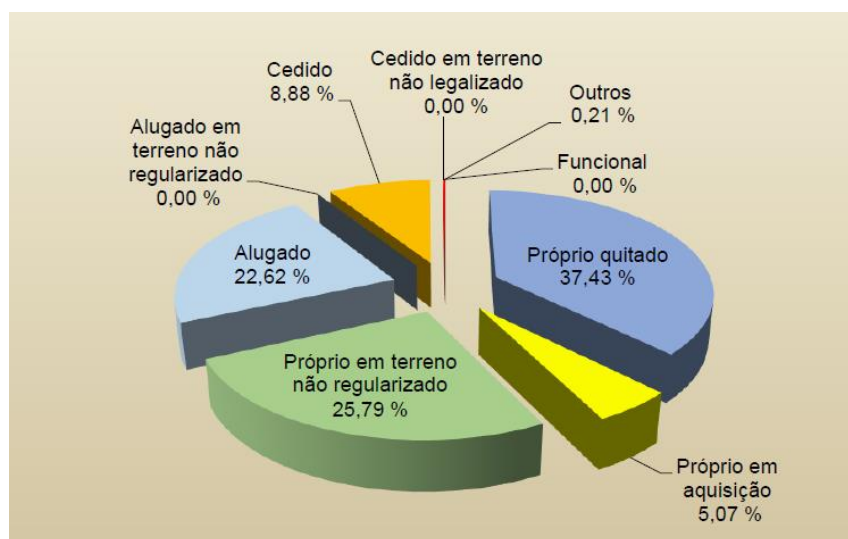


Figura 4.3- Domicílios ocupados, segundo a condição-Brazlândia/DF/2015 (Codeplan, 2015).

4.1. CRISE HÍDRICA EM BRAZLÂNDIA

O Distrito Federal conta com dois reservatórios importantes, o Lago Descoberto que abastece em torno de 63% da população do DF e o Lago Santa Maria e outras pequenas captações isoladas de fontes superficiais e poços (Ver Figura 4.4). Brazlândia encontra-se a montante do lago Descoberto e é abastecida pelos córregos Capão da Onça e Barracão. A região em geral vem sendo impactada pela diminuição da precipitação, o uso desordenado do solo, dentre outras problemáticas que afetam a disponibilidade do recurso hídrico local.

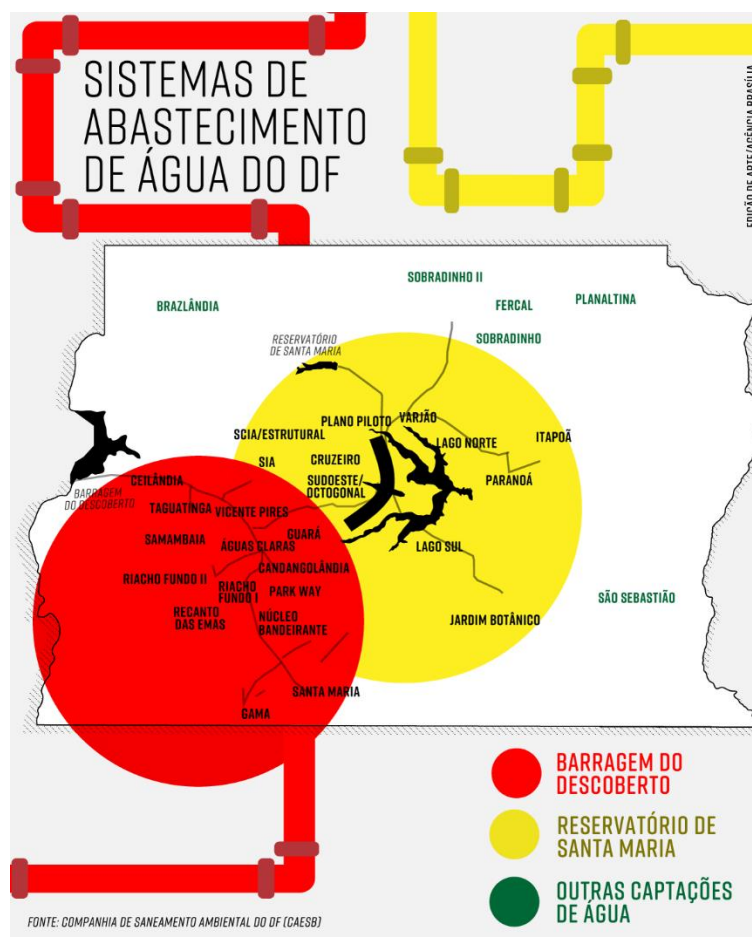


Figura 4.4- Resumo dos sistemas de abastecimento de água do DF. (Agência Brasília,2017).

A partir do ano 2015 os habitantes do Distrito Federal vêm vivenciando problemas pela redução de níveis de precipitação com consequências hidrológicas que se mostram nos níveis

de seus principais reservatórios. Em outubro de 2015 o Lago Descoberto, atingiu o valor de 51,9% da sua capacidade de armazenamento, já em outubro de 2016 esse valor estava em 26,8% e em dezembro de 2016 a capacidade do reservatório diminuiu para 22,9%. Em Santa Maria, os valores em outubro foram 83,5% em 2015 e 44% em 2016, já em dezembro de 2016 foi de 42,6%. A diminuição dos níveis de água nos reservatórios motivou a formulação de diferentes ações de gestão no setor de recursos hídricos a fim de enfrentar o que tem se denominado a crise hídrica no Distrito Federal, realizando:

- Programação de novos investimentos para aceleração da implantação dos Sistemas de abastecimento de Corumbá (projetado para fornecer 5.6 m³/s) e Sistema de abastecimento do Lago Paranoá.
- Em outubro de 2017 foi realizada a captação de água do Lago Paranoá (sistema emergencial) autorizado para captar 2,9 m³/s para reforçar o sistema de abastecimento do DF.
- Em outubro de 2017 foi inaugurada a captação no córrego Bananal com estrutura para fornecer até 726 litros por segundo
- Publicação de Resolução n ° 13, de 15 de agosto de 2016, estabelece os volumes de referência e ações de contenção em situações críticas de escassez hídrica nos reservatórios do Descoberto e Santa Maria (Tabela 4,3).

Tabela 4.3- ações de gestão em situação de escassez hídrica. Adaptado de (Caesb,2016)

Nível de reservatório	Situação	Ações de contenção
60 %	ESTADO DE ATENÇÃO	-Intensificar fiscalização; -Intensificar campanhas de conscientização para uso consciente da água;
40%	ESTADO DE ALERTA	-Declarar situação de escassez hídrica; -Ampliar comunicação com a sociedade; -Adotar mecanismos de Tarifa de Contingência
20%	ESTADO DE RESTRIÇÃO DE USO	Declarar regime de racionamento.

- Publicação de Resolução n° 15, de 16 de setembro de 2016, que declara a Situação Crítica de Escassez hídrica nos Reservatórios do Descoberto e Santa Maria.

- Publicação de Resolução nº 16 de 21 de setembro de 2016, que declara estado de restrição do abastecimento de água potável nas regiões administrativas de São Sebastião, Jardim Botânico, Sobradinho I e II, Planaltina e Brazlândia.
- Publicação de Resolução nº 17, de 7 de outubro de 2016 que estabelece a tarifa de contingência para os serviços públicos de abastecimento de água do DF, prestados pela companhia de Saneamento do Distrito Federal-Caesb, em virtude da situação crítica de escassez hídrica e dá outras providências.
- 17/01/2017-Início do Racionamento do Sistema Descoberto
- 27/02/2017-Início do Racionamento do Sistema Santa Maria
- 1/06/2017-suspensão da Tarifa de Contingência no DF.

Brazlândia ainda não foi inserida no regime de racionamento de água. Os consumidores formaram parte da cobrança de tarifa de contingência e das campanhas educativas relativas ao tema de crise hídrica realizadas pela Caesb, Adasa e o Governo do Distrito Federal.

Quanto ao serviço de água em Brazlândia, quase a totalidade dos domicílios conta com o abastecimento de água fornecido pela rede geral da Caesb conforme a tabela 4.4.

Tabela 4.4- Cobertura de abastecimento de água em Brazlândia (Codeplan,2015)

Tipo de Abastecimento de Água	No	%
Rede Geral - Caesb	14.531	93,66
Poço/Cisterna	656	4,23
Poço Artesiano	164	1,06
Outros	164	1,06
Total	15.515	100,00

Em relação ao esgotamento sanitário, em Brazlândia, 89,64% dos domicílios drenam seus esgotos na rede geral de coleta e 7,19% dos domicílios utilizando fossa rudimentar (Codeplan,2015).

O Sistema de abastecimento de Brazlândia compreende dois subsistemas independentes de abastecimento: um de captações superficiais e outro de poços profundos que abastece o Núcleo Habitacional INCRA 8. O sistema que se destina ao abastecimento exclusivo de Brazlândia é formado pelas captações Barroão (Descoberto Montante) e Capão da Onça, cujas vazões são aduzidas para a Estação de Tratamento de Brazlândia (Caesb,2014).

Brazlândia é uma das regiões do DF que é mais sensível a ocorrências de desabastecimento, pois a cidade apresenta duas grandes regiões, Vila São José e parte alta da cidade, que são fortemente afetadas com as interrupções no fornecimento de energia e são áreas abastecidas diretamente por bombeamento (Caesb,2014).

Este sistema possui um reservatório apoiado e dois reservatórios elevados, que totalizam uma capacidade de reserva de 3,160 m³ (exceto unidades desativadas). Nas tabelas 4.5 e 4.6 são descritas as características do sistema.

Tabela 4.5- Problemas nos pontos de captação do sistema de abastecimento de Brazlândia/DF (Caesb,2014)

Captação	Estação de monitoramento	Vazão de Referencia (L/s)	Uso	Principais Problemas da Bacia
Capão da Onça	Capão da Onça Montante Captação	35	Reflorestamento / Cerrado / Agricultura	Erosões, incêndio, lixo, retiradas irregulares de água a montante da captação
Barracão	Barroco. Montante Captação	59	Agricultura/ Cerrado/ Reflorestamento	invasão de terra, retiradas irregulares de água a montante da captação
	Capão da Onça - Brazlândia - DF 415	68		

Brazlândia está localizada a montante do Lago Descoberto, principal manancial de abastecimento do DF, esse fato tem colocado uma pressão sobre a região administrativa de Brazlândia especialmente nas áreas agrícolas onde foram estabelecidas restrições de retirada de água nos córregos e ribeirões que abastecem o Descoberto reduzindo em 75% a captação de água por parte dos produtores rurais, estabelecida pela Resolução Conjunta nº 1, de 8 de março de 2017. O sistema que abastece Brazlândia, embora não fazia parte do racionamento de água como as outras cidades satélites do DF, já tiveram várias interrupções emergenciais, pois as vazões dos mananciais Barracão e Capão da Onça têm diminuído pelo período de estiagem no Distrito Federal. A outorga concedida pela Adasa para a Caesb captar e abastecer toda a região administrativa é de 104 litros por segundo, para o mês de outubro de 2017, a captação deste sistema diminuiu, especialmente do córrego Barroco, também

utilizado para irrigação de agricultura, que reduziu de 70 para 48 litros ocasionando interrupção emergencial da área urbana de Brazlândia, pois com essa vazão a companhia não conseguia acionar nenhuma das duas bombas utilizadas no local. As interrupções no abastecimento de água, junto com as tarifas de contingência e a pressão por parte do Governo do Distrito Federal e a imprensa sobre esta região, tem influenciado no comportamento de consumo de água da população de Brazlândia, pois ainda os moradores dessa região têm quantidades de consumo de água baixas, o consumo de água tem diminuído com respeito aos anos anteriores, como é apresentado nos próximos capítulos desta pesquisa.

Tabela 4.6- Descrição do sistema integrado de Brazlândia /DF(Caesb,2014)

Captações Superficiais em Operação			
Identificação	Tipo de Captação	m³/mês	L/s
Barracão/CAP. BRC.001	Barragem de nível	114.388,20	43,5
Capão da Onça/CAP.CON.001	Barragem de nível	170.927,60	65
total		285.315,80	108,5
Captações Subterrâneas em operação			
Identificação	Vazão operacional (l/s)	m³/mês	L/s
Incrá VIII/EPO.IN8.001	2,9	6.016,80	2,3
Incrá VIII/EPO.IN8.004	2,6	5.500,10	2,1
Incrá VIII/EPO.IN8.005	8,9	15.651,60	6
Total		27.168,50	10,4
Total Geral (Captações subterrâneas +Superficiais)		312.484,30	118,9

5. METODOLOGIA

No capítulo a seguir será apresentada a metodologia de pesquisa que foi avaliada na área residencial urbana de Brazlândia/DF. Na Figura 5.1 apresenta-se um resumo da metodologia. A primeira etapa do trabalho foi iniciada com a revisão bibliográfica e teórica sobre temas específicos relacionados à pesquisa. Na segunda etapa foi realizada a caracterização do comportamento do consumidor de água e o ambiente onde se desenvolvia, auxiliado por questionários realizados aplicados em campo. Finalmente foi realizada a análise de resultados obtidos da integração da modelagem de sistemas, hídrico e de agentes (modelagem comportamental). Na Figura 5.1 pode-se observar que na metodologia encontra-se a realização de uma oficina para verificar a percepção do agente quanto ao uso da água.

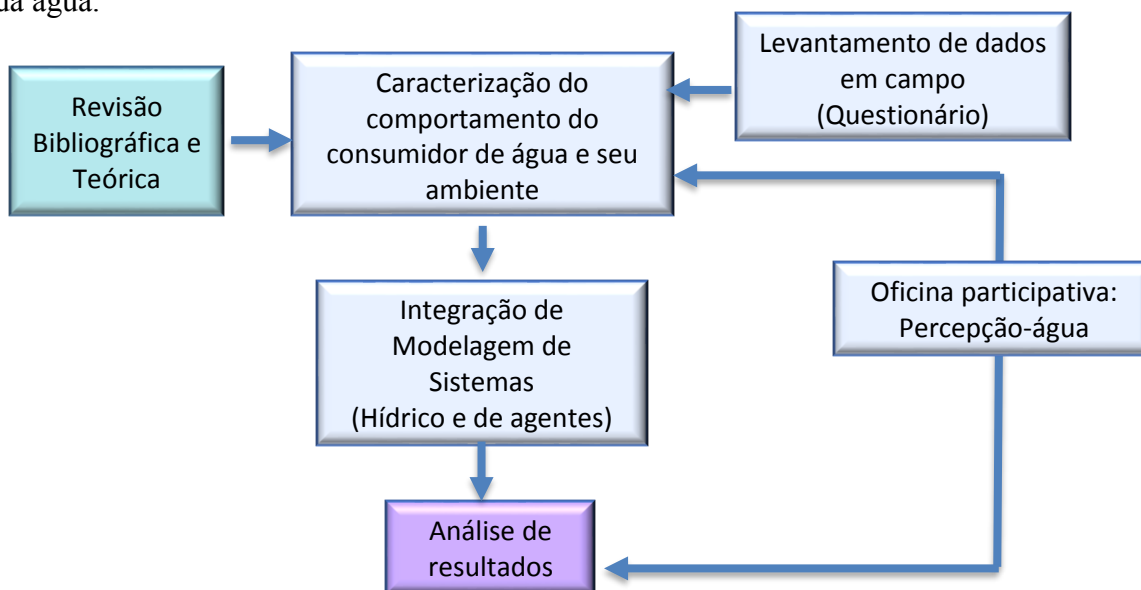


Figura 5.1- Síntese da Metodologia da pesquisa.

Nessa pesquisa foi proposto que os resultados da oficina se utilizem de duas maneiras na metodologia:

1) auxílio na construção da base de dados do agente: nesse caso recomenda-se que a oficina seja realizada no mesmo local de estudo onde foram aplicados os questionários, dessa maneira, os resultados da oficina permitiriam complementar e refinar a caracterização dos consumidores de água que serão utilizados posteriormente na modelagem de agentes.

2) análise de resultados finais: nesse caso a oficina deve ser realizada em um local de estudo diferente ao local onde foram aplicados os questionários, que foi o caso da atual pesquisa, permitindo comparar os resultados finais, verificando similitudes ou diferenças entre agentes residenciais urbanos de diferentes localidades que permitissem auxiliar a construção de padrões de comportamento de agentes residenciais urbanos.

As diferentes etapas da metodologia são detalhadas a seguir:

5.1. REVISÃO TEÓRICA E BIBLIOGRÁFICA

Na revisão bibliográfica e teórica foram abordadas temáticas que permitiram identificar o sistema hídrico como um sistema complexo adaptativo que poderia ser simulado como um sistema multiagentes a través de diferentes modelos. Depois de identificado os estados da arte desses itens foram pesquisados trabalhos científicos e teóricos que utilizassem a gestão adaptativa da água, considerando o sistema hídrico como complexo. Essa etapa ajudou na contextualização da pesquisa e auxiliou a formulação da metodologia proposta.

5.2. CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO DOS CONSUMIDORES DA ÁGUA (CASO DE ESTUDO: BRAZLÂNDIA /DF)

Para caracterizar o comportamento dos consumidores de água da área residencial urbana, foi necessário realizar trabalho em campo aplicando questionários que permitissem entender o comportamento dos agentes em questão relacionado ao consumo de água no domicílio. Para o caso de Brazlândia foram realizados no total 323 questionários de forma aleatória nos 5 bairros da cidade (Vila São José, Veredas, Setor Norte, Setor Sul e Setor Tradicional), caracterizados pela diferenciação marcada dos tipos de renda. É importante destacar que os questionários foram realizados quando já se tinham iniciado medidas de contingência no Distrito Federal (tarifa de contingência, campanhas educativas e racionamento de água) por causa da crise hídrica, porém Brazlândia por ter um sistema de abastecimento isolado, não tinha sido incluída no programa de racionamento de água. Foram realizados 160 questionários de renda baixa, 133 questionários de renda média e 30 questionários de renda

alta. Na caracterização do comportamento do consumidor de água houve duas etapas na realização do trabalho em campo:

1. Levantamento de dados porta a porta: Foram visitados os 5 bairros e entrevistados os habitantes dos domicílios com base no questionário apresentado no Anexo I (Figura 5.2). Nesse caso foram realizados 87 questionários da renda baixa, na sua maioria do Bairro Vila São José, 79 de renda média, nos bairros de Veredas, Setor Norte e Setor Sul e 23 da renda alta, no Setor Tradicional que foi o bairro com mais dificuldade de realização das entrevistas por dificuldade de encontrar os usuários em domicílio. Este levantamento porta a porta, permitiu ter uma visão geral da percepção dos agentes no contexto da crise hídrica, pois além de responder às perguntas dos questionários, eles emitiam opiniões a respeito da temática que favoreceram o delineamento do comportamento do usuário frente ao consumo de água.
2. Levantamento de dados nas escolas: Nesse caso foram visitadas 5 escolas privadas e públicas uma por cada bairro onde foram distribuídos 500 questionários. No total foram respondidos 73 questionários da renda baixa, 54 de renda média e 7 de renda alta.

Nas entrevistas foram realizadas perguntas sobre a influência das campanhas educativas fornecidas pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal-Caesb e o Governo do Distrito Federal e a quantidade de água economizada por causa das campanhas. Igualmente foram realizadas perguntas para conhecer a percepção de consumo de água em época de chuva e seca e estabelecer se para o entrevistado era necessário reduzir o consumo de água para esses períodos específicos. Também foram levantados dados de escolaridade, o número de moradores da casa, o tipo de atividades que realizavam usando água, a opinião respeito aos vizinhos, dentre outras. Todas as residências visitadas eram casas, característico dessa região e na sua maioria eram casas grandes com famílias de 3 a 4 pessoas.



Figura 5.2- Entrevistas porta a porta em Brazlândia/DF.

Todos os questionários foram digitalizados para auxiliar a construção do PAGE (*Perception, Action, Goal, Environmental*) de cada agente e a consolidação da base de dados do BDI nas etapas posteriores facilitando a análise do comportamento do usuário. A construção do PAGE e o BDI serão especificados no item 5.3. Os resultados da caracterização dos domicílios foram analisados por renda familiar, sendo a renda alta > 20 salários mínimos- SM^5 , renda média de 2-10 SM e renda baixa < 2 SM. Cada renda foi classificada por escolaridade: ensino Fundamental Incompleto (FI), ensino Fundamental Completo (FC), ensino Médio Completo (MC), ensino Superior Completo (SC, incluído pós-graduação), como mostra a Tabela 5.1.

Tabela 5.1- número de agentes classificados por renda e escolaridade

⁵ SM: Salário mínimo (2017): R\$937,00

Renda	Número de agentes por escolaridade				Total de agentes
	FI*	FC*	MC*	SC*	
Baixa	22	36	69	33	160
Média	0	16	50	67	133
Alta	0	0	8	22	30

*FI: Ensino fundamental incompleto, FC: Ensino Fundamental Completo, MC: Ensino Médio Completo, SC: Ensino superior Completo

5.3. INTEGRAÇÃO DE MODELAGEM DE SISTEMAS

Na pesquisa foi realizada a integração do modelo baseado em agentes *Hydric-Agent* (Alencar, 2017) e o modelo hídrico *Water Evaluation and Planing- WEAP* (SEI,2001). A implementação computacional da modelagem de agentes foif realizada com base nos dados levantados na presente pesquisa e no modelo conceitual resultante. Os resultados da simulação de agentes foram integrados à simulação hídrica para determinar a influência dos consumidores de água na efetividade das políticas públicas referentes à diminuição de consumo de água para evitar escassez do recurso hídrico.

5.4.1. MODELAGEM BASEADA EM AGENTES

A modelagem baseada em agentes foi realizada com o objetivo de simular o comportamento dos agentes do sistema (domicílios urbanos consumidores de água) frente a políticas de uso do recurso hídrico, para avaliar a adaptabilidade do agente consumidor de água à situação simulada como principal fator para efetividade de políticas referentes ao consumo de água em épocas de crise hídrica.

Para implementar o modelo baseado em agentes e disponibilizá-lo como ferramenta computacional, foi realizada uma parceria entre o Programa de Pós-Graduação de Recursos Hídricos-PTARH e o Departamento de Ciências da Computação-CIC da Universidade de Brasília que conta com experiência na programação de sistemas multiagentes focados na área ambiental. Com base no modelo conceitual concebido nessa pesquisa construído a partir da metodologia Tropos e o PAGE (Percepções, Ações, Objetivos e Ambiente) para área

residencial urbana, foi implementada uma ferramenta computacional para simulação multiagente denominada *Hydric-Agent* (Alencar, 2017). Para realização da modelagem de agentes foram desenvolvidas as seguintes etapas:

1. **Construção do Modelo Conceitual:** O modelo permitiu definir os tipos de agentes, o ambiente, percepções e objetivos. Para construir o modelo conceitual foram considerados os passos que descritos por Pace (2000) resumidos na Figura 3.2 com o passo a passo: Coletar informação sobre o contexto da simulação, identificar as entidades e processos para serem representados, desenvolver elementos de simulação e definir os relacionamentos entre os elementos de simulação.

Nesse caso o contexto de simulação e as entidades foram caracterizados a partir do levantamento de dados por meio de questionários que permitiram construir o PAGE e diagramas que possibilitassem observar o relacionamento entre as entidades e entre elas e o ambiente auxiliado pelos princípios metodológicos de Tropos, baseado no *framework i**.

O PAGE (*Perceptions, Actions, Goals, Environmental*) foi construído a partir das respostas obtidas nos questionários. Nesse caso o PAGE (figura 5.3) foi realizado por categorias de renda familiar no domicílio (baixa, média e alta). As percepções foram definidas como as ações de gestão a serem avaliadas nesse estudo tais como campanhas educativas e aumento de tarifa da água assim como também características do ambiente como chuva e época sem chuvas. As ações foram definidas como economia e desperdício de água. Os valores considerados na construção do PAGE foram baseados nos consumos de água das faturas dos usuários obtidas por meio dos questionários. O objetivo foi definido como “satisfazer as necessidades mensais de uso de água”, e o ambiente foi definido como a área urbana de Brazlândia (Figura 5.3) e para o caso do ambiente de simulação foi considerado o *Grid*. A partir do PAGE foram descritos agentes reativos que posteriormente foram modelados mediante o BDI para serem simulados como agentes racionais.

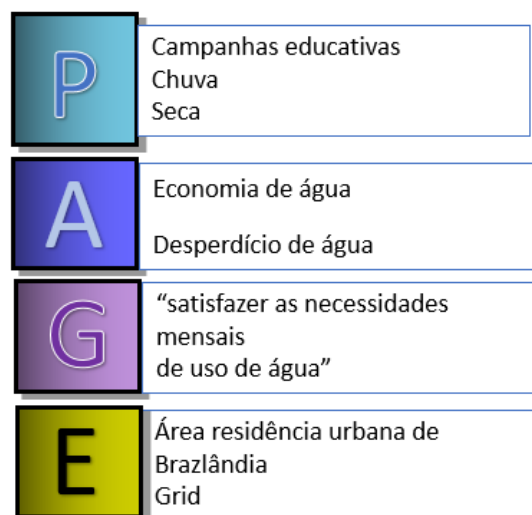


Figura 5.3- Construção do PAGE do modelo conceitual de consumo de água domiciliar em ambiente urbano

A Metodologia TROPOS (Bresciani *et al.*, 2004) cujos princípios de modelagem⁶ são utilizados nessa pesquisa, descritos na seção 3.2.1 e na figura 3.3, é uma metodologia que realiza a modelagem dos atores, de dependências, de metas, de planos e de competências. As noções mentalísticas da metodologia TROPOS são baseadas na arquitetura BDI e considera os seguintes conceitos e relacionamentos (Bresciani *et al.*, 2004):

- Ator (agente): é uma entidade que tem objetivos estratégicos e intenções dentro do sistema representadas por meio de um papel e uma posição.
- Meta (objetivo): representa os interesses estratégicos dos atores que também podem ser expressos como desejos. São divididos em: meta que é o estado futuro que o ator deseja alcançar e meta -flexível (*softgoals*) que são difíceis de afirmar se serão alcançados.
- Plano: Representa a maneira como serão realizadas as ações (a estratégia de ação) para satisfazer algum objetivo.
- Recurso: são dados ou informação que podem ser fornecidas ou recebidas por um ator uma ação.

⁶ Baseado no framework i*

- Dependência: entre dois atores indica que um ator depende de outro, por algum motivo, para alcançar algum objetivo, executar algum plano ou entregar ou usar um recurso.
- Capacidade: representa a habilidade de um ator de definir, escolher e executar um plano para o cumprimento de um objetivo.
- Crença: representa o conhecimento e a percepção dos agentes em relação ao mundo ou ao ambiente.

O Tropos é baseado no *framework i**, que é formado por dois modelos: O modelo SD (modelo de dependências estratégicas -*Strategic Dependency*) utilizado para descrever as relações de dependência entre vários atores em um contexto organizacional e o modelo SR (modelo de razões estratégicas – *Strategic Rationale*) utilizado para descrever os interesses e preocupações das partes interessadas e também como eles poderiam ser abordados por várias configurações de sistemas e ambientes. O SR permite uma compreensão mais profunda sobre os atores estratégicos que raciocinam sobre os processos para serem explicitamente expressos.

Na presente pesquisa os atores foram considerados como os agentes de renda alta, média e baixa, categorizados segundo a escolaridade, e foram definidos os elementos de relacionamento da seguinte maneira (figura 5.4):

- Tarefas: ações que realiza o agente economizando água ou desperdiçando água
- Recurso: água
- Meta principal: satisfazer as necessidades de água
- Meta flexível: diminuir o consumo de água.

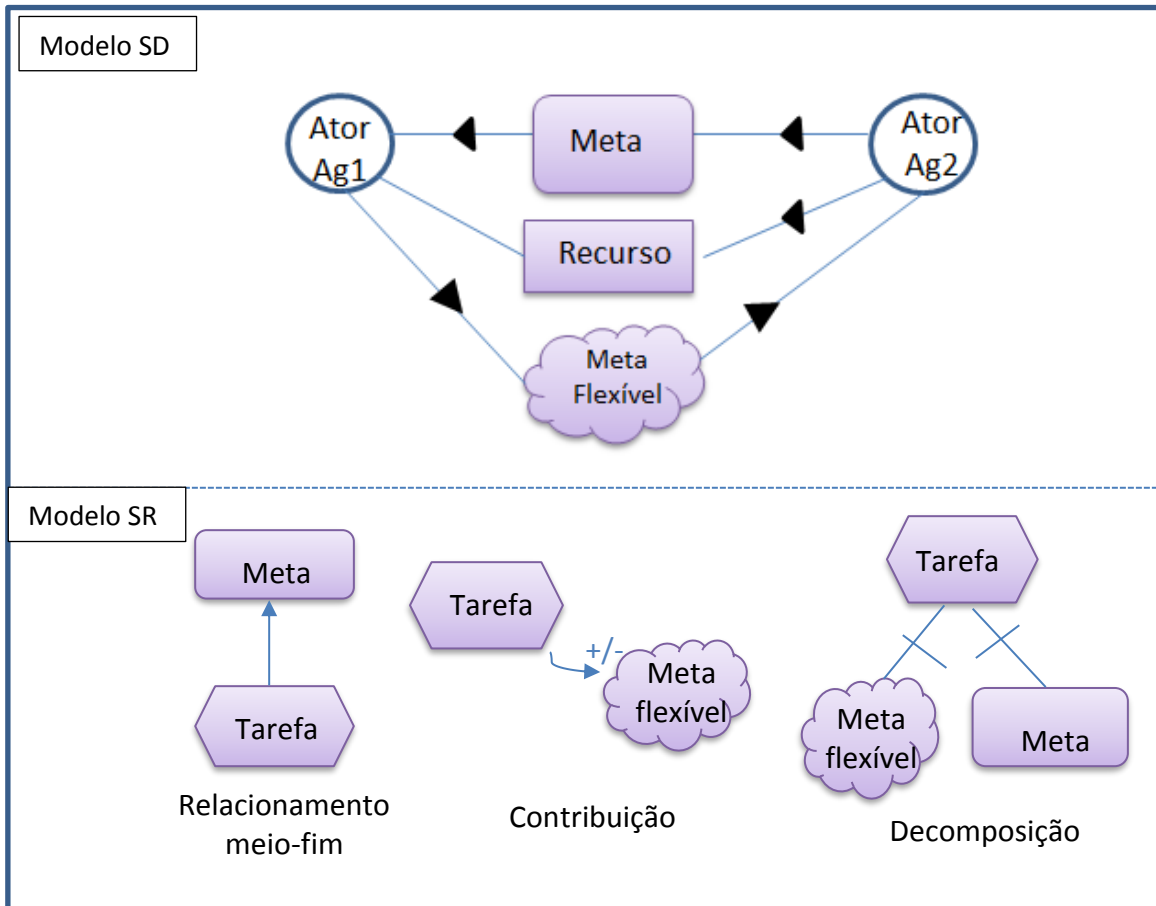


Figura 5.4- Diagramas do *framework i** utilizados na pesquisa

2. **Construção do modelo BDI (*Believe, Desire, Intentions*):** Para a construção da base de dados dos agentes necessários para o BDI, os usuários foram analisados segundo o tipo de renda e para cada renda foram classificados segundo o nível de escolaridade (ensino fundamental incompleto, ensino fundamental completo, ensino médio completo e ensino superior completo). As crenças consideradas na construção do BDI foram determinadas segundo a informação levantada em campo como observado na figura 5.5, que mostra as crenças consideradas como fatos verdadeiros para os agentes; os desejos, descritos como satisfazer as necessidades de água e economizar água e as intensões que nesse caso é uso da água considerando as crenças: seca, chuva, tarifa etc. e também considerando o tipo de agente que pode ser cooperativo e não cooperativo. Como exemplo para entender melhor as intensões dos agentes, pode-se ter um agente cooperativo que faz uso consciente da água, motivado pela época seca e tarifa e um agente não cooperativo pode usar a água a vontade

(uso não consciente), nas mesmas condições de seca e existência de tarifa, só que para esse caso essas condições não motivaram o suficiente o agente para mudar intensão de uso de água de maneira cooperativa.

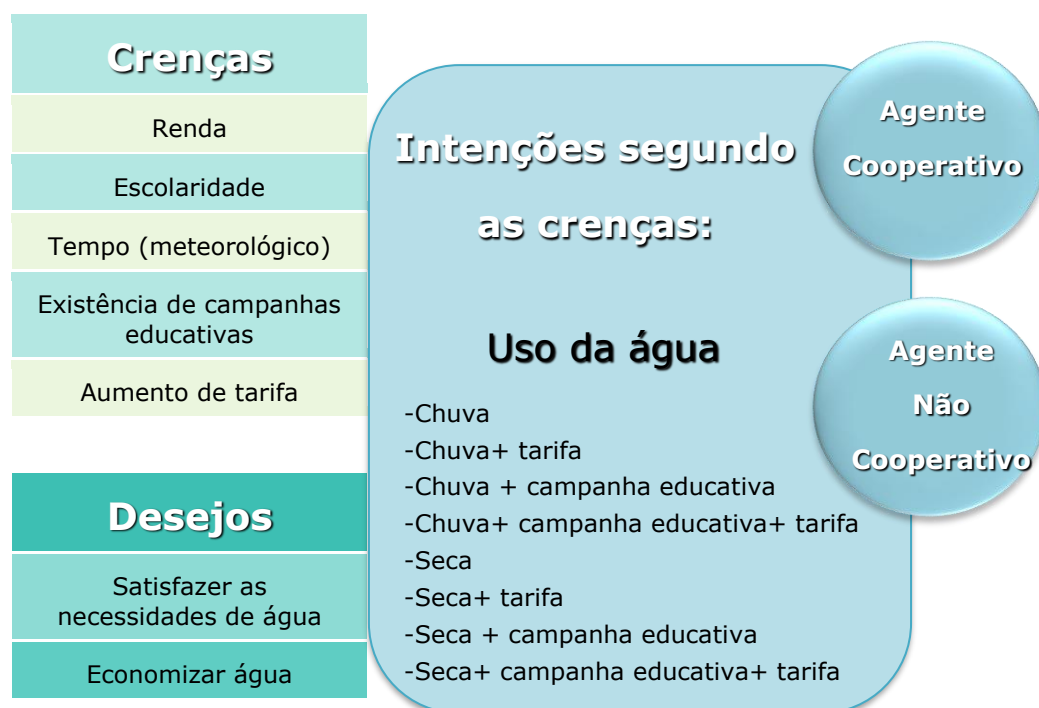


Figura 5.5- Construção das Crenças, Desejos e Intenções (BDI)

Para cada crença foram determinados planos de ação mediante as ações predominantes de economia e desperdício de água do agente, classificado previamente por nível de escolaridade e renda. Foram filtradas as respostas dos agentes e observado que tipo de atividade predominava em época de chuva, seca e demais variações colocadas nas crenças.

Os Planos foram formados por conjuntos de atividades ou tarefas tais como:

- ✓ Não usar mangueira para lavar calçadas, carro etc (*hoseSave*)
- ✓ Usar mangueira para lavar calçadas, carro etc (*houseWaste*)
- ✓ Fechar a torneira enquanto escova os dentes, lava a louça, etc (*tap*)
- ✓ Reutilizar água da máquina de lavar (*washingMachine()*)

- ✓ Fazer uso da máquina de lavar com a capacidade máxima de roupas (*washingMachineSave*)
- ✓ Não fazer o uso da máquina de lavar com a capacidade máxima de roupas (*washingMachineWaste*).
- ✓ Tomar banhos longos (superior a 5 minutos) (*longShower()*)
- ✓ Tomar banhos curtos (até 5 minutos) (*shortShower()*)
- ✓ Armazenar água da chuva (*rainWater*)

Os planos são diferentes para cada agente (de renda baixa, média e alta), considerando a escolaridade. Os planos podem ser observados no anexo III do documento. Os valores de economia e/ou desperdício de água para cada plano de ação foram determinados segundo as respostas dos usuários e segundo valores de gasto de água encontrados para cada atividade como é apresentado na tabela 5.2, os valores economizados e desperdiçados foram calculados considerando o tempo meteorológico, o número de pessoas das residências, as crenças dos agentes entrevistados e o número de vezes que era realizada a ação.

Os valores médios de economia e desperdício dos agentes foram calculados considerando as especificações apresentadas na tabela 5.2, dando como resultados os valores apresentados nas tabelas 5.3, 5.4 e 5.5, para cada escolaridade e renda.

Tabela 5.2- Quantidade de água utilizada para cada atividade dos agentes

Atividades-Plano de ação	Valor de quantidade de água utilizada para cada atividade*	Número de vezes por semana	Valores de gasto de água segundo a resposta dos questionários
Usa mangueira para lavar calçadas, quintal ou garagem	279 litros	1 vez por semana	N=0 S=279 L *4 semanas AV=279*2 semanas
Usa mangueira para lavar carro	216 Litros	2 vezes por mês	N=0 S=216L* 2 semanas AV=216L
Reutiliza água da máquina de lavar	150 Litros	2 vezes por semana	N=0 S=150L*2 (vezes por semana)*4 (semanas) AV= 150L*4 semanas.
Armazena e usa água de chuva	150 Litros	2 vezes por semana (época de chuva)	N=0 S=150* 2 vezes por semana AV=150L
Fecha a torneira em quanto ensaboa a louça	20 Litros	Torneira fechada. Gasto de água considerando que a louça é lavada duas vezes por dia.	N=117*2(vezes por dia)*30 dias S=20*2 vezes por dia*30 dias
	117 Litros	Torneira aberta. Gasto de água considerando que a louça é lavada duas vezes por dia.	
Fecha a torneira enquanto escova os dentes	12 Litros	Torneira fechada. No cálculo da quantidade de água do agente foi considerado o número de pessoas da residência.	N=12*NP*2 vezes por dia*30dias S=0,5Litros*NP*2vezes por dia*30 dias. AV=6*NP*2 vezes por dia*30dias NP= número de pessoas no domicilio
	11,5 Litros	Torneira aberta. No cálculo da quantidade de água do agente foi considerado o número de pessoas da residência.	
Fecha o chuveiro enquanto se ensaboa	45 Litros	Chuveiro aberto. No cálculo da quantidade de água do agente foi considerado o número de pessoas da residência.	N=45*NP*30 S=15*NP*30 AV= (45*NP*30 dias)/2 NP= número de pessoas no domicilio
	15 Litros	Chuveiro fechado. No cálculo da quantidade de água do agente foi considerado o número de pessoas da residência.	
Lava a roupa utilizando a capacidade máxima da máquina de lavar	150 Litros.	No cálculo da quantidade de água do agente foi considerado o número de pessoas da residência.	Se resposta=N: Se NP>3; 150*5 vezes por semana*1,5*4 semanas. Se NP=<3 150*NP*1,5* 4 semanas Se resposta=S Se NP>3; 150*5 vezes por semana*NP*4 semanas

			Se $Np < 3150 * NP * 4 \text{semanas}$ Se resposta AV: $Se NP > 3; 150 * 5 * 1,25 * 4$ Se $NP < 3;$ $150 * NP * 1,25 * 4$
--	--	--	--

*Fonte: Sabesp(2014);Caesb(2016)

Tabela 5.3- Valores médios calculados da quantidade de água economizada e desperdiçada segundo o tipo de ação, por escolaridade para renda baixa

Ação	Observação	Economiza(L/s)	Desperdiça(L/s)
Reutilizar agua da maquina	Valores para todas as escolaridades e rendas	1,2	
Uso da mangueira		1,54	1,54
Armazenar chuva		0,3	
Torneira		4,4	
Ensino Fundamental Incompleto			
Uso da capacidade máxima da máquina de lavar	com aumento de tarifa	1,17	1,35
	sem aumento de tarifa	0,58	0,67
Uso do chuveiro	seca	1,87	1,37
	chuva	1,6	2,5
Ensino Fundamental Completo			
Uso da capacidade máxima da máquina de lavar	com aumento de tarifa	1,02	0,37
	sem aumento de tarifa	0,84	0,65
Uso do chuveiro	seca	1,08	0,99
	chuva	3,04	1,02
Ensino Médio Completo			
Uso da capacidade máxima da máquina de lavar	com aumento de tarifa	0,74	0,92
	sem aumento de tarifa	0,85	0,78
Uso do chuveiro	seca	2,98	1,01
	chuva	0,9	0,9
Ensino Superior Completo			
Uso da capacidade máxima da máquina de lavar	com aumento de tarifa	0,85	0,56
	sem aumento de tarifa	0,93	0,22
Uso do chuveiro	seca	2,27	1,48
	chuva	2,4	1,35

Tabela 5.4-Valores médios calculados da quantidade de água economizada e desperdiçada segundo o tipo de ação, por escolaridade para renda alta

Ação	Observação	Economiza(L/s)	Desperdiça(L/s)
Reutilizar água da máquina	Valores para todas as escolaridades e rendas	1,2	
Uso da mangueira		1,54	1,54
Armazenar chuva		0,3	
Torneira		4,4	
Ensino Médio Completo			
Uso da capacidade máxima da máquina de lavar	com aumento de tarifa	0,5	0,1
	sem aumento de tarifa	1,25	0,29
Uso do chuveiro	seca	2,92	1,95
	chuva	0,675	1,3
Ensino Superior Completo			
Uso da capacidade máxima da máquina de lavar	com aumento de tarifa	0,26	0,12
	sem aumento de tarifa	1,16	0,93
Uso do chuveiro	seca	1,38	2,01
	chuva	0,9	1,8

Tabela 5.5-Valores médios calculados da quantidade de água economizada e desperdiçada segundo o tipo de ação, por escolaridade para renda média

Ação	Observação	Economiza(L/s)	Desperdiça(L/s)
Reutilizar água da máquina	Valores para todas as escolaridades e rendas	1,2	
Uso da mangueira		1,54	1,54
Armazenar chuva		0,3	
Torneira		4,4	
Ensino Fundamental Completo			
Uso da capacidade máxima da máquina de lavar	com aumento de tarifa	0,92	1,35
	sem aumento de tarifa	0,60	1,08
Uso do chuveiro	Seca	1,9	2,08
	chuva	0,675	1,3
Ensino Médio Completo			
Uso da capacidade máxima da máquina de lavar	com aumento de tarifa	0,83	0,14
	sem aumento de tarifa	0,71	0,58
Uso do chuveiro	Seca	2,5	1,7
	chuva	0,675	1,3
Ensino Superior Completo			
Uso da capacidade máxima da máquina de lavar	com aumento de tarifa	0,82	0,3
	sem aumento de tarifa	0,76	0,6
Uso do chuveiro	Seca	2,2	1,4
	chuva	0,45	0,9

3. **Simulação:** A simulação foi realizada utilizando a plataforma *Hydric-Agent* (Alencar,2017) que foi implementado com base no modelo conceitual definida ao longo dessa pesquisa. *Hydric-Agent* foi construído utilizando *Java* com o *framework* *Jadex*, e, portanto, foi necessário o levantamento de dados primários (Questionários) para construção de uma base de crenças, objetivos e planos dos agentes, descritos anteriormente, para desenvolver o modelo.

Na figura 5.6 pode-se observar o raciocínio no *Jadex* que é um processo composto por dois componentes intercalados. Por um lado, o agente reage a mensagens recebidas, eventos internos e objetivos, selecionando e executando planos. Por outro lado, o agente delibera continuamente sobre seus objetivos atuais, para decidir sobre um subconjunto consistente, que deve ser perseguido. Os principais conceitos de *Jadex* são crenças, objetivos e planos. As crenças, objetivos e planos do agente são definidos pelo programador e prescrevem o comportamento do agente. Por exemplo, as crenças atuais influenciam a deliberação e os processos de raciocínio do agente, e os planos podem mudar as crenças atuais enquanto são executadas. As crenças alteradas, por sua vez, podem causar eventos internos, o que pode levar à adoção de novos objetivos e à execução de outros planos (*JADEX*,2017)

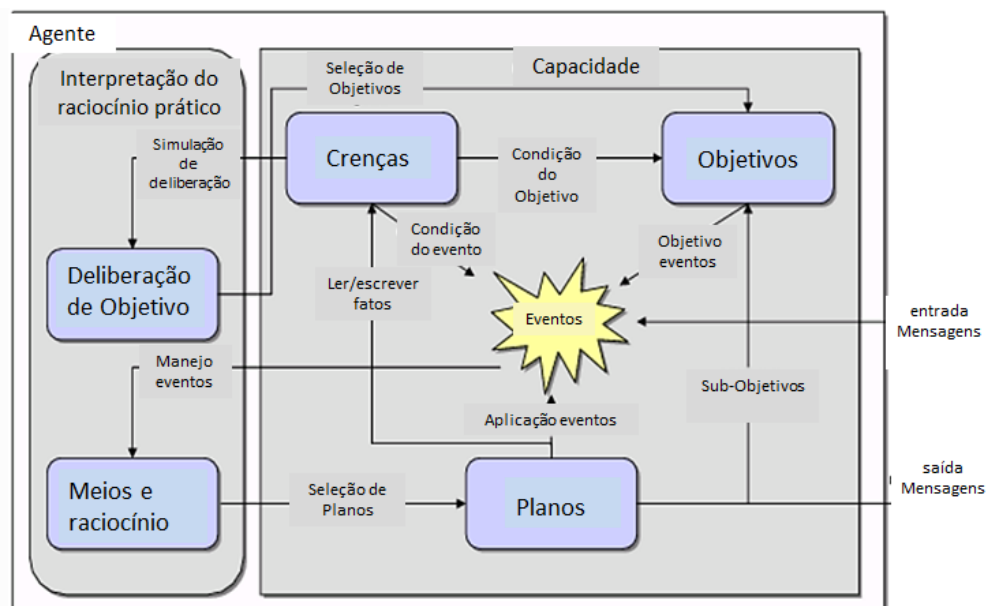


Figura 5.6-Arquitetura de Jadex adaptado de (*JADEX*,2017)

A arquitetura proposta por Alencar,(2017) consistiu em uma hierarquia híbrida (*top-down* e *bottom-up*) formada por três camadas: camada de interface, camada de controle e a camada física, a sua implementação definem os agentes transformadores que utilizam recursos de acordo com a tipologia determinada pelo usuário.

A simulação é visualizada em um *grid* que representa um conjunto de células onde as transições da simulação podem ser observadas, de forma análoga a um tabuleiro. O tamanho e o estado inicial podem ser definidos pelo usuário, e, cada célula representa um domicílio ou agente utilizador de água. A Figura 5.7 ilustra um *grid* de simulação de tamanho 20x20. As cores distintas representadas na figura 5.8 foram atribuídas às diferentes categorias de agentes, renda baixa, renda média e alta. Com o passar dos meses (*steps* de simulação) os agentes percebem mudanças no ambiente e tomam ações que resultam em um comportamento cooperativo ou não-cooperativo. As cores dos agentes são exibidas e atualizadas no *grid* de simulação para melhor compreensão do usuário. A arquitetura foi dividida em (Alencar,2017):

- ✓ **Camada de Interface:** A camada de interface fornece ao usuário a visualização do cenário em formato grid e as opções de configurações do sistema. Através dessa camada o usuário pode configurar o tamanho do grid, adicionar ou excluir agentes (através de cliques nas células do grid), alterar o ambiente com a inserção ou remoção das crenças, controlar os *steps* da simulação, iniciar/pausar a execução do software e gerar o relatório da simulação.
- ✓ **Camada de Controle:** Nessa camada, as configurações definidas através da Camada de Interface serão utilizadas para execução da simulação.
- ✓ **Camada Física:** Na camada física atuam os agentes consumidores de água com seu modelo de raciocínio BDI. Essa camada também é responsável por gerar todos os dados de consumo dos agentes na simulação multiagente e enviá-los para a camada de controle para que possam ser transcritos em formato de relatório. O relatório é gerado em formato.txt.

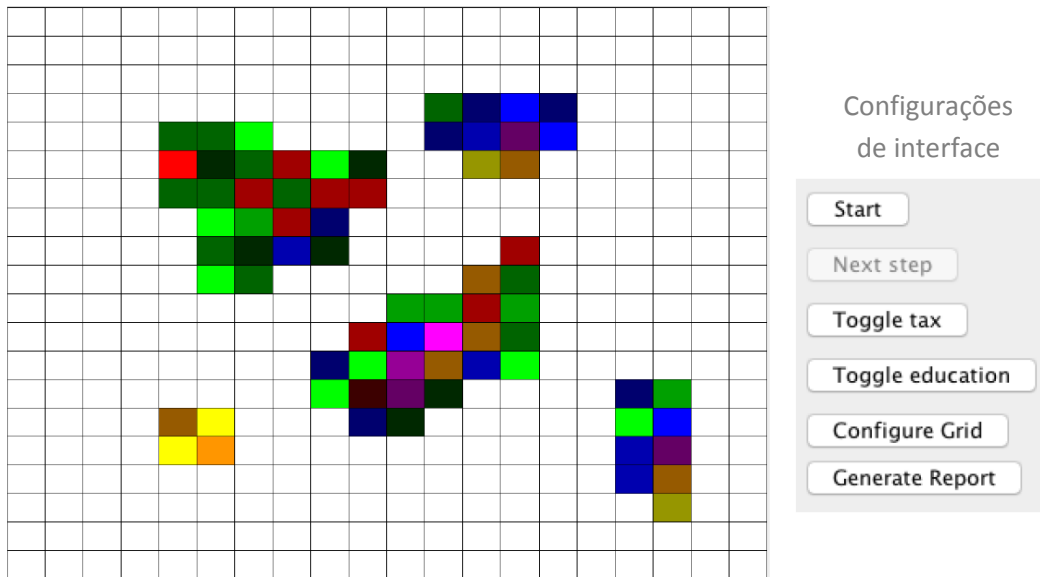


Figura 5.7- Grid de simulação de *Hydric-Agent* (Alencar,2017)

O cooperativismo dos agentes pode ser identificado pelas cores estabelecidas para cada renda e escolaridade como apresentado na Figura 5.9

Quanto aos requisitos funcionais do software *Hydric-Agent* tem-se:

1. O modelo pode ser configurado dentro do programa, ou seja, é independente da ferramenta. O usuário pode configurar as características do modelo como tamanho do *grid* de simulação, os tipos e o número de agentes.
2. O usuário tem controle sobre as configurações dos planos de ações agentes. Dessa forma, os planos de ações para cada tipo de agente são particulares.
3. Diferentes tipos de agentes possuem representações diferentes no *grid* de simulação. A representação dos agentes é configurável pelo usuário
4. O usuário pode criar, excluir ou modificar as ações e seus valores nominais. Assim, o consumo de água para cada ação pode ser configurado para satisfazer o modelo desejado.

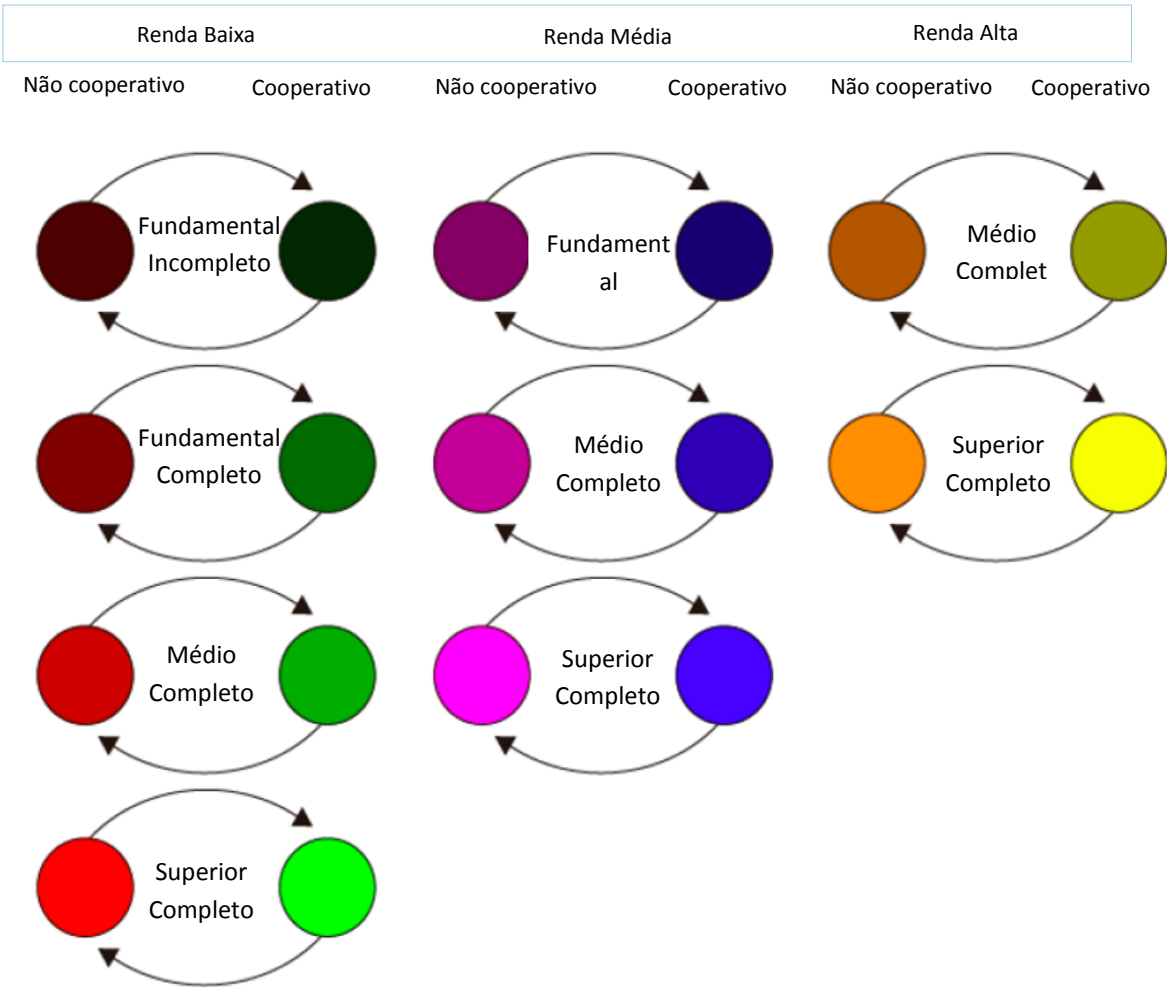


Figura 5.8-Calassificação visual dos agentes no *Hydric-Agent* (Alencar,2017)

5. O usuário pode criar, apagar ou modificar novas regras e configurar a forma com que elas impactam no raciocínio BDI dos agentes.
6. O usuário pode alterar o ambiente através das regras durante a execução do modelo. Dessa forma, as regras podem variar em intervalos (*steps*) específicos da simulação.
7. Ao final da execução do programa é gerado um relatório de saída, contendo informações mensais sobre o consumo total de água por tipo de agente e o número de agentes que apresentaram comportamento cooperativo.

5.4.2. MODELAGEM HÍDRICA (WEAP)

A modelagem comportamental nos itens anteriores teve como objetivo identificar a influência do usuário na efetividade das ações de gestão da água na área urbana, e o modelo hídrico permitiu avaliar a demanda não atendida de água causada pelo comportamento do usuário frente a políticas utilizadas no modelo de agentes, facilitando o desenvolvimento de uma estratégia metodológica a propor neste trabalho.

A modelagem do sistema hídrico foi realizada na plataforma *Water Evaluation and Planning –WEAP* (SEI, 2001) considerando crescimento populacional e a sazonalidade da região. O modelo permitiu fazer uma análise das quantidades de água que são retiradas dos mananciais considerando as épocas de chuva e sem chuva, permitindo também identificar o estresse hídrico ocasionado pela dinâmica de fornecimento de água.

O WEAP é um sistema de suporte a decisão que é utilizado como ferramenta para o planejamento e gestão de sistemas hídricos. O WEAP permite o desenvolvimento de uma rede de nós e arcos para simular a demanda da água numa zona determinada, considerando prioridades e preferências de abastecimento e avaliar as necessidades associadas ao recurso hídrico.

O WEAP inclui uma interface gráfica e algoritmos de solução robusta para resolver problemas de alocação de água. A estrutura do modelo apresenta-se em linguagem de programação *Delphi Studio*[®] (*Borland Software Corporation*) e utiliza o *software Map Objects*[®] do *Environmental Systems Research Institute – ESRI* (Yates *et al.*, 2005).

O modelo conta com módulos de alocação, de hidrologia, de qualidade, de análise financeira, modulo para estudos de hidrelétricas e análises climáticas. O módulo de hidrologia é o primeiro em se executar para construir o estado da hidrologia da bacia, fornecendo as variáveis de balanço de massa usadas no problema de distribuição linear da água. O modelo divide a bacia em sub-bacias que por sua vez são divididas em N frações de áreas, e o balanço de água é feito para cada fração de área. Nelas o clima é assumido uniforme.

Para iniciar o trabalho com o WEAP, foi construído um esquema da área de estudo constituída por nós de demandas da área urbana de Brazlândia, rios que abastecem a rede de água potável da região, e arcos que distribuem a água para os diferentes nós (Figura 5.9). A rede foi formada pelos seguintes elementos:

- ✓ Nós: Representam as demandas das rendas analisadas na pesquisa: Renda Baixa, Renda Média e Renda alta.
- ✓ Arcos: Nesse caso, foram utilizados arcos entre os rios que abastecem a área residencial de Brazlândia e os nós de demandas para distribuir a água potável na área de estudo.
- ✓ Rios: Foram considerados os correjos Capão da Onça e Barracão, fontes de abastecimento de Brazlândia. A Caesb forneceu dados de vazões do rio Barracão e Córrego da Onça desde 1998 até 2016.

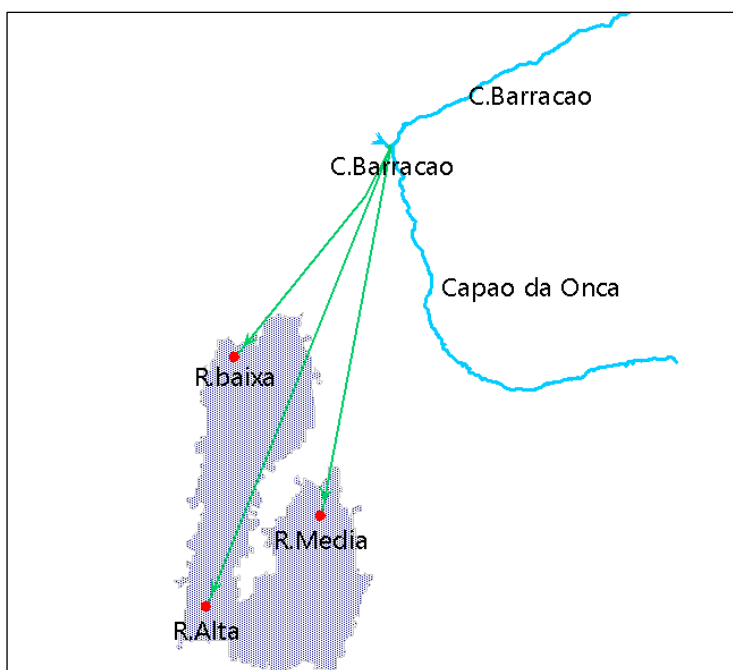


Figura 5.9-Esquema da rede hídrica da área de estudo construída em WEAP

Uma vez definida a rede que representa o sistema hídrico de abastecimento urbano foram introduzidos os dados executados para ter uma visão da situação de disponibilidade hídrica, oferta e demanda da área de estudo. Os dados de entrada foram:

- **Nós de demanda**

A informação introduzida nos nós de demanda da rede foi:

- ✓ Número de domicílios: a informação foi obtida a partir da Pesquisa Distrital por Amostras de Domicílios (PDAD) de Brazlândia do ano 2015.
- ✓ Consumo por domicílio (*Annual water use rate*): calculado segundo dados simulados no *Hydric-Agent*.
- ✓ Taxa média de crescimento de população /domicílios (*Annual activity level*): considerada a taxa do CODEPLAN (2015) de 1,3 %.(Figura 5.10)

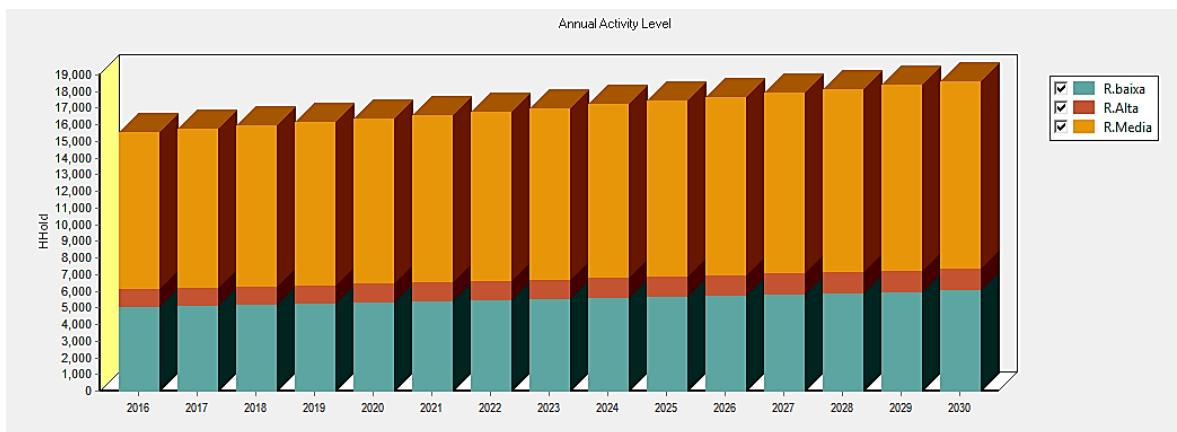


Figura 5.10- Taxa de crescimento projetada dos domicílios de Brazlândia no WEAP

- ✓ Prioridade: Estabelece a prioridade de consumo de água potável, o valor pode variar de 1-99 segundo as necessidades de consumo. A prioridade de consumo pode ter diferentes valores dependendo da atividade do nó. Geralmente o consumo para água potável tem maior prioridade que atividades como a agricultura, indústria, etc. Nesse estudo foram consideradas somente as demandas de água potável da área residencial de Brazlândia e foi inserido o valor de 1 (um) para todos os nós, pois apresentam as mesmas necessidades de consumo de água. Esse item é indispensável no módulo de alocação do WEAP para distribuição do recurso hídrico, segundo as necessidades dos nós colocados na rede.

O WEAP permite simular vários cenários sendo eles o ano base, cenário de referência, e cenários de mudança de comportamento:

Ano base (*current account*): representa as condições iniciais do sistema hídrico. Para o ano base foi escolhido o ano 2016, pois tem-se dados representativos para o estudo nesse ano. Para o ano de 2016 foram inseridas as vazões fornecidas pela Caesb do córrego da Onça e Barracão, assim como os consumos de água dos agentes de renda baixa média e alta simulado nos *Hydric-Agent* obtido sem implementar medidas de gestão da água.

Foram realizadas dois tipos de simulações: 1) Simulação única , 2) Simulação mediante *bootstrap*.

1) Simulação única: Nesse caso, no Cenário de Referência⁷, foram inseridas as vazões de 2000 até 2015 nos córregos Barracão e Capão da Onça, como apresentado na Figura 5.11, e foram obtidos valores de demanda não atendida para 15 anos.

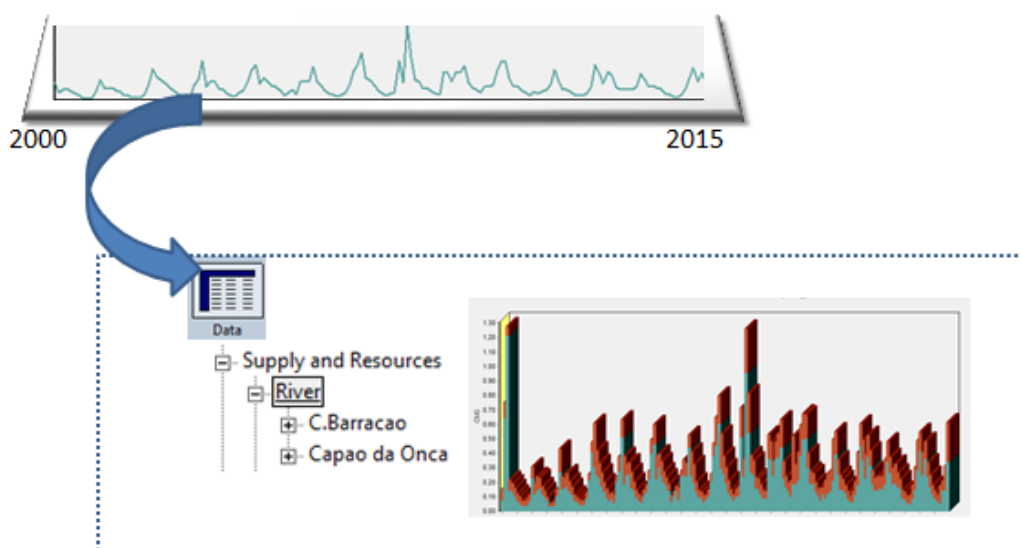


Figura 5.11- Inserção de Vazões no Cenário de Referência da simulação única

Quanto aos cenários de mudança de comportamento, foram avaliados o Cenário de Campanhas Educativas e Cenário de Referência segundo os valores da Tabela 5.6.

Na simulação dos cenários de mudança de comportamento foi realizada a integração dos dois modelos considerando os seguintes cenários:

- Cenário 1 WEAP: utilizando o consumo de água resultante do comportamento dos usuários aplicando campanhas educativas em *Hydric-Agent*.

⁷ herda as características do ano base e tem evoluções similares do sistema atual, sem intervenção

- Cenário 2 WEAP: utilizando o consumo de água resultante do comportamento dos usuários aplicando aumento de tarifa de água em *Hydric-Agent*.

Tabela 5.6- Média do consumo de água anual simulado em *Hydric-Agent* inseridos em *anual water use rate* de WEAP

Nó de Demanda	CENÁRIO			
	Ano base (m ³ /domicilio/ano)	Referência (m ³ /domicilio/ano)	Campanhas Educativas (m ³ /domicilio/ano)	Tarifa (m ³ /domicilio/ano)
Renda Alta	204	204	188	200
Renda Média	200	200	174	174
Renda Baixa	197	197	183	182

2) Simulação mediante *bootstrap* : foi realizada uma amostragem de vazões aleatória da amostra original (vazões de 1998-2015) com reposição , de tal forma que alguns dos anos não foram selecionados e outros poderiam ser selecionados mais de uma vez em cada amostragem. Esse procedimento foi realizado muitas vezes até obter os 15 anos de cada simulação, considerando que foram 100 simulações (Figura 5.12)

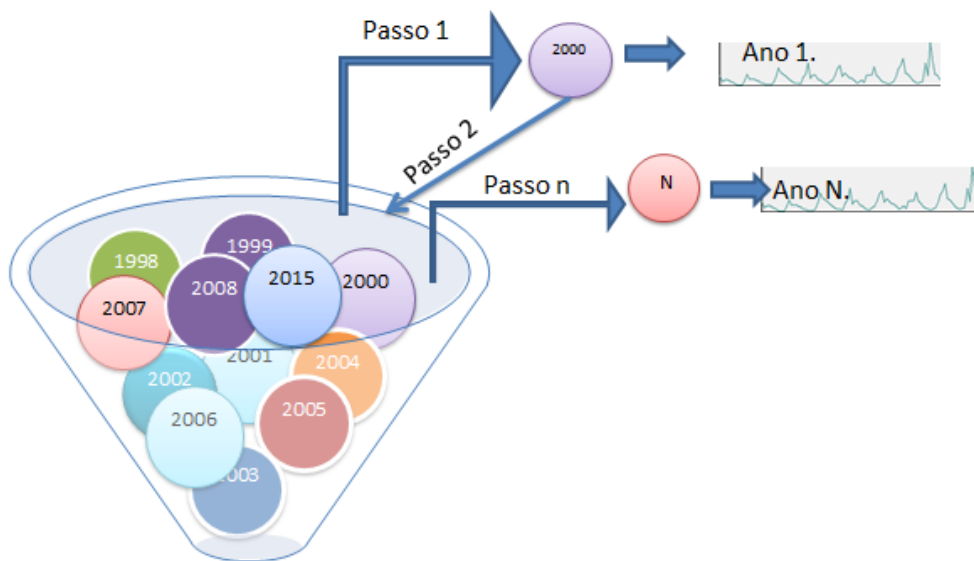


Figura 5.12-Metodologia *bootstrap* de vazões utilizada na pesquisa

Para esse caso os dados de consumo foram os apresentados na tabela 5.6. Uma síntese da proposta de integração dos modelos dessa pesquisa é apresentada na Figura 5.13.

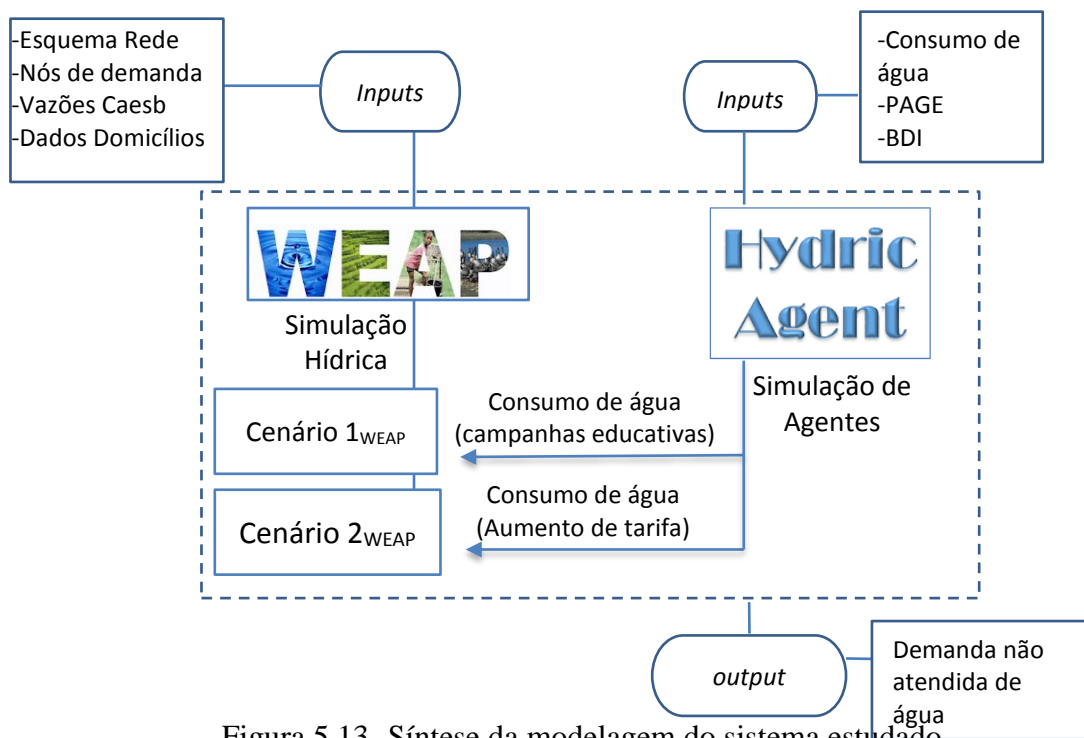


Figura 5.13- Síntese da modelagem do sistema estudado

5.4. ANÁLISE DE DADOS DE CONSUMO DE ÁGUA EM BRAZLÂNDIA FORNECIDOS PELA CAESB.

A Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal-Caesb fornece água para a população do Distrito Federal através de cinco sistemas produtores: Descoberto, Torto-Santa Maria, Sobradinho-Planaltina Brazlândia e São Sebastião. No caso da Região Administrativa de Brazlândia, o sistema capta água dos mananciais Capão da Onça e Barrocoão. A Caesb conta com registros dos consumos mensais de água das residências de Brazlândia os quais foram fornecidos para a pesquisa. Os dados proporcionados foram de consumo faturado e consumo medido por logradouro, desde o ano 2014 até 2017. A série de dados permitiu realizar uma análise do consumo da área urbana de Brazlândia por bairros possibilitando

observar as variações nos valores de consumo considerando a sazonalidade da área de estudo e as diferentes ações de gestão que a Caesb e o GDF vêm implementando nos últimos anos por causa da diminuição dos níveis de água das fontes hídricas do Distrito Federal. Os valores de consumo de água fornecidos pela Caesb permitiram verificar alguns resultados obtidos pela integração de modelos.

5.5. REALIZAÇÃO DE OFICINA: ATITUDE ÁGUA: EU PERCEBO, EU CONHEÇO, EU DEFENDO.

Para ter uma visão mais ampla do comportamento das pessoas com respeito ao consumo de água foi realizada a oficina: *Atitude água: eu percebo, eu conheço, eu defendo*, no I Congresso Internacional de Engenharia de Saúde Pública e de Saúde Ambiental da Funasa- I CIESA o dia 30 de novembro de 2017. A oficina foi utilizada como descrito no início do Item 6 onde se propõe utilizar a oficina de duas maneiras: no mesmo local da área de estudo da pesquisa, e em um local diferente. Na presente pesquisa foi utilizada seguindo a segunda opção pois foi realizada para obter as percepções de pessoas de outras localidades. A oficina possibilitou observar padrões de comportamento de usos de água urbana em outros estados similares aos obtidos no caso de estudo dessa pesquisa, permitindo também complementar a análise de resultados.

A oficina foi realizada com 10 participantes dos estados de Paraíba, Pará e o Distrito Federal, todos profissionais e estudantes relacionados com a área de saneamento e saúde ambiental. Depois de realizada uma palestra relacionada à temática de gestão da água, na oficina foram formados 4 grupos de duas pessoas: 1 grupo representando o estado de Paraíba, 2 grupos de Pará e 1 grupo do DF (Figura 5.15).

A metodologia utilizada na oficina foi construída para captar as percepções dos participantes. Nesse caso foi distribuída uma folha de papel pardo para cada grupo com uma frase no centro: “Uso consciente da água”, igualmente foram distribuídos círculos de diferente tamanho: tamanho 1 (muito importante), tamanho 2 (medianamente importante) e tamanho 3(pouco importante). Foi solicitado aos participantes que colocassem nos círculos as ações relacionadas ao consumo consciente da água, elas seriam colocadas nos círculos segundo a

importância e localizadas no papel, conforme a realização dessa ação (quanto mais próximo da frase central, a ação tinha maior frequência de realização pela comunidade que estava representando o grupo). Depois de desenvolvida a atividade os grupos realizaram uma exposição explicando os digramas. Na Figura 5.16 é apresentado um exemplo onde a Ação “aumento tarifa” é muito importante e frequentemente realizada, as ações “investimento” e “reuso” são medianamente importantes e muito realizadas, a Ação Bônus pouco importante e medianamente realizada e a ação “c.educativas” muito importante, mas pouco realizada.



Figura 5.14- Trabalho em grupos da Oficina Atitude água: eu percebo, eu conheço, eu defendo, no I Congresso Internacional de Engenharia de Saúde Pública e de Saúde Ambiental da Funasa

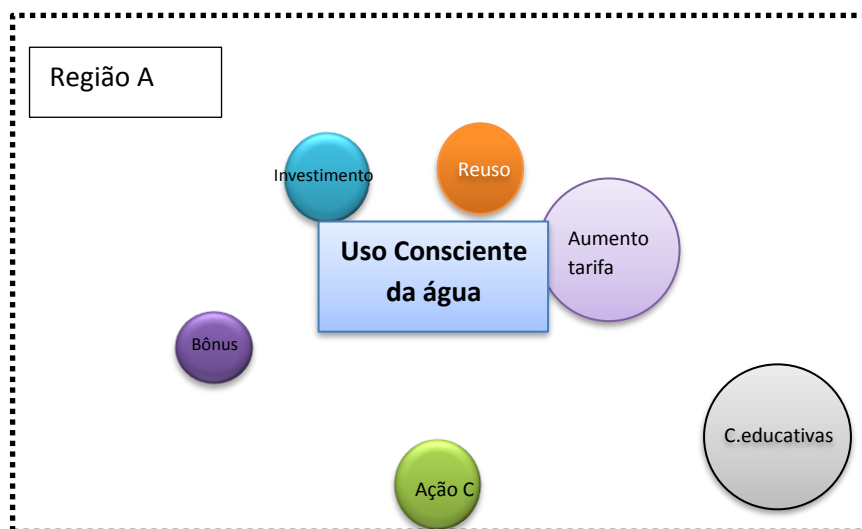


Figura 5.15- Metodologia da oficina utilizando Diagramas

6. RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados relativos ao Modelo conceitual, Simulação de agentes, análise de vazões de Brazlândia fornecidos pela Caesb a integração de plataformas para auxiliar a gestão adaptativa do sistema e resultados da oficina de percepção de agentes.

6.1. MODELO CONCEITUAL DO COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR DOMÉSTICO DE ÁGUA EM BRAZLÂNDIA

- **Tipos de Agentes:**

Na concepção do modelo, foram considerados agentes residenciais de renda baixa, média e alta que poderiam se comportar de forma cooperativa e não cooperativa, os agentes não foram considerados como indivíduos, mas como casas ou domicílios da área urbana estudada (Brazlândia/DF). Os agentes foram divididos em:

- **Agentes Não Cooperativos:** não se adaptam às regras de consumo de água estabelecidas pelo gestor, não diminui a quantidade de água consumida, podendo ainda, aumentar o consumo. Na simulação foi considerado como agente não cooperativo, o agente que consumia quantidade de água acima da média de água consumida para uma renda determinada.
- **Agente Cooperativo:** adapta-se às regras de consumo de água estabelecidas pelo gestor, diminui a quantidade de água consumida. Na simulação foi considerado como agente cooperativo, o agente que consumia quantidade de água abaixo da média consumida para uma renda determinada.

- **Caracterização dos padrões de consumo de água em domicílios da área urbana de Brazlândia: levantamento de campo.**

Nos resultados apresentados a seguir os agentes são descritos como reativos e suas características e estratégias de ação foram construídas mediante a metodologia PAGE (*Perceptions, Actions, Goals, Environmental*).

Para construir o PAGE foram realizadas entrevistas aos consumidores da água da área urbana residencial indagando sobre o uso da água, a percepção de consumo e quantidades de água consumidas nas atividades cotidianas. No total foram 323 entrevistas em 5 bairros caracterizados pela diferenciação de tipos de renda.

Nos questionários foi perguntado pela escolaridade e número de moradores da casa, pois, foi considerado que esses dados poderiam ter uma influência nos hábitos de consumo de água. A porcentagem de escolaridade e a média do número de pessoas que moravam no local são apresentadas na figura 6.1 e 6.2

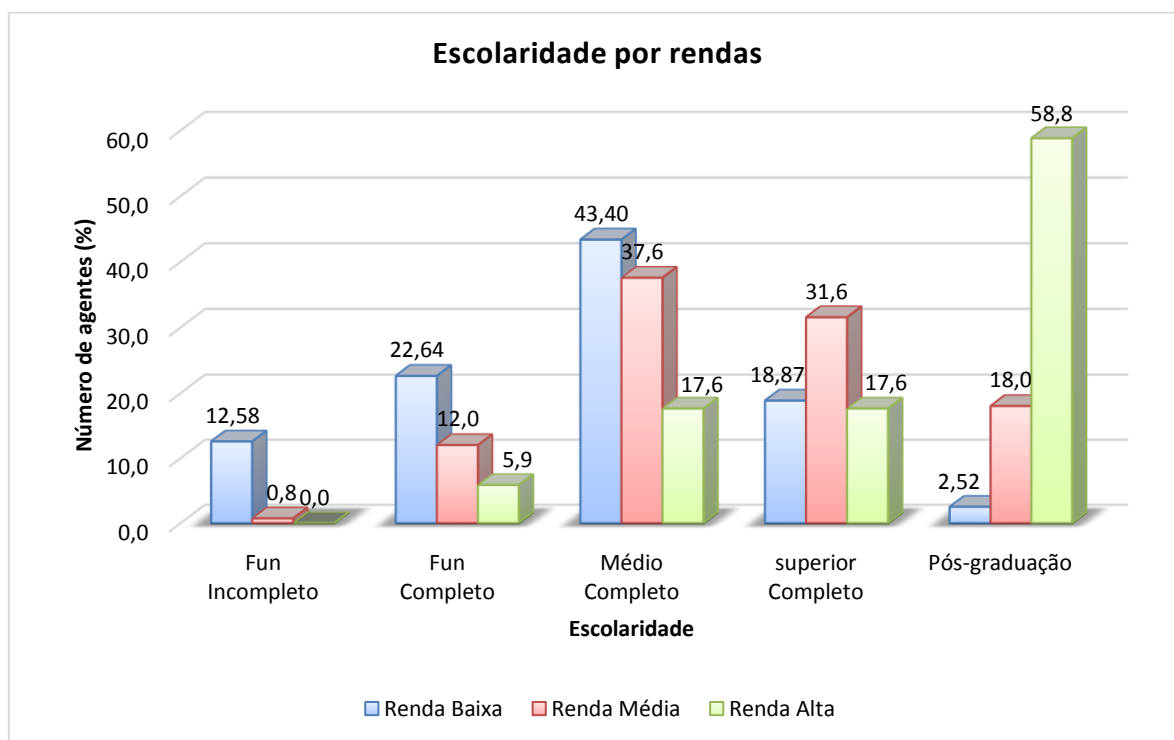


Figura 6.1-Escolaridade por rendas

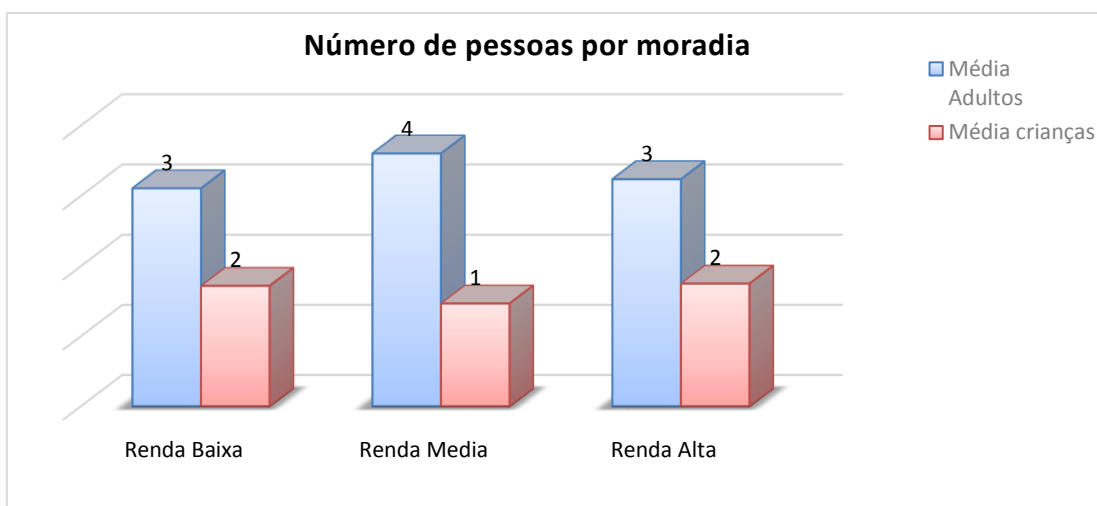


Figura 6.2-média do número de pessoas por moradia

Tomou-se como premissa que o comportamento dos agentes residenciais poderia ser influenciado pela percepção da disponibilidade de água durante períodos chuvosos e secos e da temperatura do ambiente, portanto os usuários da água foram indagados sobre a quantidade que consumiam nesses períodos. Os resultados são apresentados na Figura 6.4 e na tabela 6.1.

Na Figura 6.3 é apresentada a percepção de consumo de água dos agentes estudados. Esses resultados influenciaram no comportamento cooperativo e não cooperativo da simulação realizada nessa pesquisa. A figura 6.4 apresenta a porcentagem de agentes que consumiam água abaixo do consumo médio de água para cada renda, segundo a percepção de cada entrevistado. Nesse caso quase o 80 % dos agentes das três rendas consumiam água abaixo do consumo médio de água em época de chuva, predominando a renda baixa e média. No caso do período seco a renda alta teve o maior número de agentes que consumiam água abaixo da média, mostrando uma forte influência das estações do ano no consumo de água.

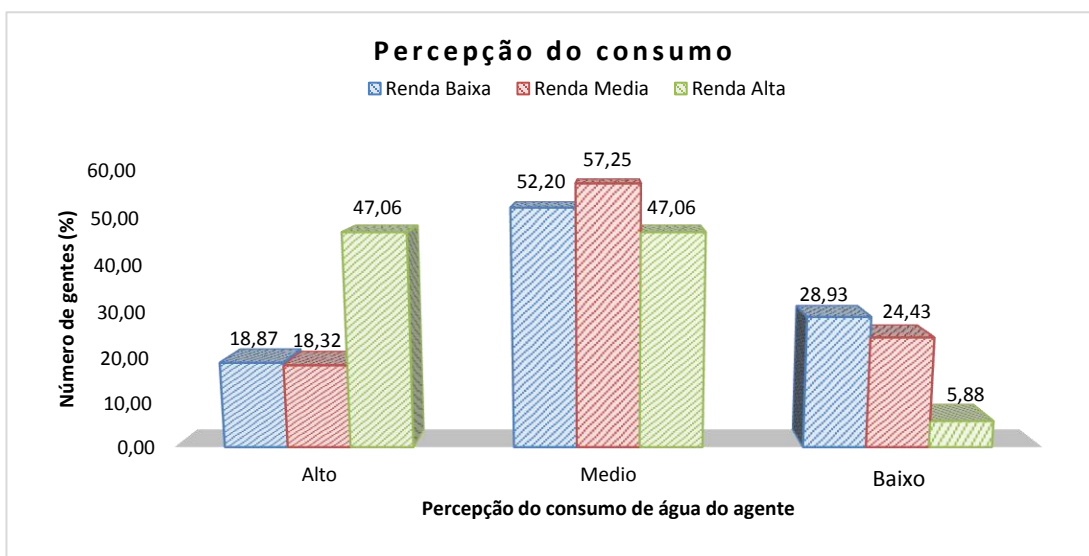


Figura 6.3- Percepção de consumo de água dos agentes entrevistados em Brazlândia

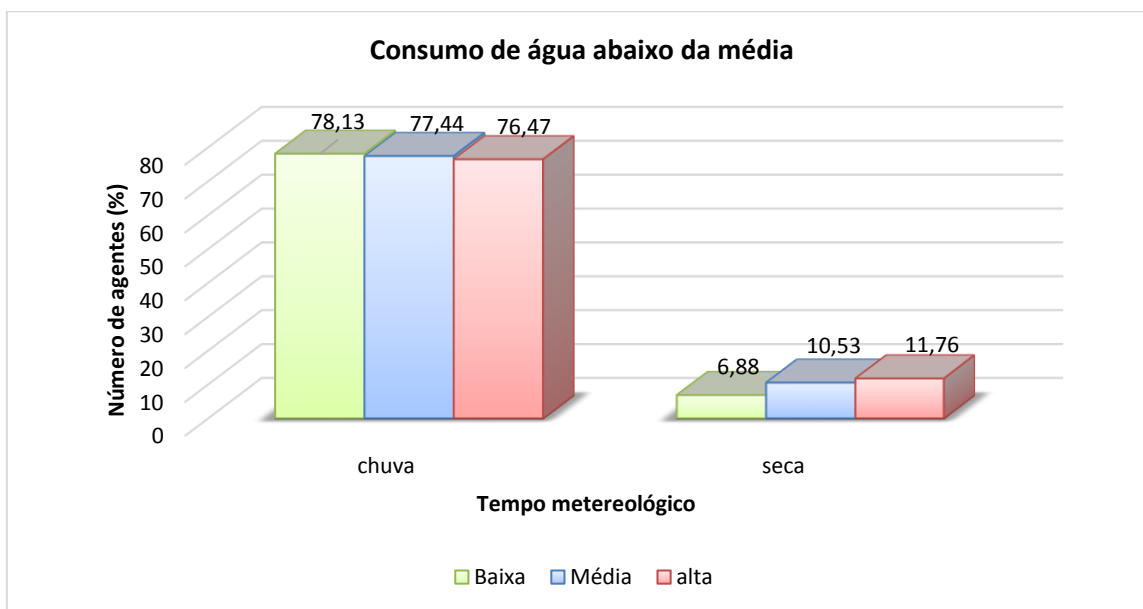


Figura 6.4- Porcentagem de agentes que consomem água abaixo da média em período seco e chuvoso.

No Distrito Federal Brasileiro desde o ano 2016, o Governo do Distrito Federal e a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal-Caesb têm realizado campanhas educativas na televisão orientadas para redução do consumo de água devido à diminuição do nível de água dos reservatórios que abastecem a maioria da população do DF. A redução

do nível dos reservatórios também ocasionou a cobrança de tarifas de contingência por parte da Caesb para domicílios exceto para unidades usuárias com consumo de água de até 10 m³, de todas as categorias e unidades usuárias prestadoras de serviços de caráter essencial⁸. Em janeiro de 2017 deu-se início ao racionamento de água, pois os reservatórios do DF atingiram o 20% do valor disponível de água.

Essas ações de gestão do governo para gerenciar níveis baixos dos reservatórios do DF também foram implementadas em Brazlândia, exceto o racionamento, pois esta região tem um sistema de abastecimento independente. Essas políticas foram consideradas no questionário realizado em Brazlândia com o objetivo de indagar a adaptabilidade do usuário a essas estratégias de gestão. Os resultados são apresentados nas Figuras 6.5 e 6.6 e na Tabela 6.1.

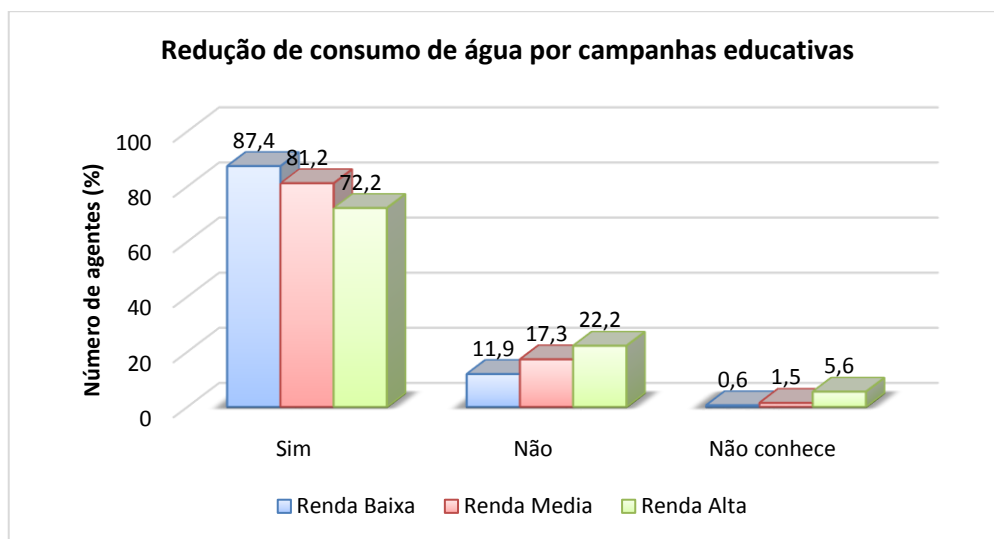


Figura 6.5-Redução de consumo de água por campanhas educativas

Na figura 6.5 pode-se observar que as campanhas educativas têm uma influência grande na população de Brazlândia nas três rendas, especialmente na renda baixa. No caso da renda alta, um maior número de pessoas, responderam que não tiveram redução de consumo de água por causa de campanhas educativas. Essa tendência também está ilustrada na Figura 6.6, onde se apresenta a avaliação da influência da tarifa no consumo de água, mostrando menor adaptabilidade a estas estratégias por parte da renda alta.

⁸ Hospitais, Hemocentro, Centro de diálise, Prontos-socorros, casas de internação coletiva.

Para o caso de Brazlândia, os resultados indicaram uma possível melhor adaptabilidade a medidas econômicas (tarifa de contingência) por parte dos consumidores de renda média, pois se mostraram maior tendência a reduzir o consumo de água como resposta à imposição de taxas ou tarifas de contingência.

Nas figuras 6.5 e 6.6 pode-se observar que tanto para campanhas educativas quanto pelo aumento de tarifa o comportamento da renda baixa e média é similar, enquanto que a renda alta tem um comportamento diferenciado.

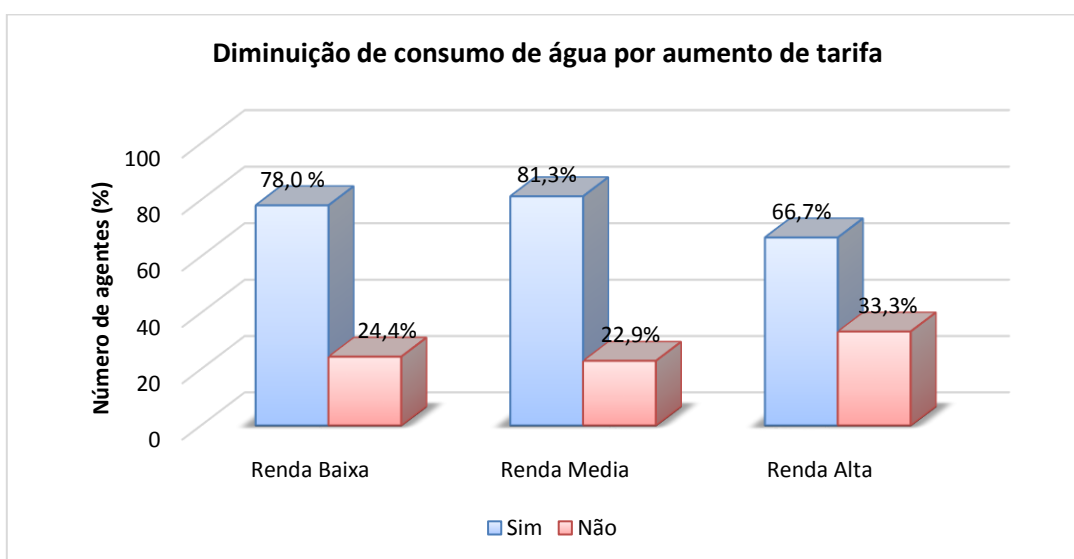


Figura 6.6-Diminuição de consumo de água motivado por aumento de tarifa

No questionário também foi indagado sobre os hábitos de consumo nas ações cotidianas que realizava o usuário na moradia, os resultados podem ser observados na figura 6.7.a que mostra que o uso de mangueira para lavagem não era frequente, especialmente para os agentes de renda baixa; quanto ao fechamento da torneira para realizar diversas atividades como lavar louça, escovar dentes, etc., as três rendas costumavam realiza-lo. Por outro lado, o ato de fechar o chuveiro enquanto se ensaboa (Figura 6.7e) foi indicado por um número menor de agentes nas três rendas. A categoria de renda que sempre costumava realizar essa ação é a categoria renda baixa indicada por 61,3 % dos agentes. A renda que predominou na indicação que nunca realiza a ação de fechar chuveiro durante o banho foi a renda alta com 35,3 % dos agentes.

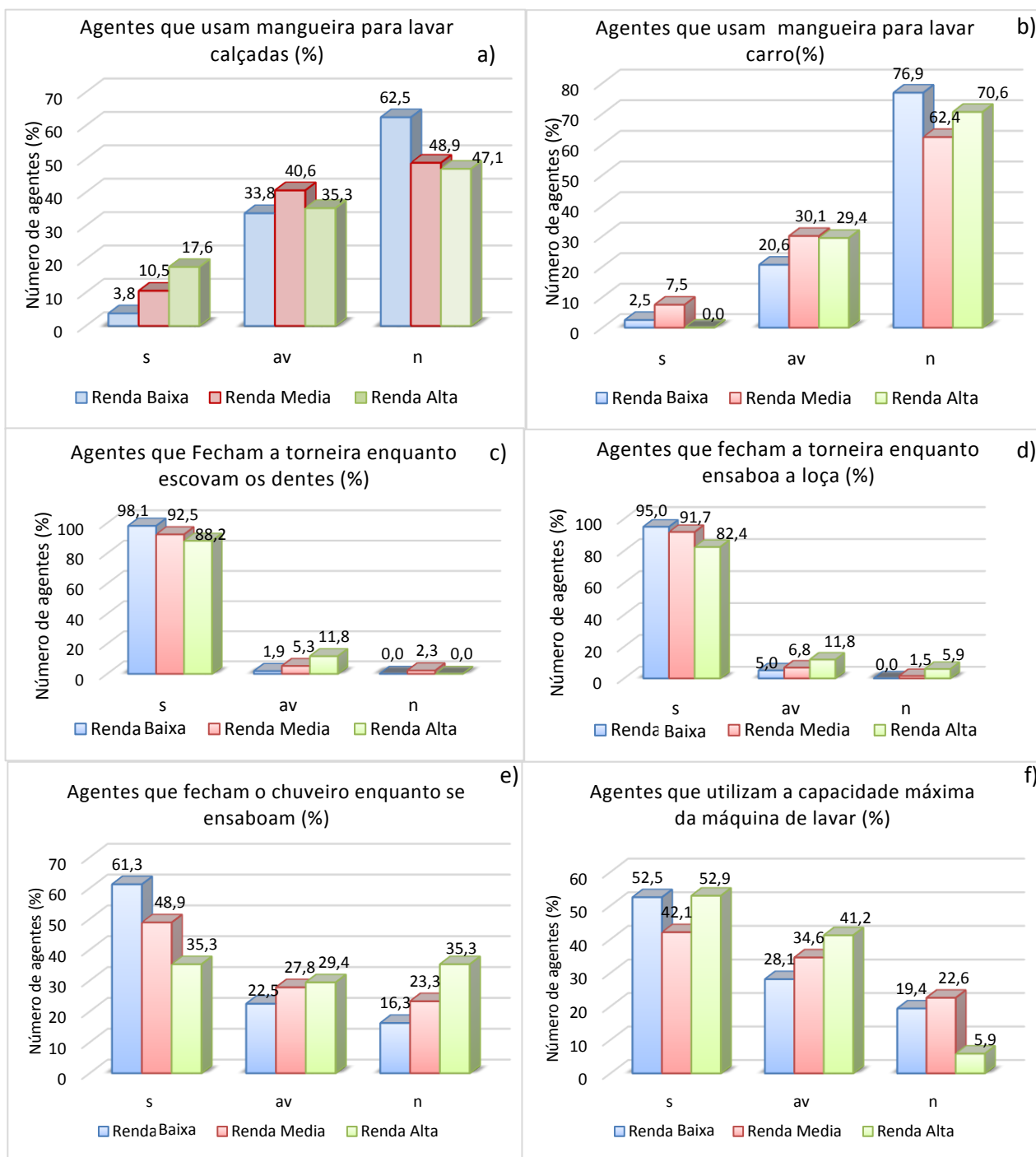


Figura 6.7- Uso da água em ações cotidianas dos agentes: 6.7a) Agentes que usam mangueira para lavar calçadas, 6.7b) Agentes que usam mangueira para lavar carro, 6.7c) Agentes que fecham a torneira enquanto escovam os dentes, 6.7d) Agentes que fecham a torneira enquanto ensaboa a louça, 6.7e) Agentes que fecham o chuveiro enquanto se ensaboam, 6.7e) Agentes que utilizam a capacidade máxima da máquina de lavar.

Quanto à questão de utilizar a capacidade máxima da máquina de lavar, na renda média menos de 50 % dos agentes realizavam essa ação, no caso da renda alta e baixa um pouco mais de 50 % utilizavam a capacidade máxima da máquina, mostrando que não é um hábito da comunidade. Em contrapartida quase o 100 dos agentes das três rendas reutilizavam a água de lavagem da máquina de lavar roupa (Figura 6.8 a). Durante as entrevistas, percebeu-se que o reuso das águas de lavagem da máquina de lavar era a maneira mais prática e fácil para diminuir o consumo de água por parte dos agentes, mostrando que esta atividade formava parte dos hábitos da comunidade (Figura 6.9). Essa situação também foi encontrada por Ywashima *et al.*,(2006), que fizeram um estudo em Paulina, localizada na região metropolitana de Campinas onde caracterizaram o uso de água em residências de interesse social, encontrando que com relação à reutilização de água, 19 entrevistados (70%) disseram que aproveitam a água de enxágue ou lavagem da máquina de lavar ou “tanquinho”. Dentre os que aproveitam a água, 53% utilizavam a água para a lavagem de piso, 32% para lavagem do quintal e 16% para lavagem de roupa no tanque, para o caso do estudo da presente tese, que mais reutilizava água da máquina foram os agentes de renda baixa (83,8% dos agentes). Em épocas de chuva o armazenamento de água também foi predominante na renda baixa, no caso da renda alta quase o 59 % dos entrevistados nunca realizaram esta ação (figura 6.8)

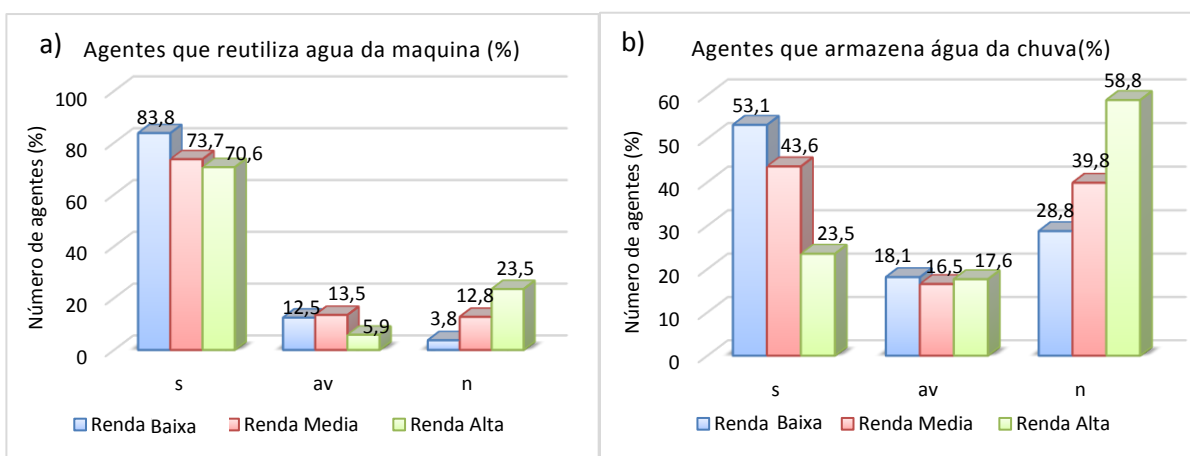


Figura 6.8- Nível de cooperação de agentes com diferentes ações para economizar água: a) Reutilizando água da máquina. b) armazenando água da chuva. (S=Sim, AV=às vezes, N=nunca)



Figura 6.9- Armazenamento de água da máquina de lavar na casa de um usuário do bairro Setor Norte (Brazlândia), utilizada para limpar a casa.

- **Definição de modelo conceitual do comportamento do consumidor de água**

As respostas das entrevistas com base nos questionários ajudaram na construção do modelo conceitual e do PAGE mostrados na figura 6.10 ,6.11 e 6.12 e na tabela 6.1 A percepção dos agentes e sua interação estão representadas nas Figuras 6.10 e 6.11 e 6.12 onde foram utilizadas as bases da metodologia TROPOS (*framework i**) para realizar a ilustração gráfica. Nas figuras citadas são mostrados os modelos SD (modelo de dependências estratégicas -*Strategic Dependency*) e o modelo SR (modelo de razões estratégicas – *Strategic Rationale*), onde são mostradas as ações que realizam os agentes residenciais consumidores de água das três rendas estudadas que são similares, só muda o impacto estabelecido pela época de chuvas, período seco, tarifa e campanhas educativas na diminuição do consumo de água considerado como uma meta flexível dentro do modelo.

Na figura 6.10 é apresentado o modelo conceitual para renda baixa, nessa figura pode ser observada a meta (objetivo) principal “Satisfazer as necessidades de água”, representado por um retângulo com bordas suaves. Para alcançar essa meta os consumidores de água realizam diferentes atividades, descritas como tarefas (hexágono), que no caso do modelo conceitual foram colocadas as que foram indagadas nos questionários:

A tarefa “lavar roupas” se descompõe em lavar roupa utilizando a capacidade máxima, lavar a roupa não utilizando a capacidade máxima, nesse caso a chuva é representado como um recurso (retângulo) que pode influenciar na tarefa “utilizando a capacidade máxima”, pois

em período de chuva as roupas demoram mais tempo em secar e a tendência é que as pessoas lavem tudo de uma vez. A tarefa “lavar roupa” também mostra na sua decomposição o recurso água da máquina de lavar que possa ser utilizado como um recurso para realizar a tarefa “reutilizar água para limpeza” que permite também limpar áreas externas; a tarefa “armazenar água da chuva” e o recurso “água da mangueira” também ajudam para realizar a tarefa “limpar áreas externas”. Quanto à tarefa “tomar banho” se descompõe em tomar “banhos longos” que pode ser influenciado pela estação sem chuvas e “tomar banhos curtos” que pode ser influenciado pela estação chuvosa. Todas as tarefas mencionadas anteriormente contribuem para alcançar a meta principal. Para alcançar a meta flexível “Diminuir o consumo de água”, pode se observar que a implantação da tarifa de contingência foi a medida que teve maior contribuição para alcançar a meta flexível de diminuir o consumo de água, segundo a percepção dos agentes dessa renda.

O modelo conceitual apresentado na Figura 6.10 é o mesmo para todas as rendas, só muda a relação com a meta flexível “diminuir o consumo de água” como apresentado na figura 6.11 e 6.12. Na figura 6.11 é apresentado um *zoom* do modelo conceitual para a renda média, focado na meta flexível, onde as campanhas educativas tiveram maior contribuição para diminuir o consumo de água e na figura 6.12 pode-se observar a variação do modelo conceitual da renda alta onde foi identificado que as campanhas educativas tiveram maior contribuição para diminuir o consumo de água, para essa renda também foi identificado que no período seco, dentre as três rendas, foi a que consumia menos água.

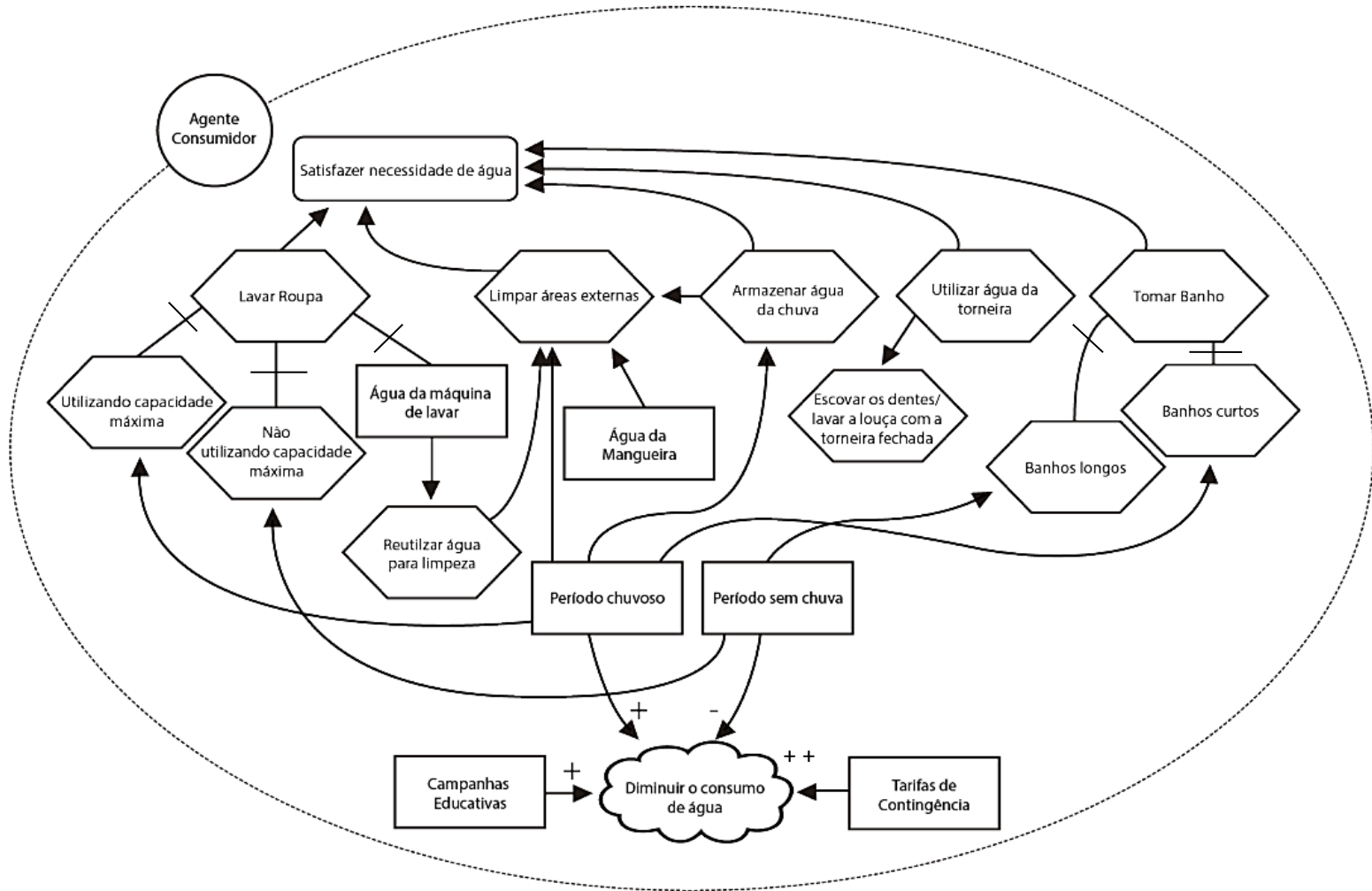


Figura 6.10-Modelo conceitual da renda baixa

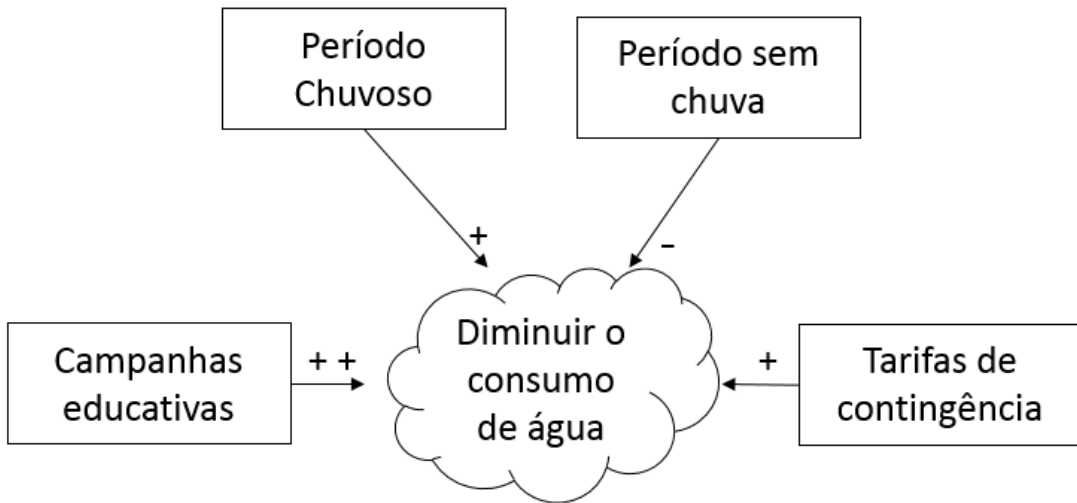


Figura 6.11-Modelo Conceitual da Renda Média

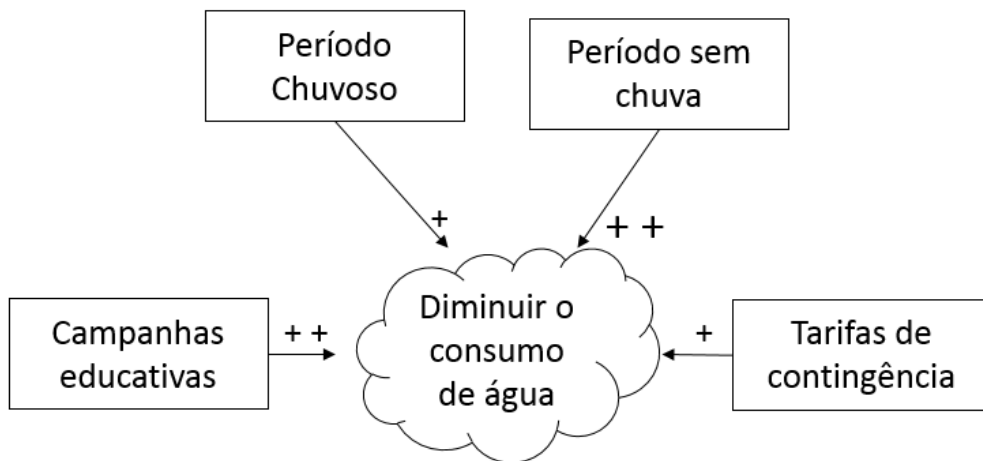


Figura 6.12-Modelo Conceitual da Renda Alta

Na tabela 6.1 são descritas as percepções (*Perceptions*) e ações (*Actions*) dos agentes onde foram atribuídos valores de consumo estabelecidos mediante as respostas das entrevistas e os valores de consumo de água das faturas dos usuários. Esses valores ajudaram na construção do PAGE.

Na tabela 6.1 para a percepção “campanhas educativas” é apresentado na primeira linha o valor que foi economizado e a porcentagem de agentes que reduziram o consumo de água para esse valor, na segunda linha são apresentados o valor médio de consumo de água e o número de agentes que não alteraram seu consumo por campanhas educativas.

Para a percepção “época de chuvas” na primeira linha é apresentada a quantidade de água que foi economizada (abaixo do consumo médio) e o número de agentes que reduziram seu consumo de água, o segundo valor é o consumo médio de água e número de agentes que mantiveram o consumo e a terceira linha apresenta a quantidade de água que consumiram (acima do consumo médio de água) e a porcentagem de agentes que em média usaram essa quantidade de água a mais. Para o caso da percepção “época de seca” segue o mesmo padrão de valores da percepção de “época de chuva”, mostrando na tabela valores de economia, valores médios, e de desperdício de água.

A representação do ambiente (*Environmental*) é a mesma para todos os agentes que nesse caso é descrito como:

- Parcialmente observável;
- Estático: para cada *step* de simulação;
- Dinâmico pelo consumo de água;
- Não determinístico;
- Discreto;
- Episódico (mês);
- Tamanho: multiagente.

Tabela 6.1- Percepções e ações dos agentes em categorias de renda e com base no resultado de respostas das entrevistas.

Renda	Consumo médio de água (m³/mês)	Percepção	Ação	Valor (m³)	% de agentes
RENDA BAIXA	16,2	Campanhas educativas	Economia de água	-4,2	86,9
			Consumo médio	16,2	13,1
		Época de chuvas	Economia de água	-0,3	78,1
			Consumo médio	16,2	14,4
			Desperdício de água	+0,6	7,5
		Época de seca	Economia de água	-0,6	6,9
			Consumo médio	16,2	15,0
			Desperdício de água	+0,3	78,1
		Aumento tarifa	Economia de água	-6	75,0
			Consumo médio	16,2	25,0
RENDA MEDIA	17,5	Campanhas educativas	Economia de água	-4,19	81,2
			Consumo médio	17,5	18,8
		Época de chuvas	Economia de água	-0,92	77,4
			Consumo médio	17,5	12,8
			Desperdício de água	+0,93	9,8
		Época de seca	Economia de água	-1,41	10,5
			Consumo médio	17,5	12,0
			Desperdício de água	+0,91	77,4
		Aumento tarifa	Economia de água	-4,5	70,4
			Consumo médio	17,5	29,6
RENDA ALTA	17,41	Campanhas educativas	Economia de água	-3,41	76,5
			Consumo médio	17,41	23,5
		Época de chuvas	Economia de água	-0,92	76,5
			Consumo médio	17,41	11,8
			Desperdício de água	+0,27	11,8
		Época de seca	Economia de água	-0,48	11,8
			Consumo médio	17,41	11,8
			Desperdício de água.	+1,54	76,5
		Aumento tarifa	Economia de água	-3,48	17,6
			Consumo médio	17,41	82,4

O intervalo de tempo considerado na simulação do modelo (*step*) é de um mês e considerou a época de chuva (outubro a abril) e época sem chuva (maio a setembro). Foi estabelecido o mesmo objetivo (*Goal*) para todos os agentes que é “Satisfazer as necessidades mensais de uso de água”. Os consumos médios dos agentes foram calculados segundo levantamento das entrevistas sendo que o consumo da renda baixa era de 16,2 m³, 17,5 m³ para renda média e 17,41 m³ para renda alta. Ainda era de se esperar que a renda alta tivesse consumos maiores, os dados mostraram que os consumos da renda média e alta foram similares, tal vez pela similaridade dos domicílios, caracterizado por serem grandes e sem área de jardim.

As campanhas educativas foram consideradas como um recurso que motivou ações cooperativas para diminuir o desperdício de água. Nesse caso a rendas baixa e média tiveram uma economia de 26% e 24 % de água consumida respectivamente por causa das campanhas educativas, já a renda alta economizou 19 % da água. Esses resultados mostraram a importância e influência que as campanhas educativas tiveram sobre o comportamento de consumo dos usuários da água (Tabela 6.1).

Na época sem chuvas para os três tipos de renda, mais de 70 % dos agentes consumiram mais água do que em época de chuva. Este resultado era esperado, pois no período seco as temperaturas aumentam e, portanto, as necessidades de água também, incluindo a necessidade de rega em domicílios com áreas de jardim. Porém esse é um resultado preocupante, pois por ser um período sem chuva, o maior consumo de água associado a baixas taxas de umidade e elevadas taxas de evaporação, poderia aumentar o estresse hídrico piorando as condições de disponibilidade hídrica da região.

Dentre os agentes que economizaram água no período sem chuvas, a renda média economizou aproximadamente 8 % em relação ao consumo médio de água, enquanto as rendas alta e baixa reduziram o consumo de água em 4% e 3 %, respectivamente. Porém na renda alta houve um aumento no número de agentes (11,8%) que economizaram água (consumo abaixo do consumo médio) na época seca, comparado com a renda baixa.

O aumento de tarifas foi uma medida considerada para mudança do comportamento não cooperativo para cooperativo nos três tipos de renda. O estudo mostrou que 75 % dos agentes

de renda baixa e 70 % dos agentes de renda média diminuíram o consumo de água pelo aumento da tarifa, para o caso da renda alta a tarifa teve uma influência menor para diminuir o consumo, nesse caso 17 % dos agentes apresentaram comportamento cooperativo de economia de água diante do aumento de tarifa.

Este tipo de resultados mostrou a importância de considerar o comportamento do usuário e as condições socioeconômicas na formulação das políticas, pois pode gerar melhores resultados já que a ação para diminuir o consumo não seria uma atividade imposta e faria parte do imaginário dos atores, esperando-se que o padrão de consumo de água fosse a adaptação à política estabelecida.

6.2. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DE AGENTES REATIVOS

A simulação com agentes reativos é o primeiro passo para construir o comportamento mais complexo (BDI) dos agentes. Nessa etapa foi analisado o PAGE (*Perceptions, Actions, Goals, Environmental*) que permitiu ter uma visão geral do pensar e as escolhas dos agentes em termos de uso da água. A seguir são apresentados os resultados dos agentes reativos (Figura 6.14, 6.15 , 6.16 e 6.17), considerando ações educativas e aumento de tarifa.

Na figura 6.14 são apresentados os agentes cooperativos, caracterizados por consumir água abaixo da média de cada renda, sem ter acionado as ações de gestão nesse caso pode-se observar que os atores de renda alta tiveram mais agentes cooperativos para todos os meses do ano, seguido dos agentes de renda média e renda baixa.

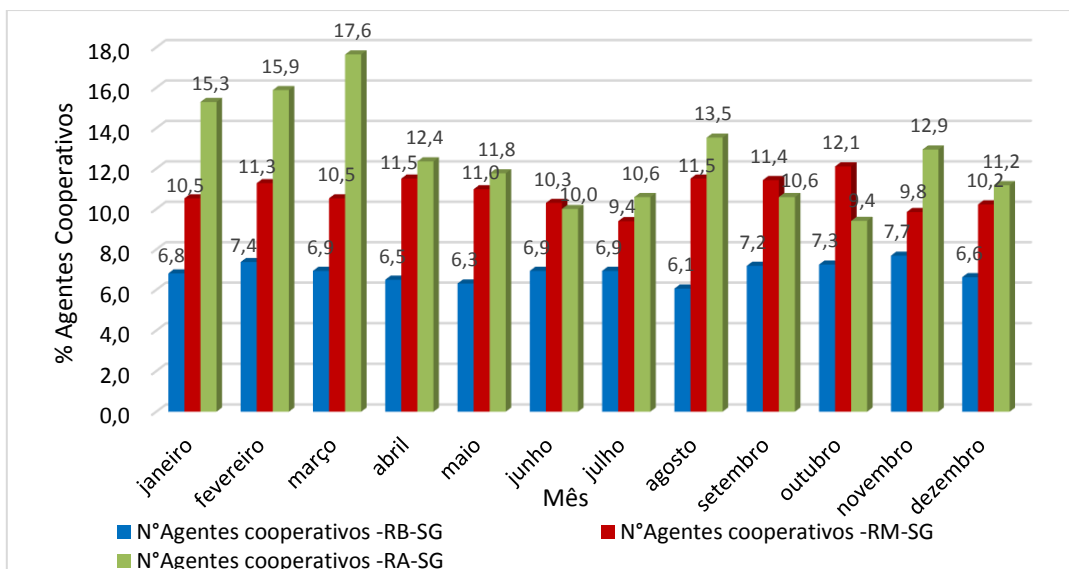


Figura 6.13- Agentes Cooperativos de renda baixa, média e alta sem aplicar Ações de Gestão

Na figura 6.15 são apresentados os resultados da simulação ativando campanhas educativas. Nesse caso, todas as rendas aumentaram o cooperativismo. Os agentes de renda baixa, que segundo a figura 6.14 eram os menos cooperativos, foram os que apresentaram maior cooperativismo com ações educativas, mostrando o efeito desse tipo de ação nos agentes.

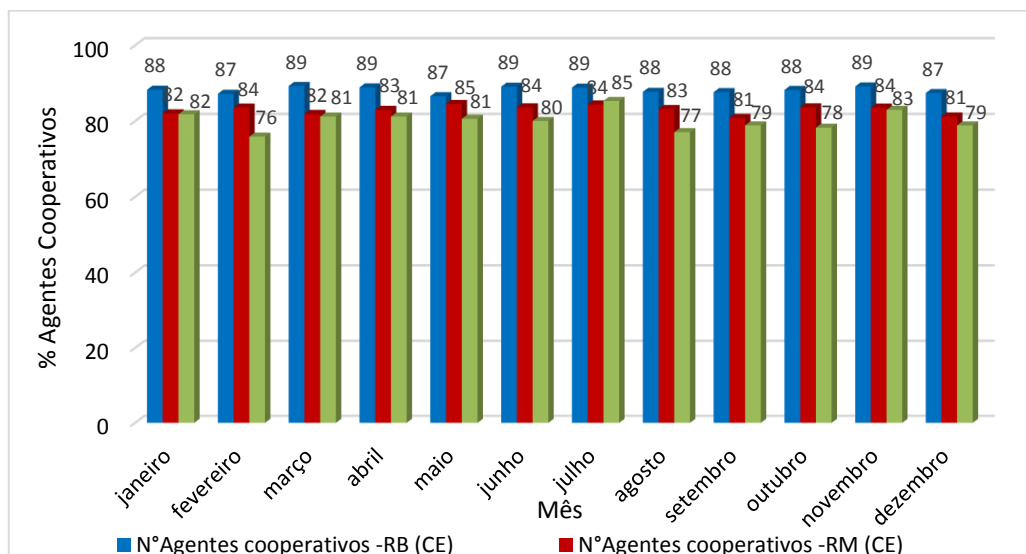


Figura 6.14- Porcentagem de agentes cooperativos de renda baixa, média e alta com campanha educativa (CE)

Na Figura 6.16 pode-se observar o comportamento dos agentes das três rendas ativando o aumento de tarifa, nesse caso a renda alta foi a menos cooperativa.

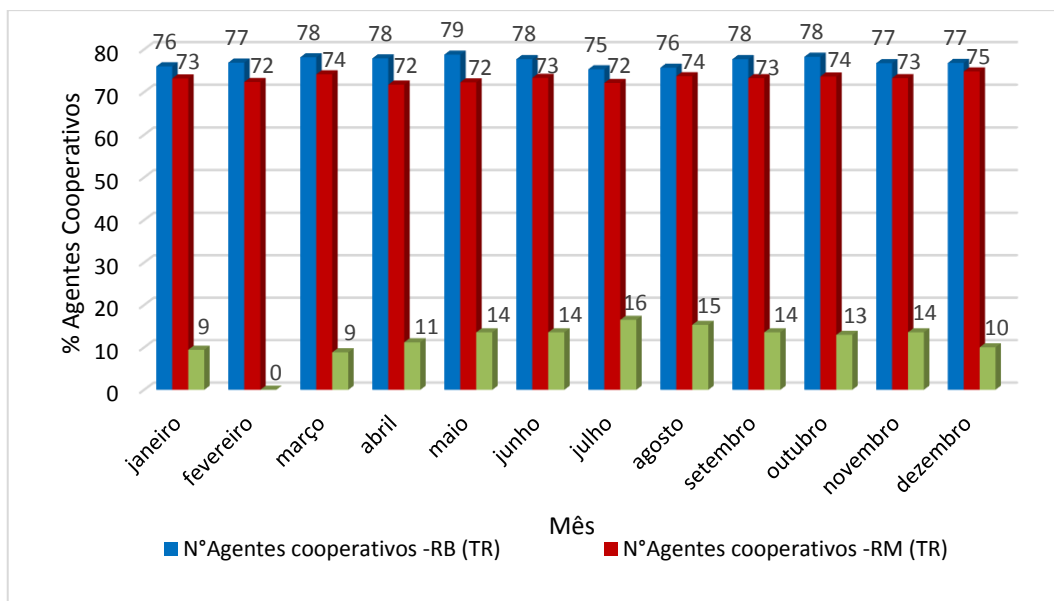


Figura 6.15- Porcentagem de agentes cooperativos de renda baixa, média e alta devido a aumento de tarifa (TR)

Na Figura 6.17 é acionado o aumento de tarifa e as campanhas educativas. Nesse caso as três rendas aumentaram o cooperativismo, porém a renda alta teve um número de agentes menor com respeito à renda baixa e média.

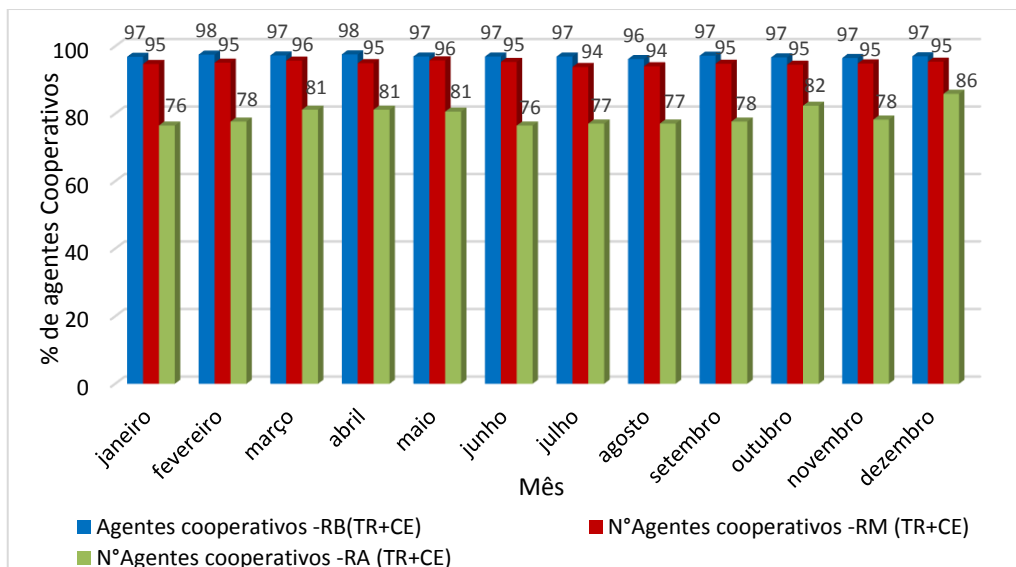


Figura 6.16- Porcentagem de agentes cooperativos de renda baixa , média e alta com campanha educativa (CE) e Aumento de Tarifa (TR)

6.3. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DE AGENTES BDI

A seguir serão apresentados os resultados da simulação de agentes BDI simulados na plataforma *Hydric-Agent*, que mostrarão o nível de cooperativismo dos agentes de renda baixa, média e alta pertencentes a área urbana de Brazlândia-DF obtidos a partir de uma base de dados construída segundo levantamento em campo, considerando a escolaridade e os períodos de chuvosos e secos.

6.3.1. Resultado da simulação BDI de agentes de renda baixa.

A seguir são apresentados os resultados do comportamento dos agentes de renda baixa considerando a arquitetura BDI. No anexo III é mostrada a base de dados de crenças e planos de ação para a renda baixa segundo o tipo de escolaridade. A escolaridade da renda baixa, obtida na coleta de dados, pode ser observada na figura 6.18.

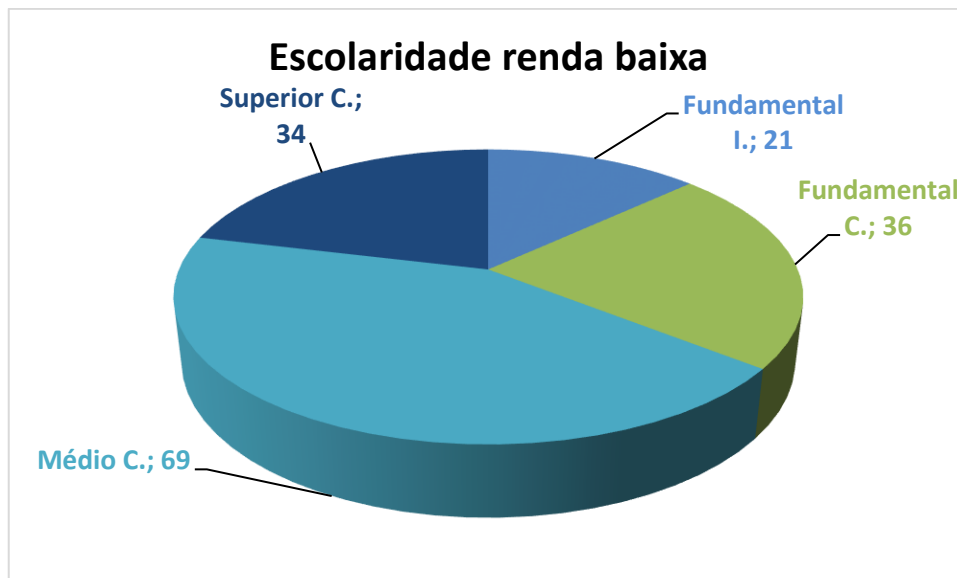


Figura 6.17- Escolaridade encontrada de renda baixa a partir de dados levantados em campo em Brazlândia/DF.

Na Figura 6.19 são apresentadas as porcentagens de agentes cooperativos de renda baixa, por escolaridades sem ter aplicado nenhuma ação de gestão para diminuir o consumo de água. Na Figura pode-se observar que na maioria dos meses os agentes de ensino médio completo tiveram maior cooperativismo, especialmente no período de dezembro a abril, período chuvoso. No caso dos meses sem chuva (maio a setembro), o cooperativismo por parte de todos os agentes diminuiu consideravelmente alcançando as menores porcentagens de agentes cooperativos no mês de setembro, sendo de 4% para agentes de ensino fundamental incompleto; 11% para agentes de ensino fundamental completo, 8% para agentes de ensino médio completo e 7% para agentes de ensino superior completo. No período sem chuvas também pode ser observado que os agentes mais cooperativos foram os agentes de ensino fundamental completo que em média tiveram o 13% de agentes cooperativos, seguido dos agentes de ensino médio completo com 12% dos agentes cooperativos.

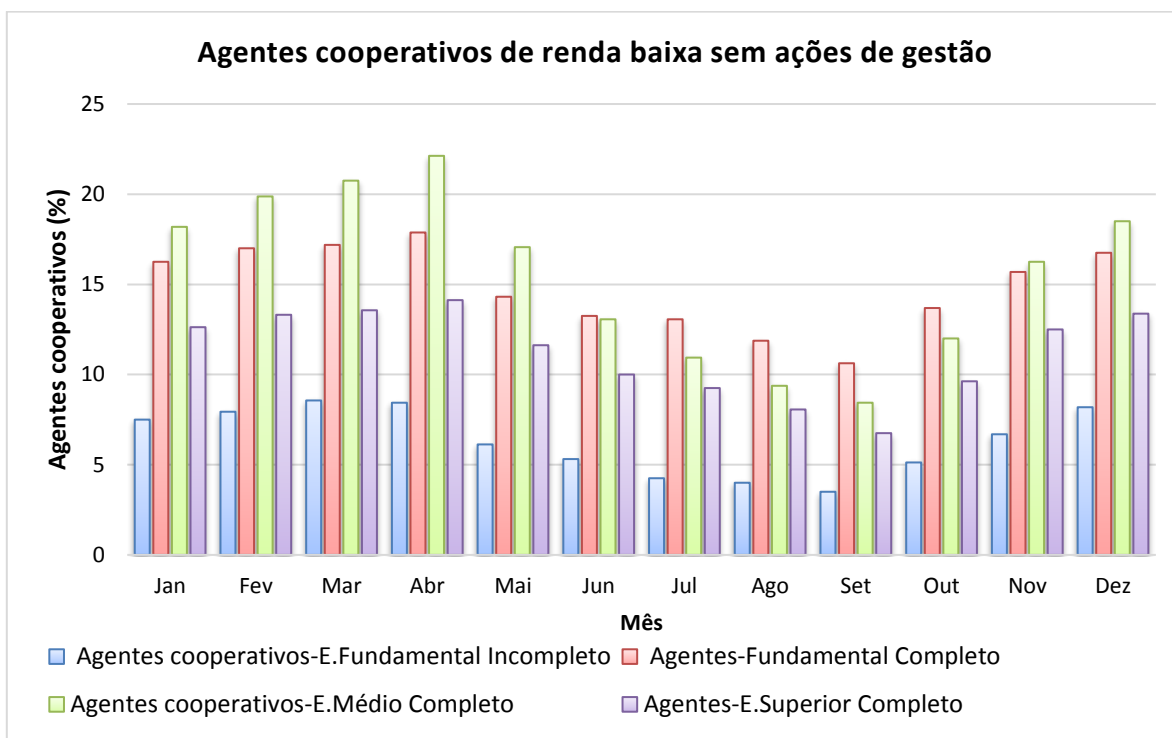


Figura 6.18-Comportamento do consumo de água dos agentes de renda baixa , por escolaridade, sem aplicar ações de gestão de demanda da água

A diminuição do cooperativismo no período sem chuvas também foi observada no PAGE, pois nessa época além de diminuir a precipitação e, portanto, as vazões dos mananciais,

também diminui a umidade na região que alcança o 10%, situação que aumenta as necessidades de água da população, podendo tornar o panorama crítico no que se refere à disponibilidade de água e satisfação da demanda.

Na Figura 6.20 são apresentadas as porcentagens de agentes cooperativos de renda baixa sem aplicar ações de gestão (SG) em formato barras e os agentes cooperativos aplicando campanhas educativas (formato linha). Na figura 6.20 pode-se observar uma mudança no comportamento dos agentes de renda baixa aplicando essa ação de gestão adaptativa da água, pois teve um aumento no número de agentes cooperativos para todos os meses do ano.

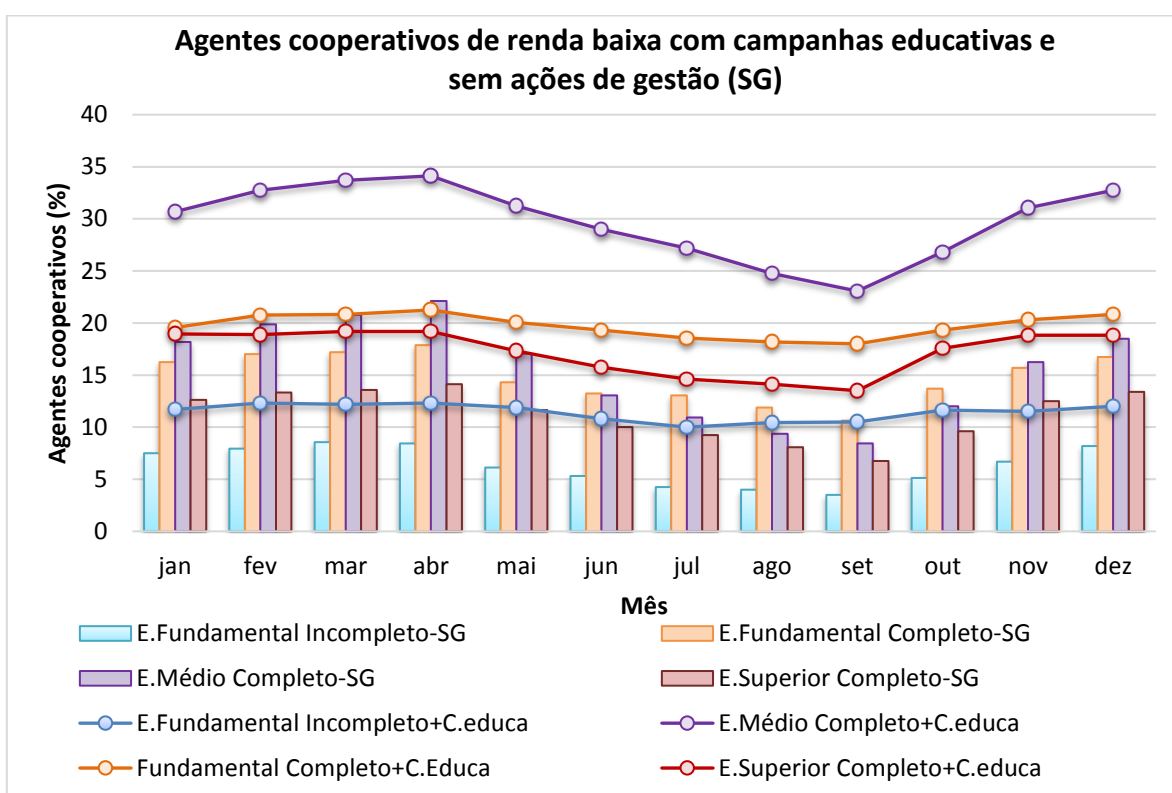


Figura 6.19- Porcentagem de agentes cooperativos de renda baixa, por escolaridade, sem ações de gestão (SG) e aplicando campanhas educativas

Em época sem chuva, de maio a setembro, cuja tendência é aumentar o consumo de água, houve um aumento de agentes cooperativos por parte de todas as escolaridades, especialmente dos agentes de ensino fundamental incompleto que em média aumentaram 57% no cooperativismo nesse período, seguido dos agentes de ensino médio completo com

um aumento de 56% e de 39% por parte dos agentes de ensino superior completo e por fim 33% para os agentes de ensino fundamental completo para o período de início das chuvas.

Esses resultados mostraram que as campanhas educativas tiveram um efeito significativo, especialmente nos agentes que têm menor escolaridade, pois inicialmente, como foi observado na figura 6.19, os agentes de ensino fundamental incompleto eram os menos cooperativos e com campanhas educativas tiveram as maiores porcentagens de cooperativismo no período sem chuvas. A mudança de hábitos desses agentes foi suficiente para diminuir os consumos de água em 5% que foi a maior redução de consumo dentre as 4 escolaridades no período sem chuvas (figura 6.21). Os agentes de ensino médio completo também mostraram um aumento de cooperativismo similar aos agentes de ensino fundamental incompleto na implementação de campanhas educativas, porém este grupo teve uma diminuição de consumo de água de 1%, menor à obtida com os agentes de ensino fundamental incompleto, porém esse valor é muito pequeno e não poderia expressar realmente uma mudança no comportamento dos agentes. No caso dos agentes de ensino fundamental completo, ainda houve um aumento de 33% de agentes cooperativos em época sem chuva, a porcentagem de agentes não foi suficiente para diminuir as quantidades de água consumidas, pois houve um aumento de 14% no consumo de água.

Esses resultados mostram que no período sem chuvas, para a renda baixa, o número de agentes cooperativos não é determinante para ter sucesso na diminuição de consumo de água, porém é possível identificar que as campanhas educativas tiveram melhor efeito nos agentes de ensino fundamental incompleto e é necessário reforçar e avaliar o conteúdo das campanhas educativas que são dirigidas para os agentes pertencentes às escolaridades maiores, especialmente para períodos sem chuvas. Isso corresponde ao exposto por Martins (2017) que expôs que as campanhas educativas conseguem intervir na atitude dos agentes para reduzir o consumo de água, mas não tem o mesmo impacto no comportamento, o que leva a avaliar o conteúdo das campanhas educativas que podem ser pouco persuasivas, para este tipo de público.

No período chuvoso o maior aumento de agentes cooperativos foi por parte dos agentes de ensino médio completo que aumentaram em média 42%, seguido dos agentes de ensino

fundamental incompleto com um aumento de 37% dos agentes cooperativos, 32% de ensino superior completo e 20% de ensino fundamental completo. Nesse período (outubro a abril), ainda os agentes de ensino médio completo tiveram o maior aumento de agentes cooperativos, tiveram uma redução de consumo de água de 8%, a menor obtida dentre todos os conjuntos de escolaridades da renda baixa. No caso dos agentes de ensino fundamental incompleto e superior completo tiveram uma diminuição do consumo de água de 21% e 27% (figura 6.21) respectivamente, mostrando que as campanhas educativas também tiveram um efeito significativo no período chuvoso nos agentes de ensino fundamental incompleto, já nos agentes de ensino superior completo identifica-se que as campanhas educativas tiveram maior efeito no período chuvoso que no seco mostrando que as necessidades de água, que aumentam no período sem chuvas, se superpõem às necessidades do gestor em diminuir as quantidades demandada e à preocupação pela escassez de água nesse setor.

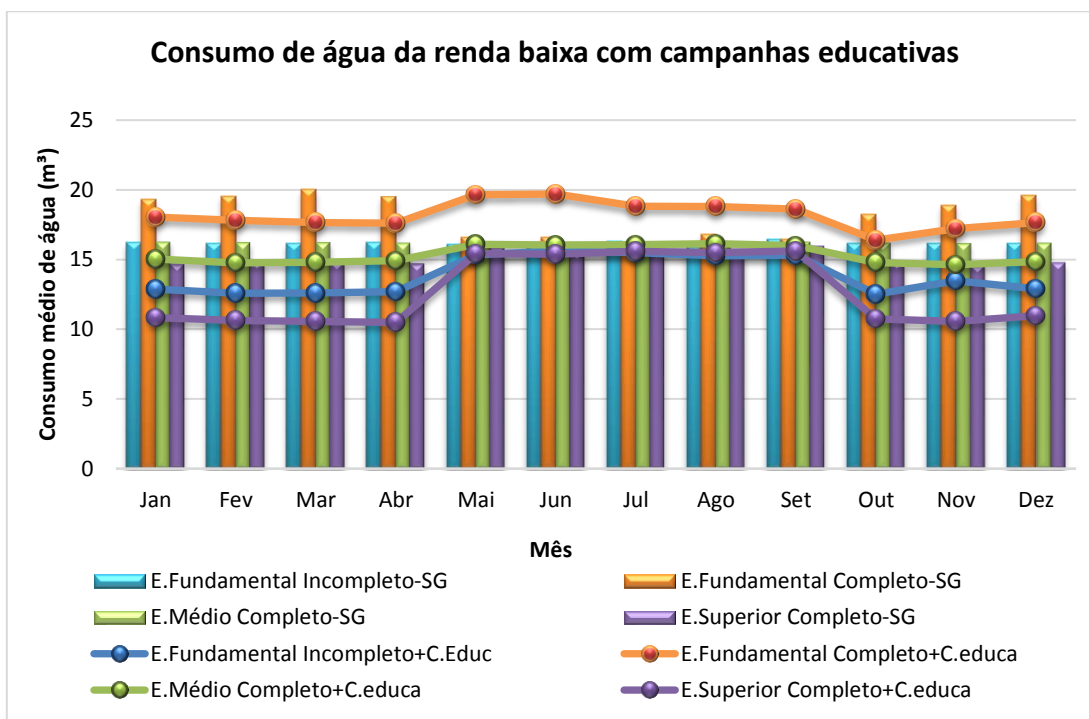


Figura 6.20- Consumo de água da renda baixa por escolaridade, implementando campanhas educativas.

Na figura 6.22 são apresentadas as porcentagens de agentes cooperativos por escolaridade de renda baixa implementando tarifas de contingência. Para o período sem chuvas (maio-setembro) os agentes de ensino fundamental completo e ensino superior completo exibiram

as maiores porcentagens de agentes cooperativos com um aumento de 56% e 31% respectivamente, porém o consumo de água teve um aumento em média de 3% (Figura 6.23). Os agentes de ensino fundamental incompleto tiveram uma diminuição na porcentagem de agentes cooperativos (Figura 6.22) e um aumento no consumo de água em 3% (Figura 6.23). Os agentes de ensino médio apresentaram um aumento de 28% nos agentes cooperativos, porém não tiveram nenhuma variação no consumo de água. No período chuvoso os agentes de ensino fundamental completo também mostraram os maiores valores de cooperativismo, com um aumento em média de 50 % dos agentes, seguido dos agentes de ensino fundamental incompleto com 33%, 22% para agentes de ensino superior e 17 % para agentes de ensino médio completo. Quanto à redução no consumo de água, os agentes de ensino fundamental incompleto e médio completo exibiram uma diminuição do consumo de água em média de 17%, e os agentes de ensino superior mostraram as menores porcentagens de diminuição de consumo (7%) .

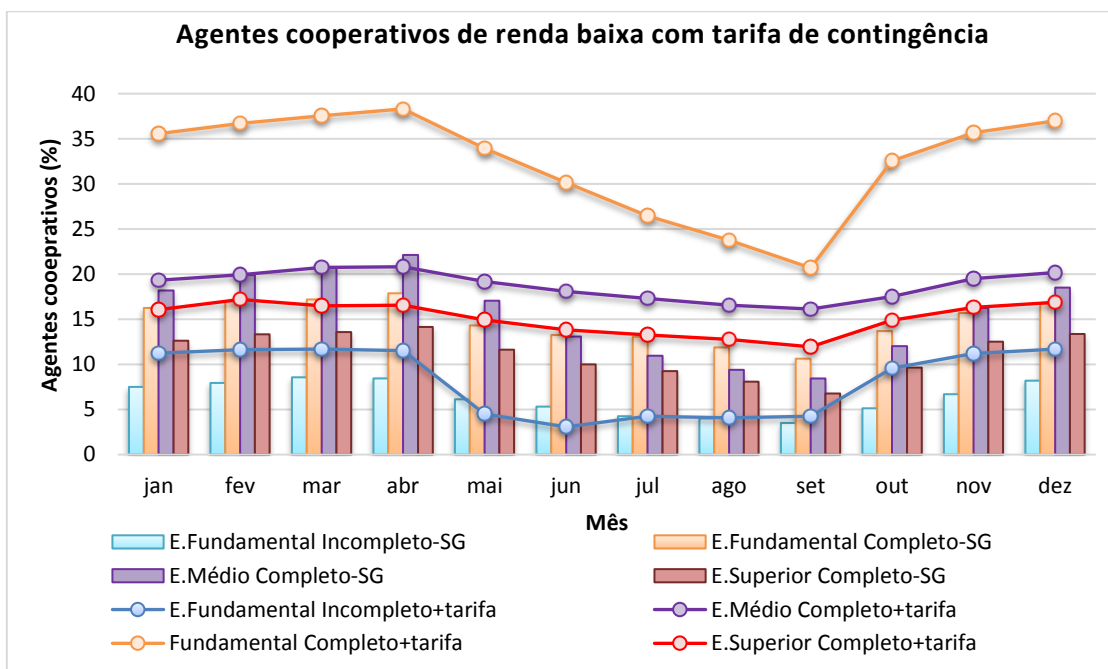


Figura 6.21- Porcentagem de agentes cooperativos de renda baixa, por escolaridade, implementando tarifa de contingência

Com esses resultados e analisando separadamente cada escolaridade observou-se que para os agentes de renda baixa a tarifa de contingência não teve um efeito significativo para

diminuir o consumo de água nos domicílios, especialmente em períodos secos, em contrapartida e de modo geral, os valores totais de aumento de consumo de água dos agentes de renda baixa aplicando tarifa de contingência no período sem chuvas (10%), são menores que o aumento de consumo de água dos agentes de renda baixa resultado da implementação de campanhas educativas (14%), mostrando um impacto importante das tarifas nesse período. Outro fator para a baixa influência da tarifa na redução do consumo do agente de renda baixa seria o uso de tarifa mínima de consumo (10m^3), pois para esses consumidores não faz diferença aumentar ou diminuir o consumo de água no intervalo de 0 a 10m^3 , dado que irão pagar o mesmo valor de tarifa.

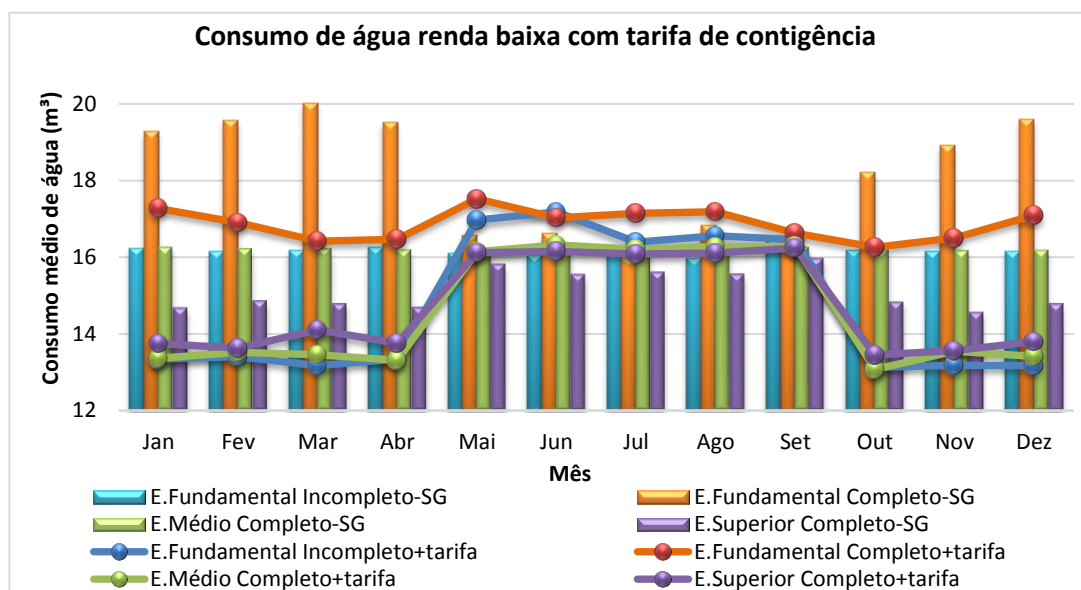


Figura 6.22- Consumo de água dos agentes de renda baixa, por escolaridade implementando tarifa de contingência

Em períodos chuvosos o impacto da tarifa nos quatro conjuntos de agentes consegue diminuir os consumos de água, porém a redução no consumo foi menor que os consumos obtidos implementando campanhas educativas. A influência da tarifa para diminuir o consumo de água na renda baixa também foi encontrada por Garcia (2011), que avaliou o consumo de água em residências de renda baixa na Bahia e observou que na população estudada a questão financeira destacou-se como um fator que motiva o uso racional da água, no caso da simulação realizada da renda baixa com *Hydric-Agent*, a questão financeira foi

um fator motivacional para diminuir o consumo de água nas moradias, porém não foi o fator principal para alcançar esse objetivo, e a diminuição no consumo de água foi pequena, em contrapartida as campanhas educativas foram um instrumento importante para diminuir o consumo de água na simulação, porém deve ser fortalecido para dar melhores resultados para este conjunto de agentes.

Na simulação de agentes de renda baixa em época de chuva aplicando unicamente campanhas educativas, pode ser verificado que quanto maior a escolaridade, menor o consumo de água, pois na simulação os agentes de ensino superior completo diminuíram consideravelmente. No caso de época seca, aplicando a mesma medida de gestão, o consumo foi diminuindo enquanto diminuía a escolaridade.

Quanto ao comportamento geral da renda baixa é interessante observar as respostas dos entrevistados onde 87,4 % dos agentes responderam que reduziam o consumo de água por causa das campanhas educativas e 78 % responderam que diminuía o consumo de água por aumento de tarifa (figura 6.5 e 6.6). Essa percepção do consumo de água pode influenciar no comportamento cooperativo ou não cooperativo do agente, nesse caso a maioria dos agentes tinham uma percepção correta do consumo de água na residência ajudando no comportamento cooperativo, pois como expõe Fan *et al.*, (2014) residentes com estimativas corretas de água têm alta consciência de conservação da água.

Na Figura 6.24 são apresentados os resultados obtidos na simulação de agentes de renda baixa, implementando conjuntamente campanhas educativas e tarifas de contingência. Na figura pode ser observado que em época sem chuvas, quem teve maior aumento de agentes cooperativos foram os agentes de ensino médio completo com um aumento em média de 61%, seguido dos agentes de ensino superior completo com 47 %, 31% para agentes de ensino fundamental incompleto e 23 % para agentes de ensino fundamental completo. Ainda os agentes de ensino médio completo e superior completo tiveram os maiores aumentos de agentes cooperativos, na figura 6.24 pode-se observar que tiveram diminuições no consumo pequenas de 2% e 0% respectivamente.

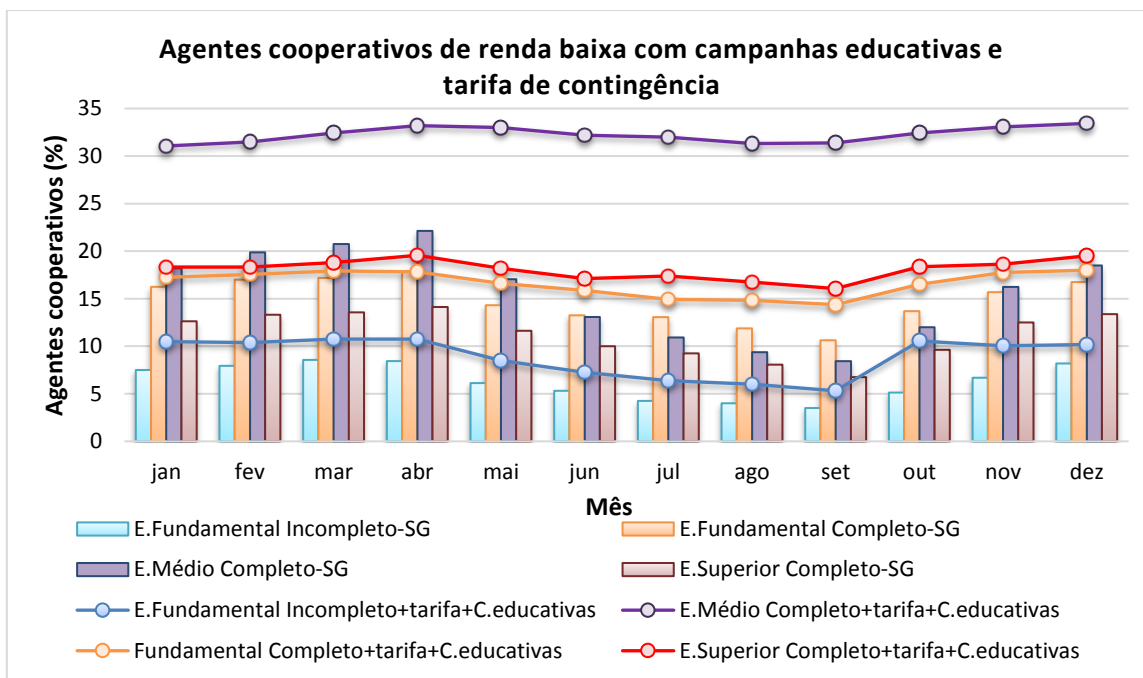


Figura 6.23- Porcentagem de agentes cooperativos de renda baixa, por escolaridade, implementando campanhas educativas e tarifa de contingência

No caso dos agentes de ensino fundamental completo, embora tenha sido encontrado um aumento de 23% dos agentes cooperativos em época sem chuvas implementando a tarifa de contingência junto com campanhas educativas, houve um aumento no consumo de água em média de 14% (Figura 6.25). Essa situação também foi observada nos casos anteriores (figura 6.23 e 6.20), mostrando que o conjunto de domicílios de ensino fundamental completo teve maior resistência às medidas de gestão em época de seca; quanto aos agentes de ensino fundamental incompleto em média diminuíram o consumo de água em 3% no período seco, este grupo de agentes foi o que melhor respondeu à implementação conjunta de tarifa e campanha educativa.

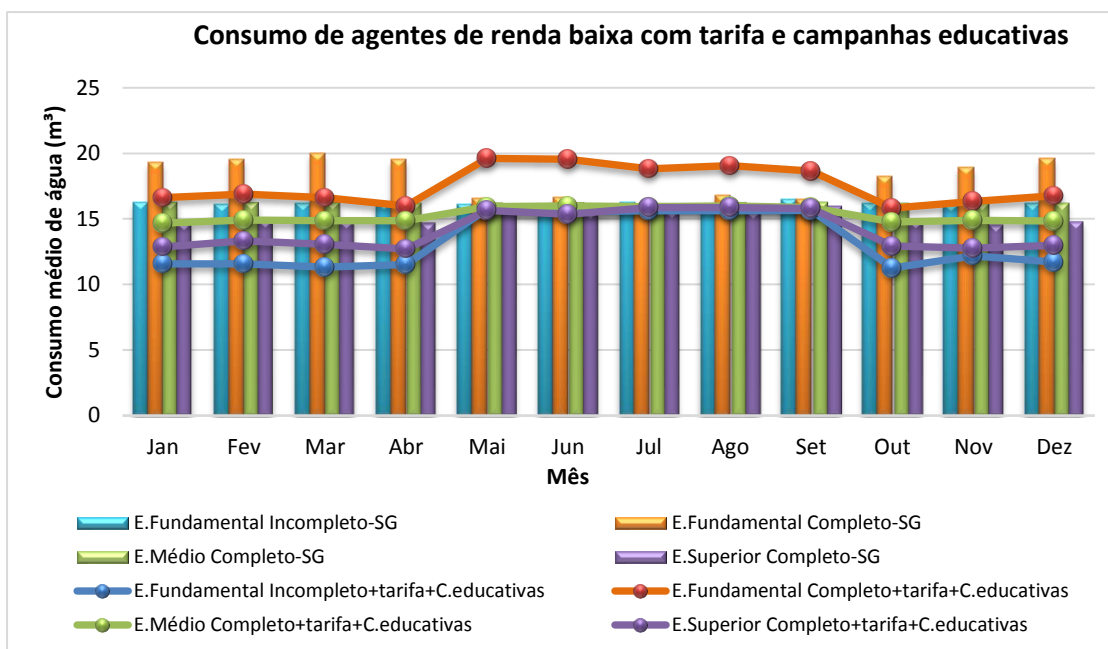


Figura 6.24-consumo médio de agentes de renda baixa, por escolaridade, aplicando tarifa de contingência e campanhas educativas.

No período chuvoso os agentes de ensino médio completo tiveram a maior porcentagem de agentes cooperativos com um aumento em média de 50% (Figura 6.24) na implementação conjunta de tarifa e campanhas educativas, porém a redução do consumo de água (8%) não foi a maior dentre todos os agentes (Figura 6.25). Esses resultados podem ser atribuídos ao curto período de tempo em que foram estabelecidas as duas medidas no DF, não causando um efeito significativo na percepção dos consumidores de água. Se forem comparados esses valores com os obtidos nas medidas de gestão adotadas anteriormente, a implementação unicamente da tarifa de contingência teve maior efeito na mudança de hábitos de consumo de água desse grupo de agentes (ensino médio completo) que a implementação conjunta das medidas de gestão. Quanto aos agentes de ensino superior completo a implementação da tarifa em conjunto com campanhas educativas causou uma diminuição no consumo de água em média de 12%, maior que à redução obtida só implementando a tarifa de contingência (7%), porém considerando a implementação unicamente de campanhas educativas, foi encontrado que tiveram em média uma diminuição de 27%, verificando assim que as campanhas educativas tiveram maior efeito na mudança de hábitos de consumo de água do

grupo de agentes de ensino superior completo de baixa renda que as outras medidas avaliadas.

Ainda se teve o pensamento de que os agentes de renda baixa são, maiormente, afetados pelas questões financeiras, pelo pouco ingresso de renda que este grupo tem, no caso da simulação realizada, mostrou-se que esse grupo de agentes não se adaptou a essa medida, e, portanto, é o gestor que precisa adaptar as políticas à percepção do agente de renda baixa, fortalecendo as campanhas educativas que, segundo os resultados teve maior influência no comportamento de consumo de água. Quanto à escolaridade dentro da mesma renda, existe muita variabilidade no comportamento segundo a época do ano e a medida de gestão estabelecida, em vista disso, para essa renda o nível de escolaridade não foi determinante na escolha da medida de gestão de água.

6.3.2. Resultado de simulação de BDI da renda média

A seguir serão apresentados os resultados do comportamento dos agentes de renda média frente a diferentes ações de gestão da água. Na Figura 6.26 pode-se observar a escolaridade de renda média onde predominam o ensino médio completo com 37,59 % e ensino superior completo com 50,38 % dos agentes avaliados. A base de dados do BDI para renda média é apresentada no Anexo III.

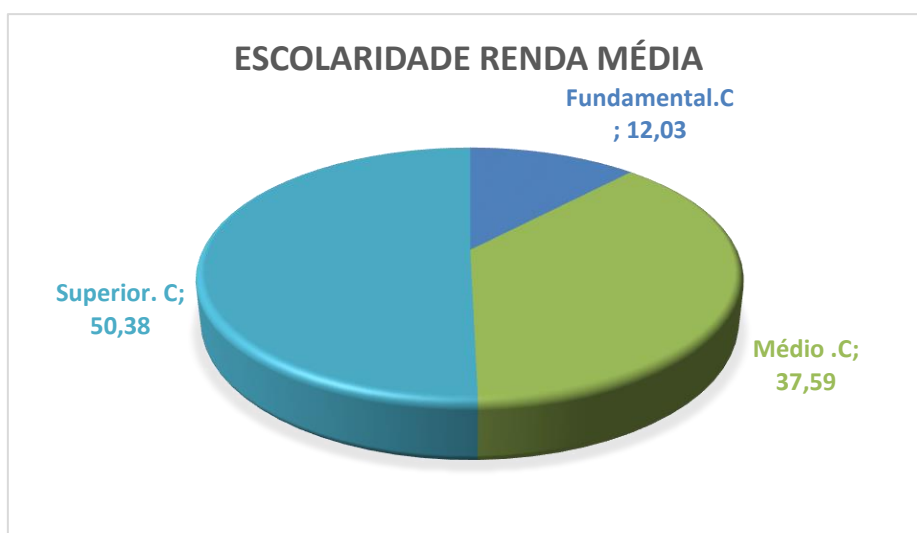


Figura 6.25- Escolaridade da renda média, segundo os dados coletados

Na Figura 6.27 apresentam-se as porcentagens de agentes cooperativos de renda média sem aplicar ações de gestão, nesse caso pode-se observar que a quantidade de agentes cooperativos foi maior comparado com os agentes de renda baixa (6.18) que apresentavam em média 14 % dos agentes cooperativos em época de chuva e 9% em época de seca. No caso da renda média, observou-se que 19% dos agentes de todas as escolaridades em época de chuva foram cooperativos e 14 % em época sem chuvas. Na Figura 6.27 pode ser observado que os agentes de ensino superior completo foram os mais cooperativos, especialmente no período de chuvas tendo em média 33% de agentes cooperativos, e 25% em época seca, seguido dos agentes de escolaridade média completa com uma porcentagem média de 18% de agentes cooperativos no período chuvoso e 14 % no período seco e finalmente encontram-se os agentes de ensino fundamental completo que contaram com uma média de 5 % de agentes cooperativos em chuva e 2% no período seco.

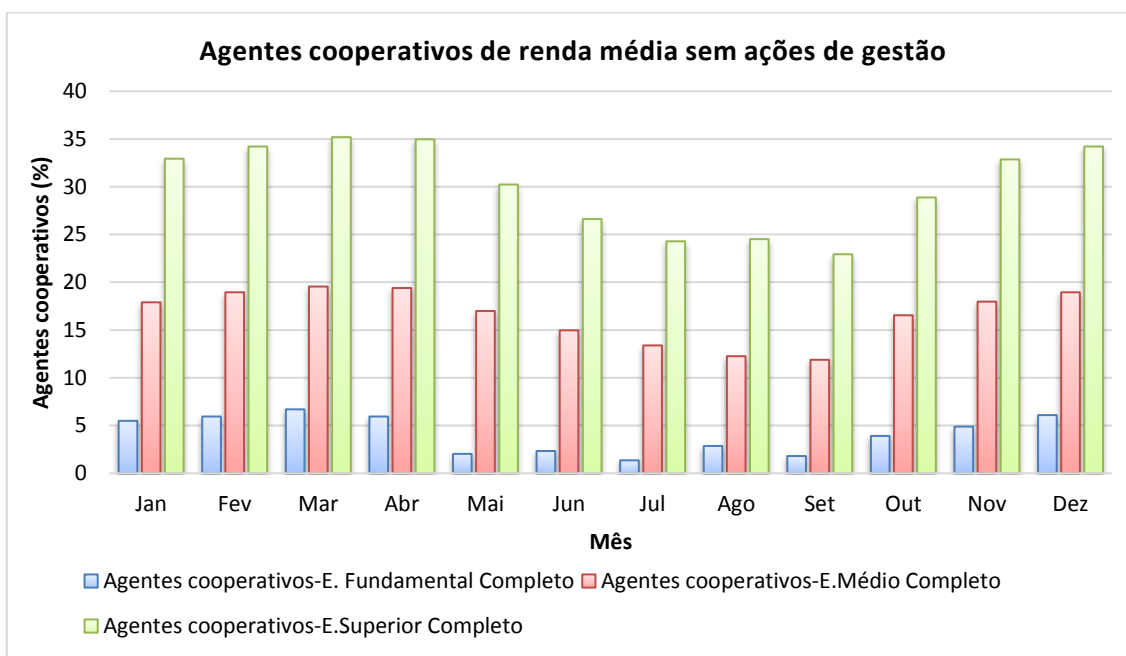


Figura 6.26-comportamento do consumo de água dos agentes de renda média , por escolaridade, sem aplicar ações de gestão da água

Na figura 6.28 são apresentadas as porcentagens de agentes cooperativos resultantes depois de implementar campanhas educativas. Na figura pode ser observado que todos os agentes de todas as escolaridades tiveram aumento na porcentagem de agentes cooperativos, nesse

caso os agentes de ensino fundamental completo e ensino médio completo, aumentaram em média 40 % com respeito ao número de agentes sem aplicar ações de gestão da água (SG) em época de chuvas; no caso dos agentes de ensino superior completo aumentaram 21% dos agentes cooperativos no mesmo período.

No período seco, de maio a setembro, o aumento dos agentes de ensino fundamental completo foi o maior dentre todos os agentes aumentando em média o 68%, seguido dos agentes de ensino médio completo com um aumento de 48% e finalmente encontram-se os agentes de ensino superior completo que aumentaram os agentes cooperativos em 27%. Esses resultados mostram que as campanhas educativas tiveram um efeito importante na renda média, onde o grupo de agentes que mostrou uma mudança importante foi o de ensino fundamental completo, pois ainda os agentes de ensino superior completo apresentavam desde o início (SG) um número maior de agentes cooperativos, o aumento de cooperação foi menor, isso pode ter acontecido porque este grupo tem uma base da informação mais completa e no momento da implementação de campanhas educativas, a informação adicional que esse grupo pode adotar é menor.

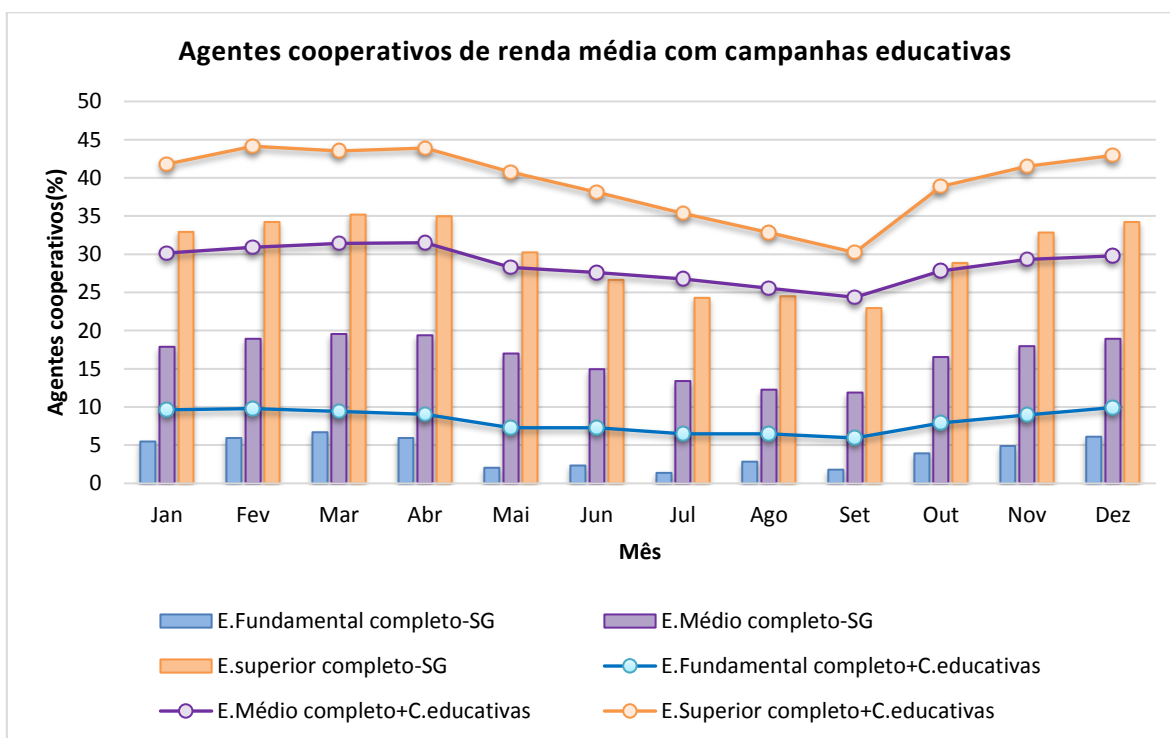


Figura 6.27- agentes cooperativos de renda média, por escolaridade aplicando campanhas educativas

Na renda média o consumo de água foi reduzido por parte de todos os agentes quando implementadas as campanhas educativas. As quantidades de agentes cooperativos obtidos com campanhas educativas mostraram uma diminuição do consumo de água proporcional ao número de agentes. Nesse caso quem teve o maior aumento de agentes cooperativos foram os agentes de ensino fundamental completo tendo também a maior redução de consumo de água, de 54% em época de chuva e de 48% no período seco (figura 6.29). Os agentes de escolaridade média completa e superior completa diminuíram o consumo de água em média 15% em período chuvoso, no caso da época seca houve uma redução do consumo de 6% e 1% respectivamente. Esses valores mostraram que esses grupos de agentes tiveram menos adesão à medida de campanha educativa em época seca.

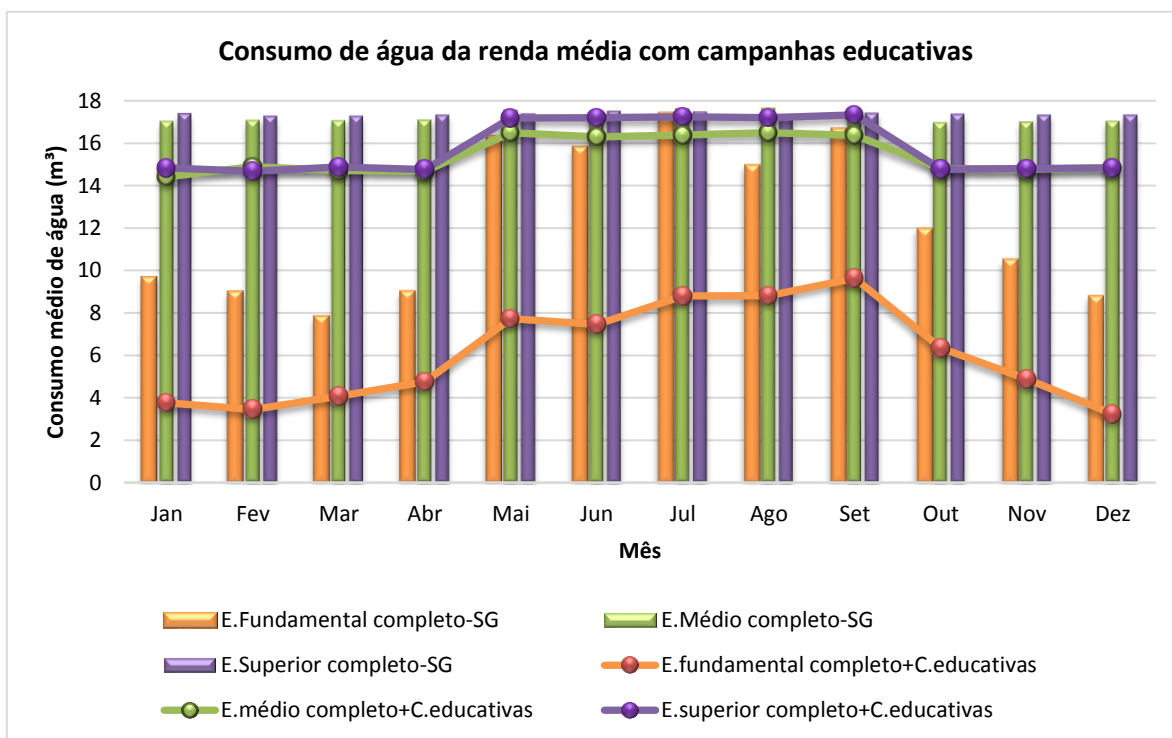


Figura 6.28-consumo médio de agentes de renda média, por escolaridade, aplicando campanhas educativas

Na figura 6.30 são apresentados os resultados de agentes cooperativos de renda média implementando tarifa de contingência. No período chuvoso o grupo de agentes que tiveram maior aumento de agentes cooperativos foram os de ensino médio completo e fundamental

completo com um aumento aproximado de 37%, seguido dos agentes de ensino superior completo com um aumento de 25% dos agentes. No período seco os agentes de ensino fundamental completo e ensino superior completo tiveram um aumento de agentes cooperativos de 42% e 38% respectivamente, seguido dos agentes de ensino médio completo que tiveram um aumento de 35%.

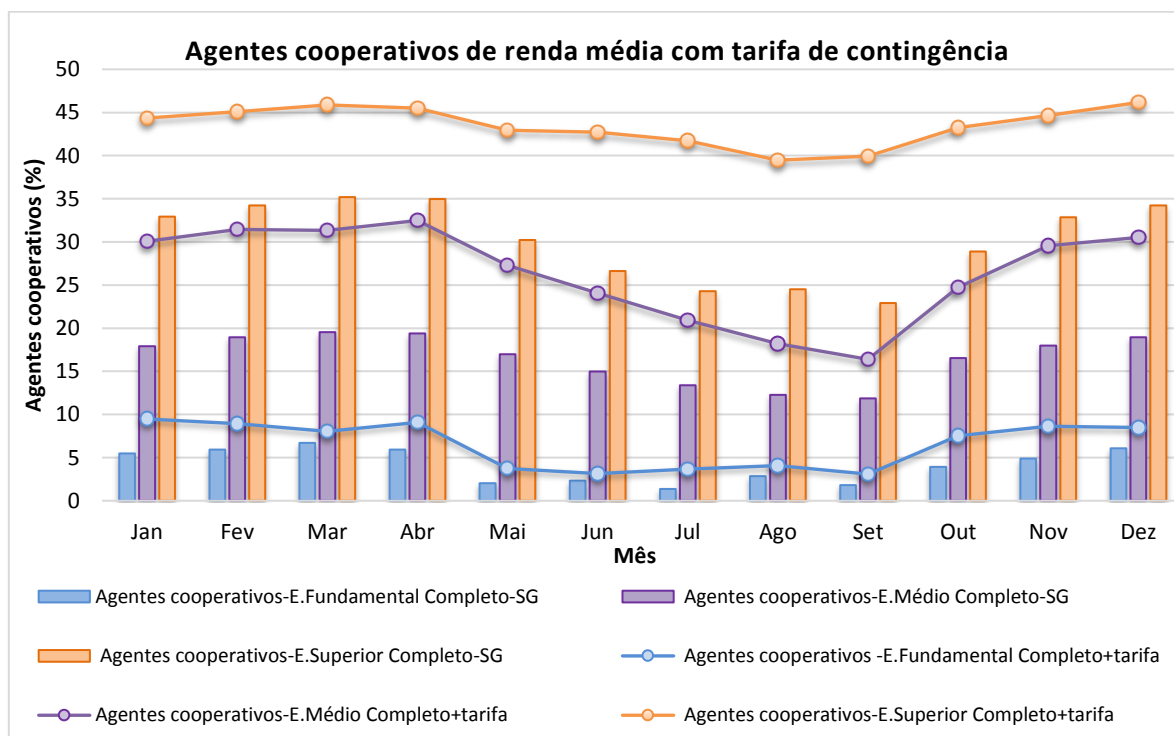


Figura 6.29- porcentagem de agentes cooperativos de renda média, por escolaridade, implementando tarifa de contingência

Quanto à diminuição do consumo de água, na figura 6.31 pode-se observar que no período chuvoso os agentes de ensino fundamental completo, diminuíram em média 46%, sendo os agentes com maior redução do consumo, dentre os três grupos analisados. Comparando esses valores com os valores de consumo de água obtida na implementação das campanhas educativas, no período de chuvas (Figura 6.29), pode-se verificar que os agentes de ensino médio completo e ensino superior completo tiveram valores de redução de consumo de água similares, aproximadamente 15%, com as duas medidas de gestão de água, mostrando que tanto as campanhas educativas quanto a tarifa de contingência não tiveram um efeito significativo nesse grupo de agentes. No caso dos agentes de ensino fundamental completo,

embora com tarifa de contingência tivessem uma diminuição do consumo significativa (46%), as campanhas educativas tiveram maior efeito nesse grupo de agentes (diminuição do consumo de 54%) no período chuvoso. No caso do período seco os agentes de ensino fundamental completo continuaram sendo o grupo de agentes com maior aumento no número de agentes cooperativos (42%), seguido dos agentes de ensino superior completo (38%) e ensino médio completo (35%). Com respeito à diminuição de consumo de água no período seco (Figura 7.30), teve o mesmo valor médio para agentes de ensino fundamental completo e ensino superior completo de 11% e para os agentes de ensino médio completo teve uma diminuição de 5%.

Comparando esses valores com os resultados obtidos implementando campanhas educativas (Figura 6.29) no período seco, pode-se observar que para os agentes de ensino fundamental completo, teve mais efeito as campanhas educativas, pois conseguiram diminuir em 48% os consumos de água, quanto aos agentes de ensino superior completo a tarifa teve mais impacto na redução de consumo, pois com campanhas educativas o grupo de agentes reduziu só 1% e com tarifa 11%. No caso dos agentes de ensino médio, teve variações no consumo de água similares às obtidas com campanhas educativas (redução de 5%), mostrando que nesse grupo de agentes no período seco não conseguiram se apropriar das medidas de gestão (tarifa e campanha educativa) e, portanto, os efeitos foram menos significativos.

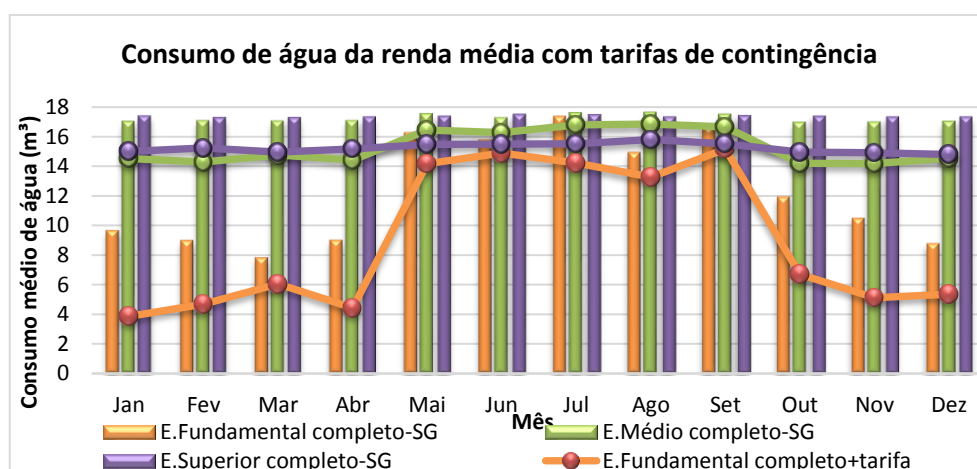


Figura 6.30- Consumo médio de água por domicílio da renda média, por escolaridade, implementando tarifa de contingência

Na Figura 6.32 pode-se observar o aumento dos agentes cooperativos pela implementação de tarifa de contingência em paralelo com campanhas educativas. No período chuvoso o aumento da quantidade de agentes cooperativos foi similar aos valores obtidos aplicando unicamente tarifa de contingência, no caso dos agentes de ensino fundamental completo, aumentaram 30% os agentes cooperativos e diminuíram o consumo de água em 46% (figura 6.33), mostrando que a implementação das duas medidas de gestão em paralelo não causou maior efeito na diminuição de consumo, como no caso das campanhas educativas onde a diminuição de consumo em média foi de 56% no período chuvoso, contrário ao ocorrido com os agentes de ensino superior completo onde a implementação conjunta de tarifa de contingência e campanhas educativas em período de chuvas fez diminuir ainda mais o consumo de água (em média 24%) comparado com as outras medidas (em média 13% com tarifa e 15% com campanha educativa).

No caso dos agentes de ensino médio completo, teve o mesmo comportamento de aumento de agentes cooperativos (40%) e diminuição do consumo (14%) foi observado na implementação isolada de tarifa e educação, mostrando que este grupo de agentes pode ter um limite de cooperativismo e não modifica de maneira significativa o comportamento de consumo de água mudando as ações de gestão.

Na época sem chuvas a implementação conjunta de tarifa de contingência e educação teve um efeito similar ao encontrado com a implementação somente de campanhas educativas, pois nos dois casos os agentes aumentaram em média 70% e o consumo reduziu quase em 50%, mostrando que a tarifa de contingência conseguiria persuadir esse grupo de agentes para diminuir o consumo de água só se fosse complementada de campanhas educativas, pois a implementação unicamente da tarifa só conseguiria reduzir 11% do consumo de água.

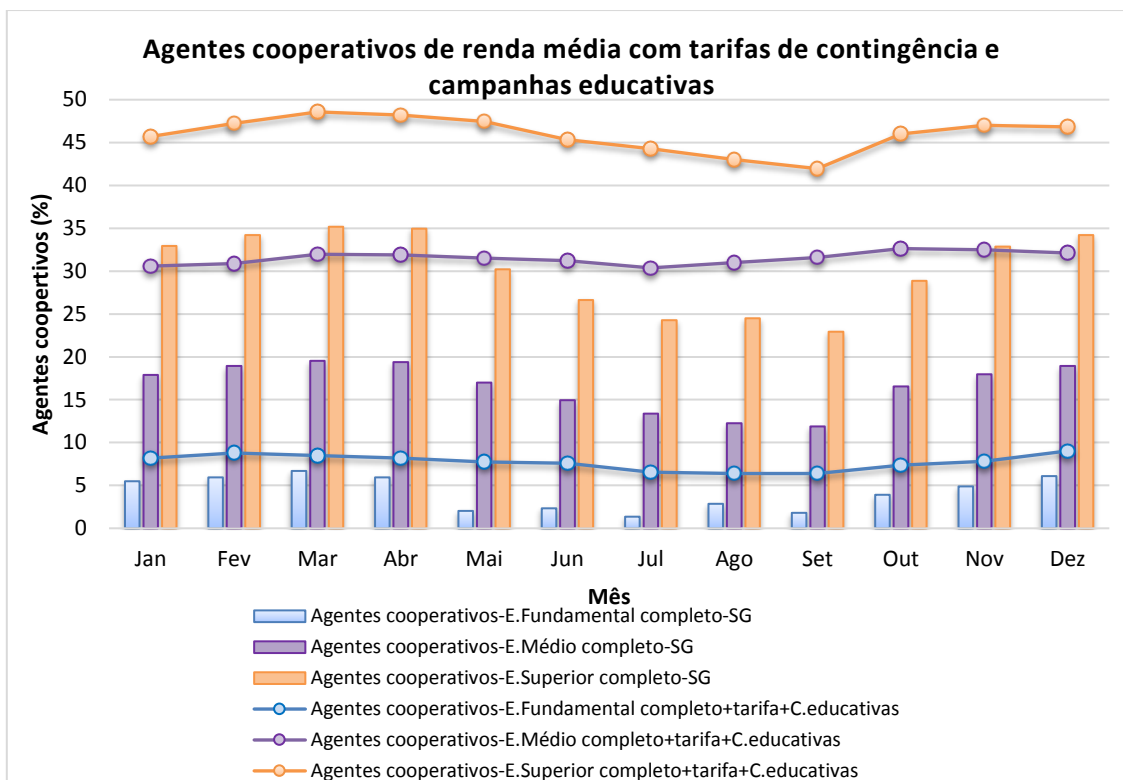


Figura 6.31- agentes cooperativos de renda média, por escolaridade, implementando tarifas de contingência e campanhas educativas.

No caso dos agentes de ensino superior completo, no período seco, aumentaram os agentes cooperativos em média 42%, porém a diminuição do consumo de água foi de 3% (figura 6.33), comparando esses valores com os dados obtidos na implementação das outras medidas de gestão, verifica-se que a implementação unicamente da tarifa de contingência teve mais efeito no grupo de ensino superior completo, pois teve a maior diminuição de consumo de água (11%), comparado também com as campanhas educativas que em média diminuiram o consumo de água em 1% no período seco. No caso dos agentes de escolaridade média completa, no período seco, ocorreu a mesma situação do período chuvoso, onde as variações no consumo de água foram as mesmas para todas as medidas de gestão (diminuição em média de 5%), mostrando a pouca adesão às medidas de gestão da água desse grupo em questão.

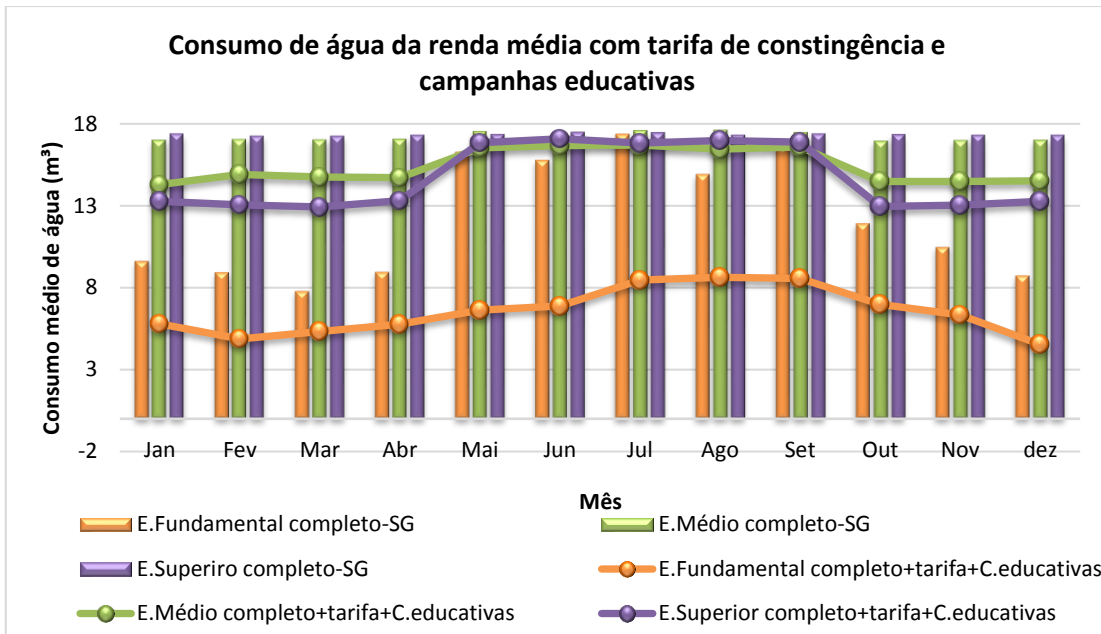


Figura 6.32- Consumo médio de água, por domicílio, da renda média, por escolaridade implementando tarifa de contingência e campanhas educativas

6.3.3. Resultado da simulação BDI da renda alta

A seguir são apresentados os resultados dos agentes cooperativos da renda alta segundo diferentes ações de gestão, simulado a partir da base de dados do BDI de renda alta apresentada no anexo III. Na figura 6.34 é apresentado o nível de escolaridade da renda alta, resultado da coleta de dados em campo. Nesse caso predomina o ensino superior completo com 73%.



Figura 6.33- Escolaridade da renda alta

Na figura 6.35 é apresentada a porcentagem de agentes cooperativos de renda alta sem aplicar ações de gestão. Na figura pode ser observado que os agentes de ensino superior completo são os mais cooperativos, tendo em média 59% dos agentes cooperativo em período chuvoso e 26% em período seco. Para o caso dos agentes de ensino médio completo, 40% dos agentes dessa escolaridade são cooperativos em época chuvosa e 48 % em época de seca.

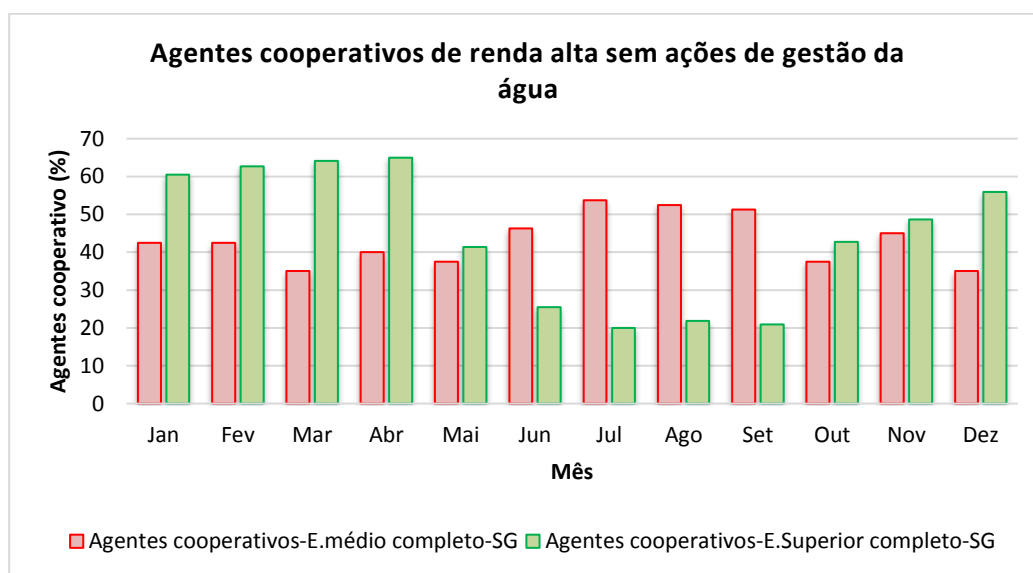


Figura 6.34-Agentes cooperativos de renda alta sem implementar ações de gestão da água

Na figura 6.36 são apresentados os resultados de variação de agentes cooperativos de renda alta por escolaridade quando implementadas campanhas educativas. Na figura pode-se observar que entre as duas escolaridades os agentes de ensino superior completo foram os que tiveram maior aumento de agentes cooperativos. Na época de chuvas em média aumentaram 42%, maior valor dos resultados de agentes cooperativos de renda média e baixa, implementando campanhas educativas. Quanto aos agentes cooperativos de ensino médio completo aumentaram em média 16%, que foi o menor valor encontrado entre os agentes de renda baixa, média e alta em época de chuva, aplicando campanhas educativas.

A pesar de ter sido encontrado o maior aumento de agentes cooperativos no grupo de escolaridade superior completa da renda alta, se observou que teve a menor redução de consumo de água dentre os três grupos da mesma escolaridade de renda baixa, média e alta.

Nesse caso o consumo foi reduzido em média 10 % (Figura 6.37), enquanto a renda média 15% e a renda baixa 27%.

No período seco, os agentes de ensino superior completo aumentaram em média 70% dos agentes cooperativos, diminuindo o consumo de água em média 7% (Figura 6.37). A redução foi baixa com respeito à diminuição de consumo de água obtida na época chuvosa, mas dentre as três rendas foi a maior redução de consumo de água que houve, pois, os agentes de renda média e baixa só diminuiram o consumo em 1%, mostrando que em épocas sem chuvas o grupo de escolaridade superior completo teve uma tendência cooperativa na medida em que aumentava a renda.

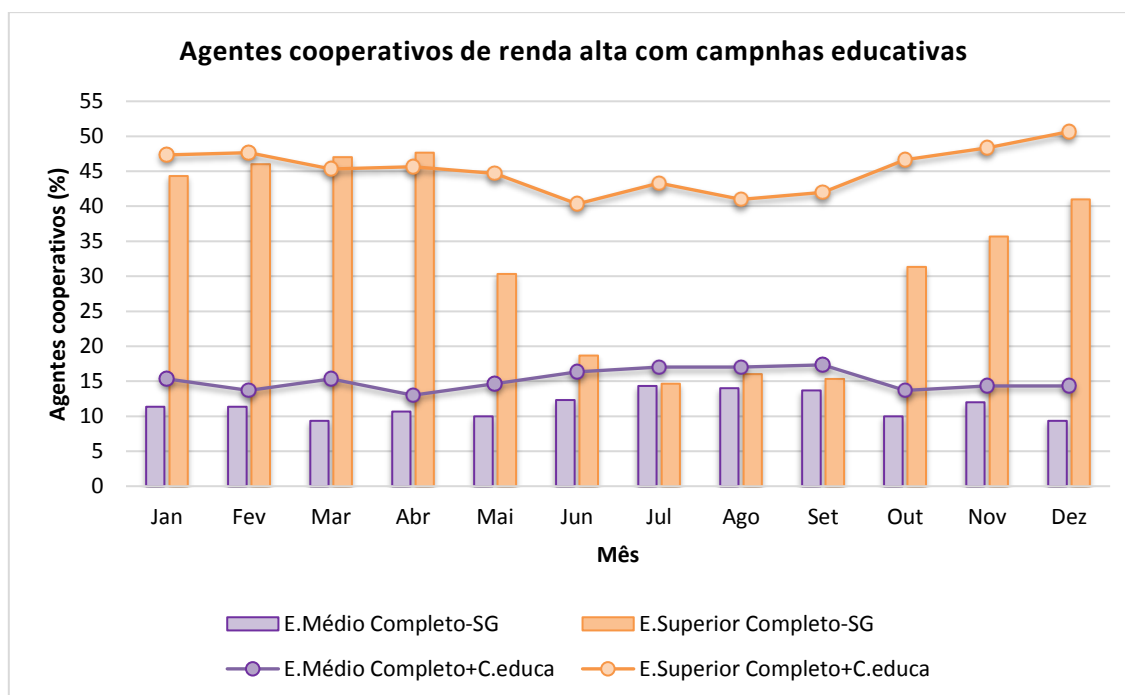


Figura 6.35- Agentes cooperativos de renda alta, por escolaridade implementando campanhas educativas

Para o caso dos agentes de ensino médio completo, se obteve um aumento dos agentes cooperativos em média de 22% e uma diminuição de consumo de água de 13% (Figura 6.37), nesse caso a quantidade de agentes cooperativos foi a menor dentre as três rendas, porém a diminuição de consumo de água foi a maior, pois a renda média diminuiu 6% e a baixa 1%, mostrando que só considerando o grupo de agentes de ensino médio completo, quanto maior as rendas, mais cooperativas eram, pois consumiam menos água.

Quando foram implementadas campanhas educativas nas três rendas, baixa, média e alta, as escolaridades tiveram comportamentos diferentes que dependiam também do tempo, época de chuva ou sem chuvas. No período chuvoso, os agentes mais perceptivos às campanhas educativas foram os agentes de renda baixa com maior escolaridade (superior completo). No período sem chuvas, de maio a setembro, na região tem-se um cenário pouco confortável para os moradores dos domicílios simulados, pois alcança valores de umidade relativa do ar muito baixos, que junto à diminuição da precipitação causa o aumento do consumo de água. Considerando essas condições foi observado que nas três rendas a diminuição do consumo de água no período seco não foi tão alto quando o obtido no período de chuvas.

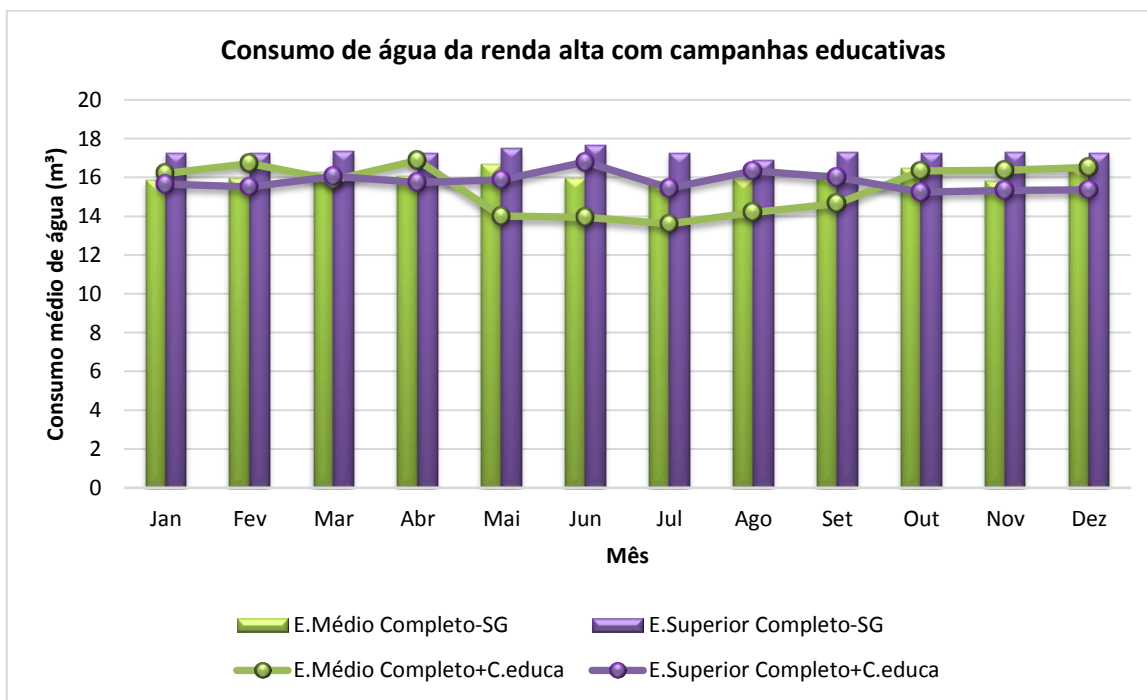


Figura 6.36- Consumo de água da renda alta, por escolaridade, implementando campanhas educativas

No período seco, os agentes mais conscientes quanto à crise hídrica e ao hábito de consumo de água, foram dentro de cada escolaridade, aqueles que tinham maior renda. Porém se for avaliado este tipo de comportamento por grupo de renda, para cada uma a tendência encontrada foi que quanto menor a escolaridade, maior a economia de água, isso pode ser explicado porque os grupos com menor escolaridade geralmente são menos favorecidos no

acesso à informação e quando são implantadas as campanhas educativas com disponibilização de mais conhecimento e informação a possibilidade de mudar é maior. Já os grupos com maior escolaridade, ao ter maior acesso à informação, uma vez recebem o conteúdo relacionado ao consumo de água, prestam menos atenção, pois dentro da sua crença é informação que já foi obtida anteriormente. Portanto dentro de cada renda, quanto menor a escolaridade maior a possibilidade de que o mundo percebido por meio de ações educativas se torne em bons hábitos e vire crença.

Na figura 6.38 são apresentados os resultados da variação de agentes cooperativos de renda alta por escolaridade quando foram implementadas tarifas de contingência. Na figura pode ser observado que os agentes de ensino médio completo diminuem para zero, quer dizer que 100% dos agentes dessa escolaridade, para esse período consumiam água acima da média que é 17,41 m³ por domicílio dessa renda. A renda alta, assim como as outras rendas não tiveram um valor muito alto de consumo de água, nesse caso para os agentes de ensino médio completo, o fato de não ter agentes cooperativos, quer dizer que a tarifa de contingência não é determinante para mudar a percepção e hábitos desse grupo de agentes, que se reflete no aumento de consumo de 7% (Figura 6.38). Esse resultado sinaliza que ainda eles não foram afetados pela tarifa nessa época, não existe um aumento no consumo de água muito alto na época de chuvas, portanto não se pode concluir que esses agentes são 100% não cooperativos, pois o comportamento de consumo mostra o contrário.

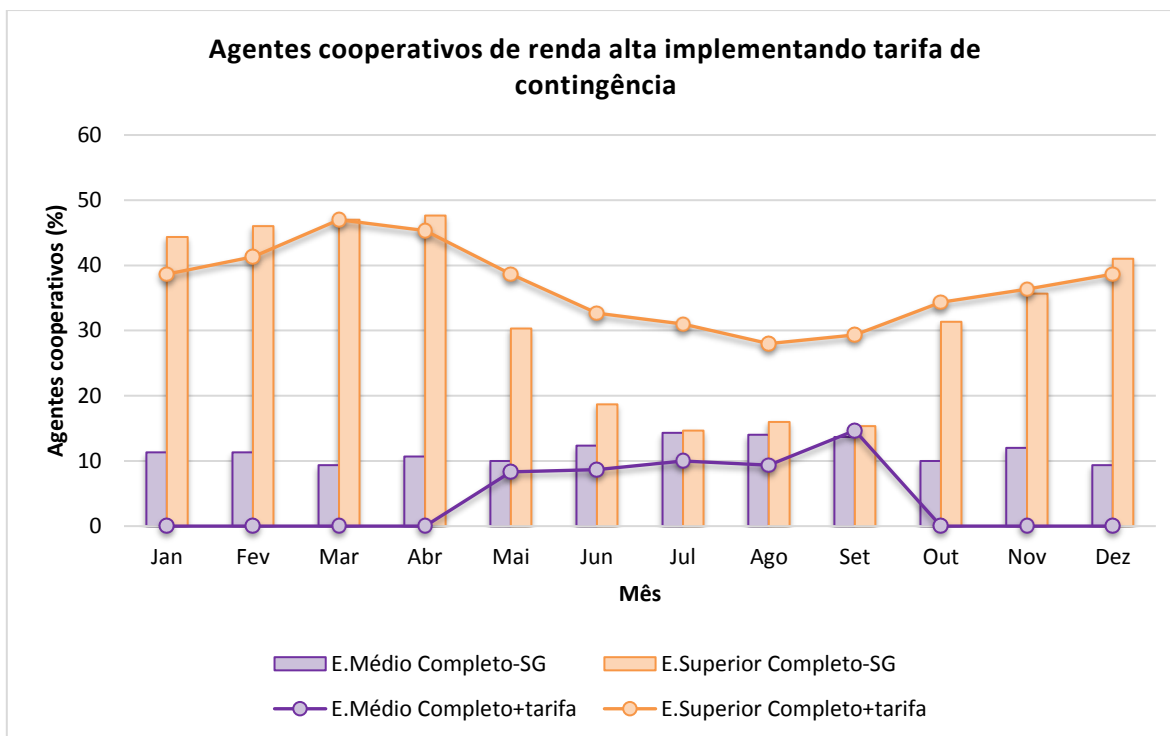


Figura 6.37- Porcentagem de agentes cooperativos de renda alta, por escolaridade, implementando tarifa de contingência

No caso dos agentes de escolaridade superior completa, para o período de chuvas é observada uma diminuição do número de agentes cooperativos de 4% aproximadamente e diminuição do consumo de água de 6%. Esses resultados mostraram que para a renda alta, independente da escolaridade, em época de chuvas, a tarifa não foi determinante na mudança de hábitos. No caso do período sem chuvas, os agentes de ensino médio completo diminuíram os agentes cooperativos em média 21%, porém a tendência foi de diminuir o consumo de água em aproximadamente 4%. No caso dos agentes de ensino superior completo existiu um aumento dos agentes cooperativos de 40%, porém a diminuição do consumo foi muito baixa de 1% (Figura 6.39); uma possível explicação é que as pessoas com níveis mais elevados de educação podem ter maior consciência do que deveriam estar fazendo, mesmo que essa consciência não se traduza em ação (Russel e Fielding,2010). Nesse caso para a renda alta comprovou-se que a implementação da tarifa conseguiu diminuir o consumo de água, porém observou-se que o consumidor de água não foi tão sensível ao preço implantado (tarifa de contingência), podendo-se inferir que a tendência da demanda de água é ser do tipo inelástico.

Comparando os resultados das três rendas implementando tarifa de contingência foi possível identificar que o grupo de renda média, para escolaridade de ensino médio e superior completo, foi o grupo que teve maior diminuição do consumo de água, seguido da renda baixa e da renda alta. Nesse caso a renda baixa é identificada como um consumidor de água baixo, portanto a implantação da tarifa de água não afetou significativamente o consumo de água. Comparando os resultados de renda baixa com os de renda alta, no período de seca, quem possui maior renda é mais sensível a diminuir o consumo de água.

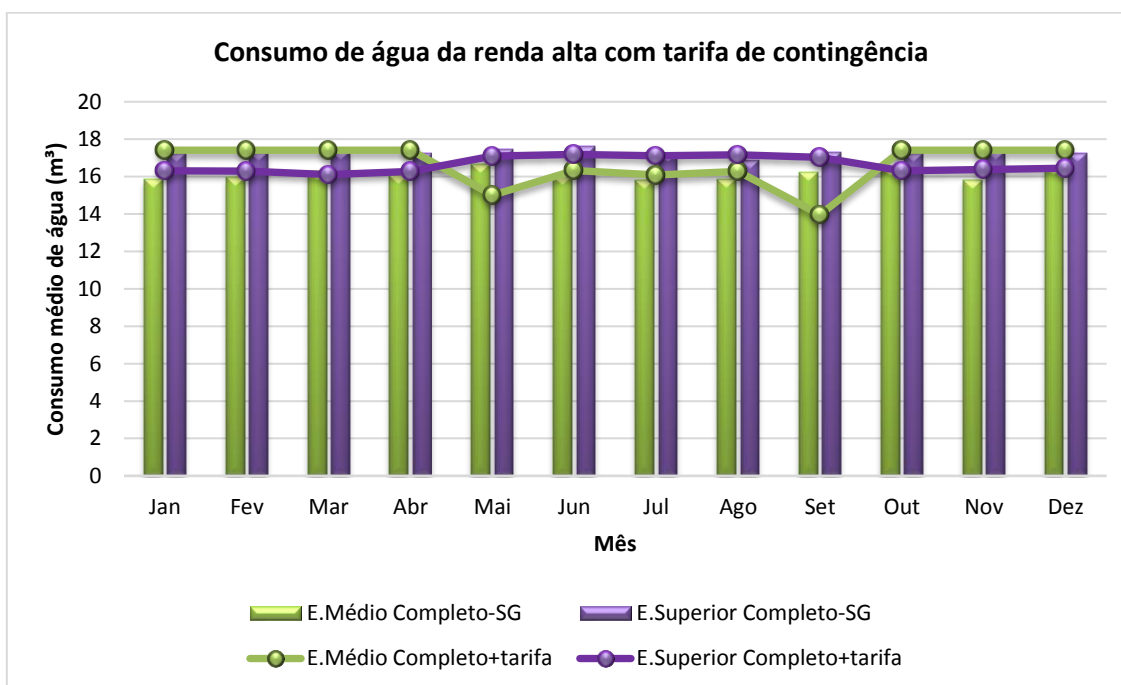


Figura 6.38-Consumo médio de água da renda alta, por escolaridade, implementando tarifa de contingência

Na Figura 6.40 são apresentados os resultados da porcentagem de agentes cooperativos de renda alta implementando as campanhas educativas e tarifas de contingência, nesse caso para o grupo de agentes de ensino médio completo em época de chuva (figura 6.40) houve uma diminuição de 8% dos agentes cooperativos, que mostrou um aumento no consumo em média de 7% (Figura 6.41), para os agentes de ensino superior completo no mesmo período, houve um aumento de 8% dos agentes cooperativos e em média uma diminuição de consumo de 6%, se comparados esses resultados com os obtidos na figura 6.39 (implementando unicamente tarifa de contingência). Pode-se observar que valores de consumo não variaram,

para esses períodos, indicando a resistência do grupo de ensino superior completo a mudar hábitos inclusive com a implementação de campanhas educativas paralelamente. Para o período seco, o grupo de agentes de ensino médio completo diminuiu os agentes cooperativos em 18%, mostrando uma variação pequena no consumo de água de 2% a menos, no caso do grupo de ensino superior completo é interessante observar que em época sem chuva aumentaram o número de agentes cooperativos quase em 57%, mostrando que a época do ano influencia no comportamento desta renda, pois na época sem chuvas que a diminuição da disponibilidade de água é mais evidente, porém a diminuição do consumo continuou sendo baixa com 7%, comparado com os resultados obtidos nas outras rendas.

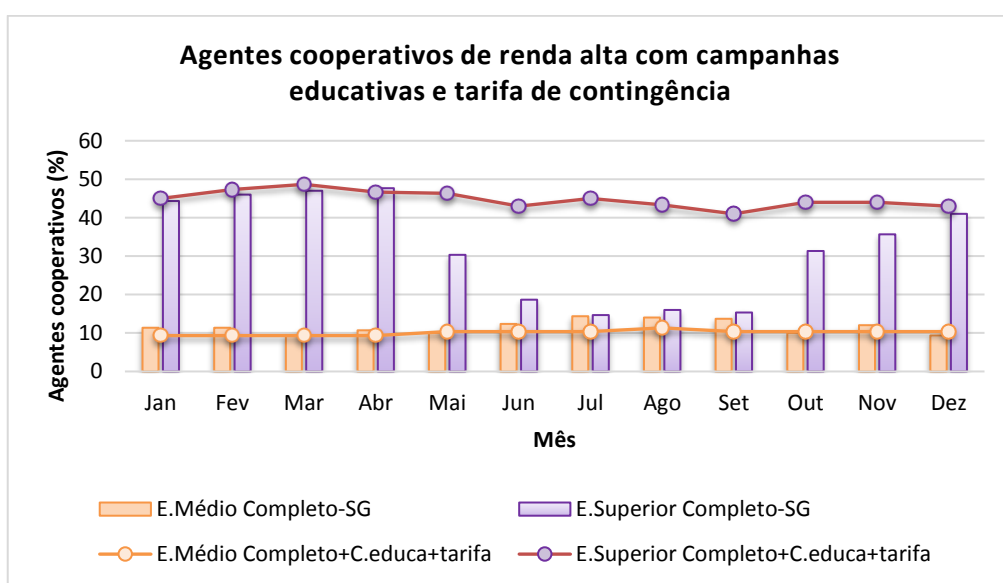


Figura 6.39- Porcentagem de agentes cooperativos de renda alta, por escolaridade, implementando campanhas educativas e tarifas de contingência

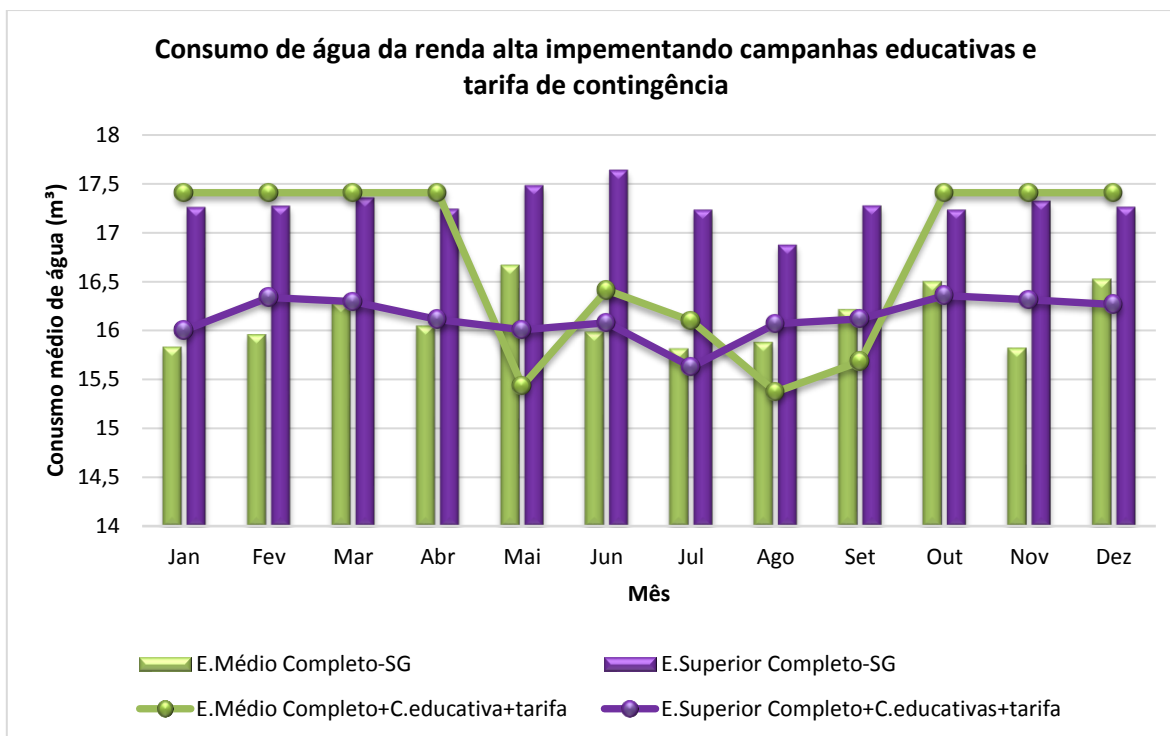


Figura 6.40- Consumo médio de água da renda alta, por escolaridade, implementando campanhas educativas e tarifa de contingência

De modo geral os agentes de renda média foram os que tiveram maior diminuição do consumo da água aplicando as três medidas de gestão da água analisadas na presente pesquisa no período de chuvas e no período seco. Considerando que mais da metade dos habitantes de Brazlândia são de renda média (Codeplan, 2015), pode-se inferir que a maioria dos domicílios da área de estudo apresenta um comportamento cooperativo, e as medidas estabelecidas em geral tiveram um impacto significativo no comportamento dos agentes, especialmente as campanhas educativas.

Comparando a renda baixa e a renda alta, é necessário realizar uma diferenciação do comportamento segundo o período analisado, no caso do período de chuvas encontrou-se que a renda baixa teve a tendência de ser mais cooperativa, especialmente com campanhas educativas com agentes de menor escolaridade. No caso do período seco, a renda alta foi quem apresentou maior cooperativismo, particularmente com campanhas educativas e agentes pertencentes à escolaridade média completa. Esses resultados contradizem o estudo realizado pelo Bronfman *et al.*, (2015) no Chile onde os atores tiveram maior comportamento

pro-ambiental, quanto maior a renda e o nível de escolaridade. Nesse caso é necessário salientar que são culturas diferentes e as condições meteorológicas tem uma forte influência no comportamento dos agentes.

A percepção do consumo de água dos agentes influenciou no comportamento cooperativo ou não cooperativo do agente, nesse caso segundo os resultados pode-se inferir que a maioria dos agentes tinha uma percepção correta do consumo de água na residência ajudando no comportamento cooperativo, porém em alguns casos mostrou-se que incluso quando os resultados mostraram um aumento nos agentes cooperativos, houve um aumento no consumo de água, sinalizando que nem sempre a percepção e o número de agentes cooperativos fazem a diferencia no comportamento real de consumo de água.

Quanto à relação da renda no consumo de água, Dias *et al.*, (2010) no seu estudo afirma que o consumo de água está intimamente ligado às condições socioeconômicas da população abastecida; no caso da presente pesquisa, em termo gerais, não houve mudanças no consumo proporcional ao aumento ou diminuição da renda, em contrapartida na pesquisa foi verificado que a renda média foi o grupo que teve a maior diminuição do consumo com as medidas estabelecidas, seguido da renda baixa e da renda alta.

Uma característica comum de todas as rendas encontrada por meio dos questionários, foi que os agentes não foram influenciados pelos vizinhos para aumentar ou diminuir o consumo de água. Esta falta de diálogo entre os agentes vizinhos é característica não só na Região de Brazlândia, mas também em outras regiões administrativas do Distrito Federal, onde no “modus vivendi de Brasília”⁹ existe uma falta de diálogo dos moradores vizinhos. Além disso, a maioria das cidades satélites do Distrito Federal, são consideradas como cidades dormitório, em que os moradores passam o dia fora de casa para trabalhar e retornam à noite apenas para pernoitar.

Segundo Kumar, *et al.*, (2014), as culturas coletivistas tendem a estar mais dispostas a sacrificar-se pelo interesse coletivo, e os indivíduos podem ser mais dispostos a comportamentos sustentáveis. Porém a cultura individualista valoriza o comportamento individual e tende a estarem mais dispostos à mudança de valores ou comportamento. A característica comportamental individualista em Brazlândia pode ser observada nas três

⁹ Crônica: Onde ninguém dá bom-dia a ninguém. <http://www.bsbcapital.com.br/onde-ninguem-da-bom-dia-a-ninguem/>

rendas, pois enquanto são implantadas as ações de gestão, os agentes têm uma boa resposta às políticas implantadas mostrando sua adaptabilidade.

6.4. RESULTADOS DA OFICINA ATITUDE ÁGUA: EU CONHEÇO, EU PERCEBO, EU DEFENDO.

A seguir são apresentados os resultados da oficina realizada para obter a percepção de outro tipo de agentes e compará-los com a simulação de agentes realizada.

Na oficina nomeada: Atitude água: eu percebo, eu conheço, eu defendo (Figura 6.42 a 6.45) participaram pessoas dos estados de Paraíba, Pará e Distrito Federal, profissionais da área de saneamento e saúde ambiental, que trabalharam em grupos na oficina. As figuras 6.42 a 6.45 mostram os resultados das percepções que os participantes tinham da realidade deles e o que eles achavam que era comum na cidade onde eles moravam. Na dinâmica, foram utilizados diagramas (círculos) indicando a importância da ação para o uso consciente da água (segundo o tamanho, quanto maior mais importante) e era realizada a ação (colocando o círculo próximo da frase uso consciente da água) ou não (colocando o círculo longe da frase).

No caso do grupo 1 da Paraíba (figura 6.42) foi encontrado que dentro da percepção dos participantes, as campanhas educativas eram muito importantes, porém na região não eram comumente implementadas, em contrapartida as campanhas educativas nas escolas tinham mais proximidade com a sentença “uso consciente da água”, mostrando sua implementação. Nesse grupo em particular foi ressaltado o controle social desde o ponto vista participativo especificamente em processos relacionados com comitês de bacia, mostrando a importância pelo tamanho do círculo e colocando-o próximo à frase central devido à profissão dos participantes desse grupo que faziam parte desses comitês. Uma questão interessante ressaltada foi a “compartilha do conhecimento entre vizinhos” nesse caso, na dinâmica foi indagado sobre esse tema para saber se conversavam com os vizinhos sobre as temáticas de água, para esse grupo não tinha tanta importância quanto à educação, mostrando que tal vez não teria tanta influência para usar conscientemente a água, igualmente no resultado desse grupo observou-se que o círculo “compartilha do conhecimento entre vizinhos” ficou um pouco longe da frase central, nesse caso o grupo expressou que pouco se conversa entre

vizinhos (sobre bons hábitos de uso de água) devido às regras culturais, pois dessa forma evitavam conflitos com os vizinhos.

Quanto à implantação de tarifas, no grupo foi ressaltada a importância do aumento de tarifa, porém segundo a proximidade do círculo à frase central (Figura 6.42), mostrou-se que não era muito implementada. Outra questão interessante, que também foi encontrada na presente pesquisa, foi o reuso da água da máquina de lavar, que foi avaliada pelo grupo 1 como muito importante, e era medianamente implementada. As ações de fechar a torneira e não usar mangueira, ao igual que o encontrado em Brazlândia, foram ações muito importantes e eram realizadas com frequência para economizar água. A captação de água da chuva foi considerada como muito importante não só para Paraíba senão para o Nordeste, pois devido à escassez de água esta solução tem sido muito utilizada, porém para o caso da oficina, o Grupo 1 expressou a importância, mas também uma falta de implementação por parte das pessoas que moram nas áreas urbanas.

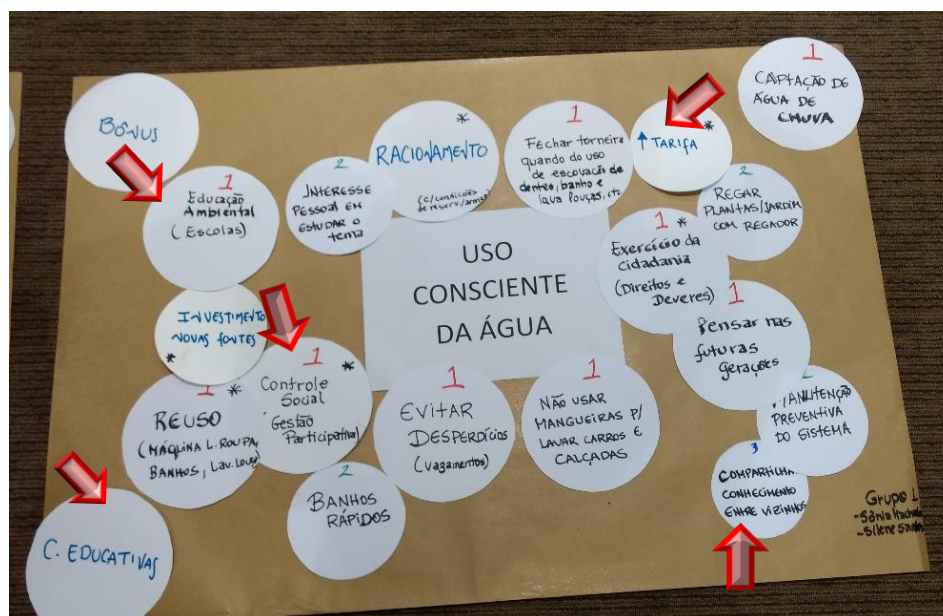


Figura 6.41- Resultado de percepção do grupo 1/ Paraíba, oficina Atitude Água: eu percebo, eu conheço, eu defendo

O grupo 2 (Figura 6.43) e o grupo 3 (Figura 6.44) pertenciam ao estado de Pará. Uma característica desses dois grupos é que o grupo 2 era formado por pessoas que eram consideradas como “gestoras da água” pois trabalhavam em instituições públicas

relacionadas com a temática de água o grupo 3 foi caracterizado como agente consumidor de água pois tinha uma estudante e uma pessoa que trabalhava fora da área relacionada à água. A figura 6.43 mostra os resultados do grupo 2 que expressaram a importância da preservação de nascentes, coletar água da chuva, promover campanhas educativas, evitar o desperdício e reutilizar água da máquina de lavar. Essas ações foram colocadas muito próximas da frase “uso consciente da água” mostrando que na percepção deles, eram atividades que eram comumente realizadas. O aumento de tarifa foi considerado como muito importante pelo tamanho do círculo, porém, o grupo expressou que não era uma ação que se executava comumente e um dos participantes expressou que a tarifa não faria mudar seus hábitos, como por exemplo, de tomar banho 3 vezes por dia, pelas altas temperaturas do local onde morava.

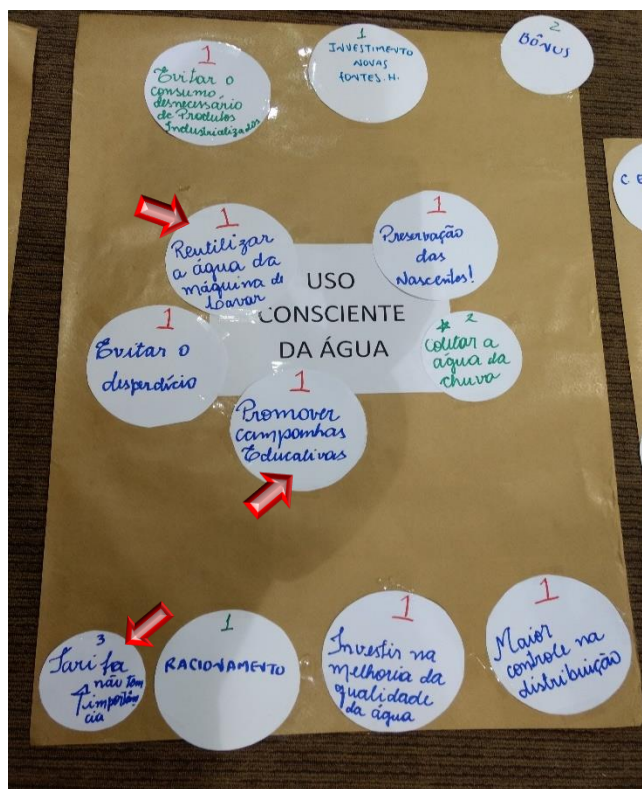


Figura 6.42- Resultados de percepção do grupo 2/Pará oficina: Atitude Água: eu percebo, eu conheço, eu defendo

Na figura 6.44, são apresentados os resultados do grupo 3 também do estado de Pará, cujos participantes foram considerados como agentes consumidores de água. Nesse caso fechar

torneiras e educação nas escolas foram ações que eles acharam importantes e que são comumente realizadas nos locais onde eles moravam. O reuso da água da máquina de lavar, ao igual que o grupo 1, foi considerada importante e não ficou tão longe da frase central mostrando que é realizada. No caso desse grupo a conversa entre vizinhos sobre a questão da água ou a cobrança dos vizinhos para que eles não desperdicem foi chamada de “cobrança social”, que para eles era muito importante e segundo foi exposto não era muito realizado, pois a pesar deles terem a intenção de realizá-lo, eles mesmos evitavam realizar essa cobrança para não entrar em conflito com os vizinhos. Isso foi observado na simulação de agentes onde muitas vezes a intenção estava desconectada do comportamento. Quanto à questão do aumento de tarifa, eles consideraram importante, porém não muito utilizado, como colocado também pelo grupo 2, pertencente ao mesmo estado. A ação “campanhas educativas” foi caracterizada como muito importante, porém ficou muito longe da frase central.

Comparando os resultados mostrados na Figura 6.44 do grupo 3 (considerados como agentes consumidores de água) com os obtidos no grupo 2 (considerados como gestores da água) apresentado na figura 6.43, pode se observar que as campanhas educativas para os “gestores” é um fato, ou seja pode-se caracterizar como uma crença pois eles nas suas instituições realizam este tipo de campanhas, porém por parte dos agentes consumidores (grupo 3) as campanhas educativas encontram-se muito longe do “uso consciente da água” mostrando que as campanhas educativas não estavam chegando efetivamente aos cidadãos. Esse fato é interessante de avaliar, pois é importante ressaltar que nem sempre é necessária a adaptação do consumidor de água às ações de gestão, nesse caso demonstra-se que é necessária uma adaptação das políticas implementadas por parte do gestor, considerando a percepção da população, para que sejam efetivas.

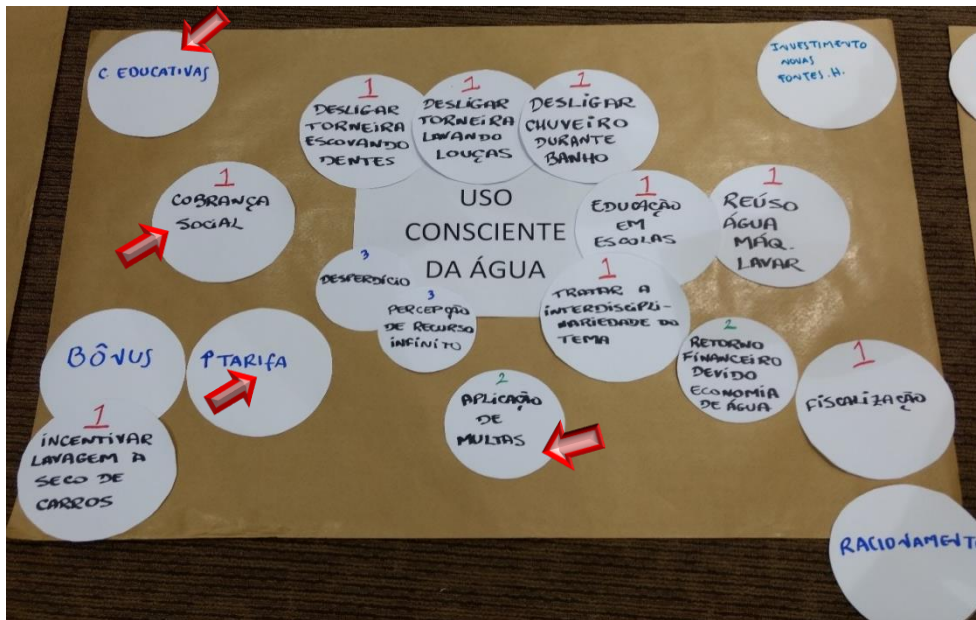


Figura 6.43- Resultados de percepção do Grupo 3/Pará. Oficina Atitude água: eu percebo, eu conheço, eu defendo

Na figura 6.45 são apresentados os resultados do grupo 4 do Distrito Federal, que refletem a situação vivenciada no DF, pois devido à crise hídrica o aumento de tarifa e as campanhas educativas foram consideradas muito importantes e próximas da frase central pois foram de fato implementadas e os participantes consideraram efetivas. No caso do racionamento, foi considerado importante, porém não foi colocado tão próximo do centro, pois esta ação não tem sido tão efetiva para diminuir o consumo de água. Evitar o uso de mangueira, aproveitar a água chuva e em geral a mudança de hábitos foi considerado importante embora ficasse um pouco longe do uso consciente da água, pois para os participantes era realizado medianamente.

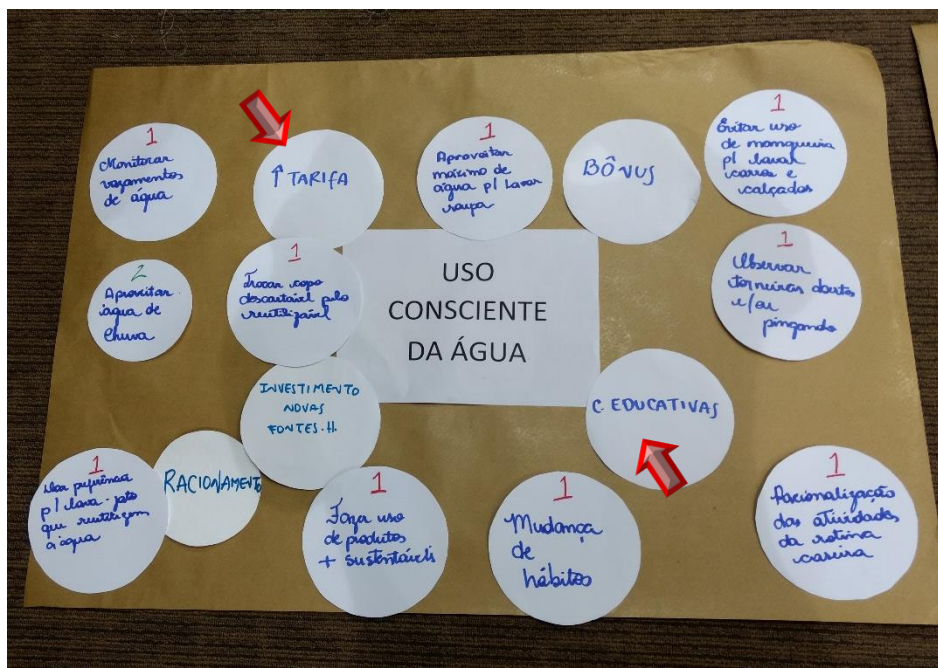


Figura 6.44- Resultados de percepção do grupo 3/DF, Atitude água Atitude Água: eu percebo, eu conheço, eu defendo

Os resultados obtidos na oficina reforçaram a importância das campanhas educativas para mudar hábitos. A importância das campanhas educativas também foi encontrada nos questionários, onde foi indagada qual ação o agente achava mais efetiva para redução do consumo de água. As respostas podem ser observadas na Figura 6.45 onde são indicadas ações como: Campanhas educativas nas escolas (CEE), Campanhas educativas na televisão (CET), Multas por alto consumo de água (MAC), Aumento de tarifa de água (ATA), Racionamento de água (RA) e Redução de Tarifa para quem economizar (RTE). Na figura 7.45 pode-se observar que os usuários de renda baixa e média possuíam maior sensibilidade a medidas de fundamentação econômica (tarifa) seguida de ações de campanhas educativas. No caso da renda alta, as campanhas educativas tiveram mais peso, isso coincide com os resultados anteriormente apresentados onde o custo da água e a educação tiveram uma influência significativa para mudança de comportamento de consumo de água como foi apresentado no modelo conceitual (figura 6.10 e 6.11 e 6.12).

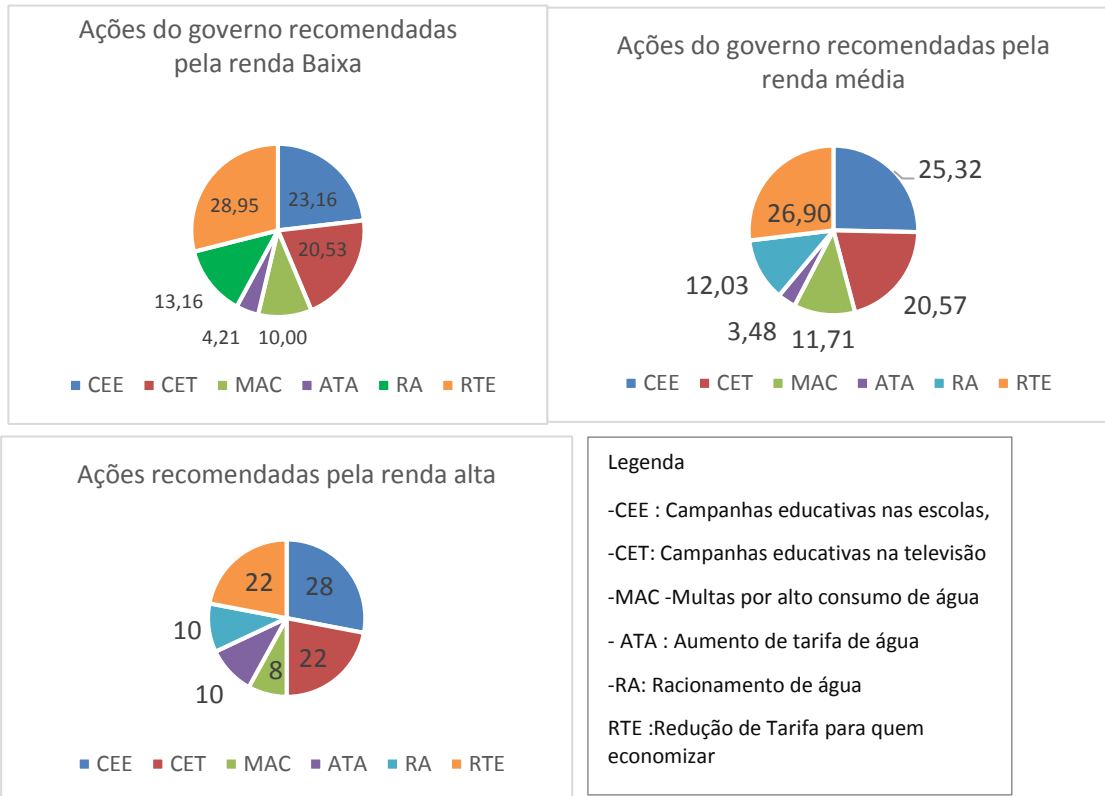


Figura 6.45-Medidas de gestão de demanda de água indicadas como mais efetivas por consumidores de renda baixa, média e alta.

A influência das campanhas educativas também foi observada na simulação de agentes, onde os agentes de renda baixa tiveram a maior diminuição de consumo de água, com essa medida, em época chuvosa, diminuindo 16% e os agentes de renda alta tiveram maior diminuição de consumo de água em época seca diminuindo 5%, que foi a maior diminuição de consumo de água dentre as três rendas com campanhas educativas em época seca. Os agentes de renda média também responderam positivamente com essa ação para todos os meses do ano, diminuindo o consumo de água em 18%, como apresentado na Figura 6.46.

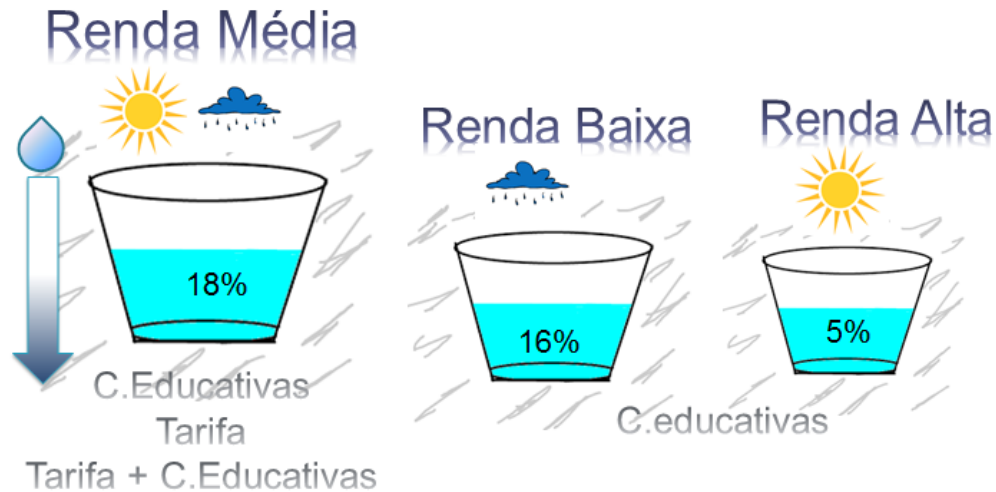


Figura 6.46-diminuição do consumo de água dos agentes de renda média, baixa e alta para considerando o período meteorológico, simulado em *Hydric-Agent*.

A falta de diálogo entre vizinhos, chamada como “cobrança social”, além de ter sido caracterizada em Brazlândia, também foi descrita na oficina mostrando que a sociedade tem mudado e tem-se afastado de ações coletivas em relação ao uso da água. Dessa forma é importante que esse fato seja considerado e estudado na simulação de agentes por meio do que se denomina de “efeito de vizinhança” nas simulações. A falta de diálogo da população do Distrito Federal e da população em geral em questões relacionadas ao consumo de água, estabelece uma grande diferença entre os modelos baseados em agentes encontrados na literatura (Giacomoni e Zechman ,2010;Kanta e Zechman ,2014; Darbandsari *et al.*, 2017) e a atual pesquisa, pois para Brazlândia a interação e influência entre os agentes para se adaptar a políticas de recursos hídricos não é um requisito do modelo a ser simulado.

6.5. CONSUMO DE ÁGUA DA ÁREA RESIDENCIAL DE BRAZLÂNDIA FORNECIDA PELA CAESB

Os dados de consumos mensais das áreas residenciais de Brazlândia (Setor Norte, Setor Sul, Setor Tradicional, Veredas e Vila São José) foram obtidos junto à Caesb para o período de agosto de 2014 até julho de 2017. A fim de analisar a efetividade de algumas medidas de redução de consumo de água implementadas no período de 2014 a 2017 no Distrito Federal, esses dados foram analisados. As medidas de gestão consideradas na análise foram:

- Declaração de crise hídrica: Setembro/2016
- Implantação de tarifa de contingência: novembro/2016 a maio/2017
- Campanhas educativas: foram considerados dois períodos de abril/2017 a agosto/2017 data na qual foram divulgadas intensamente campanhas publicitárias na televisão e nas escolas e de setembro/2017 a dezembro/2017 (no caso da Vila São José), data na qual as campanhas educativas estiveram fora do ar (televisão) e só foram divulgadas nas redes sociais e outros meios virtuais.

Na Figura 6.47 pode ser observado o comportamento de consumo de água medido das áreas residenciais de Brazlândia, onde pode ser identificado que a Vila São José, que apresentou predominância de domicílios de renda baixa, foi o setor que teve domicílios com menores valores de consumo de água, exceto em 2017 onde alcançou valores similares aos consumos de água do setor sul e tradicional, que apresentaram os maiores valores, especialmente nos anos 2014 e 2015. Esses setores foram categorizados nesta pesquisa como de renda média e alta respectivamente, esse tipo de consumo pode ser comparado com a caracterização realizada neste documento das moradias e dos comportamentos de consumo, onde foram encontradas casas grandes com aproximadamente 4 pessoas e percepção de consumo de água como alta para moradores de renda alta.

Para o caso do Setor Sul, cuja renda predominante foi estabelecida nessa pesquisa como média, teve um comportamento similar ao de renda alta, porém os valores foram menores e aproximaram-se dos valores do Setor Norte e Veredas, considerados como bairros de renda

média. A pesar disso o bairro Setor Sul teve os maiores valores dentre os bairros de renda média para os anos 2014 e 2015.

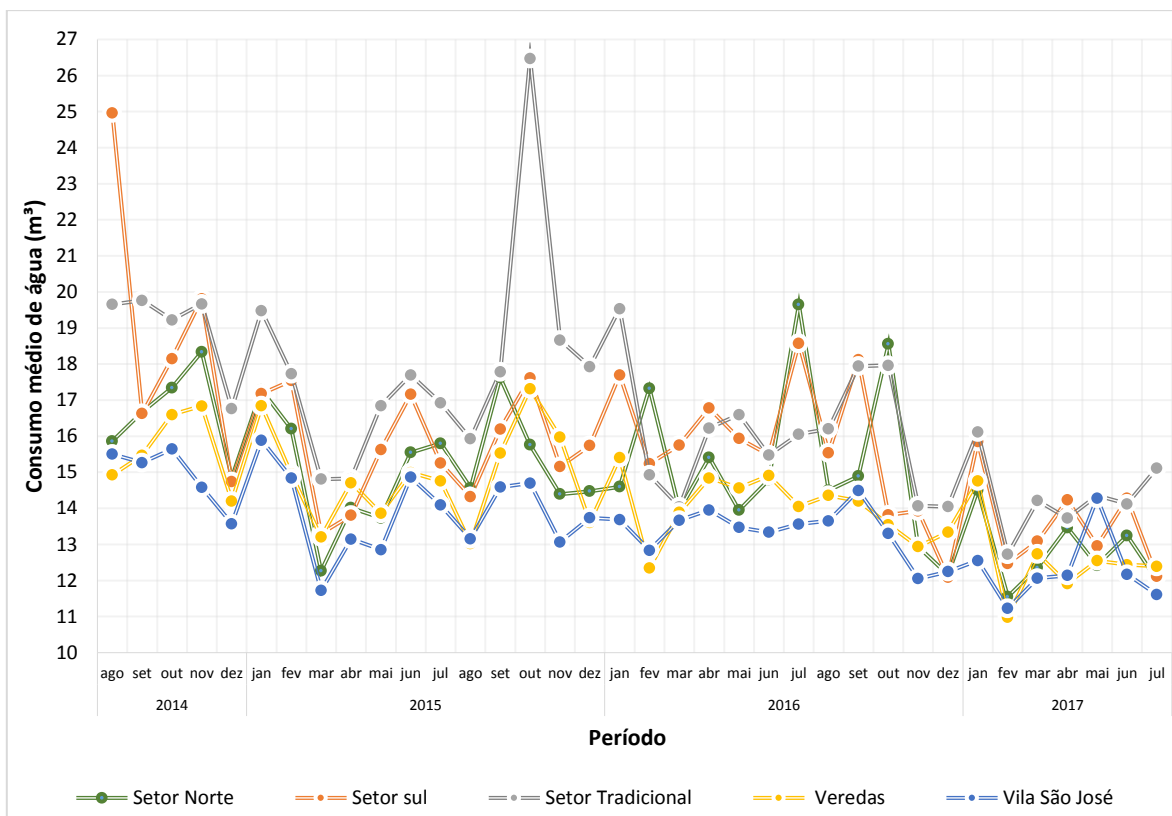


Figura 6.47- Consumos médios mensais de água das áreas residenciais de Brazlândia

Na figura 6.47 também pode ser observado que para o ano 2016 e 2017 os valores de consumo foram diminuindo para os 5 bairros com respeito aos anos 2014 e 2015. Em 2016 o Setor Tradicional diminuiu os valores de consumo de água, porém o Setor Sul e Setor Norte aumentaram, especialmente em época sem chuva (maio a setembro). Entre outubro e novembro de 2016 quando foi declarada a crise hídrica no Distrito Federal pode-se observar que ocorreu uma diminuição do consumo de água dos domicílios que aumentou para inícios do ano 2017 e se estabilizou com valores de consumo de água próximos entre os bairros, a partir de março, quando começaram as campanhas educativas do Governo do Distrito Federal para diminuir o consumo de água. A pesar de se observar uma diminuição uma vez declarada a crise hídrica no DF, em termos gerais, nos bairros residenciais de Brazlândia pode-se verificar que houve uma tendência de diminuição de consumo ao longo do período estudado.

A crise hídrica no Distrito Federal foi declarada para as localidades abastecidas pelo lago Descoberto e Santa Maria. Brazlândia não é abastecida por esses reservatórios, pois possui um sistema independente, a pesar disso a região poderia ter sido influenciada pelas medidas de combate à crise hídrica, pois foram implantadas tarifas de contingência em todas as localidades do DF e campanhas educativas na televisão e na internet, portanto esse comportamento de diminuição de consumo de água no final do ano 2016 pode ter sido influenciado por esses fatores.

Na Figura 6.48 pode ser observado o comportamento do consumo de água medido e faturado do bairro Vila São José, caracterizada pela presente pesquisa como de renda predominantemente baixa. Na figura são ressaltados os períodos sem chuva em laranja, as datas de implantação de tarifa de contingência (11/ 2016 a 5/2017) e as campanhas educativas (04/2017 a 07/2017). Ao longo dos 4 anos o consumo de água dos domicílios da Vila São José diminuiu 18%. No caso do consumo medido, considerado como o consumo real dos domicílios, nas épocas sem chuvas se encontraram os maiores valores de consumo de água, exceto em 2015 cujo maior valor foi em janeiro com 15,88 m³. Na figura 6.48 pode-se identificar que a tendência do comportamento de consumo de água em geral do bairro Vila São José foi ser mais cooperativos em épocas de chuva e menos cooperativos em épocas de seca.

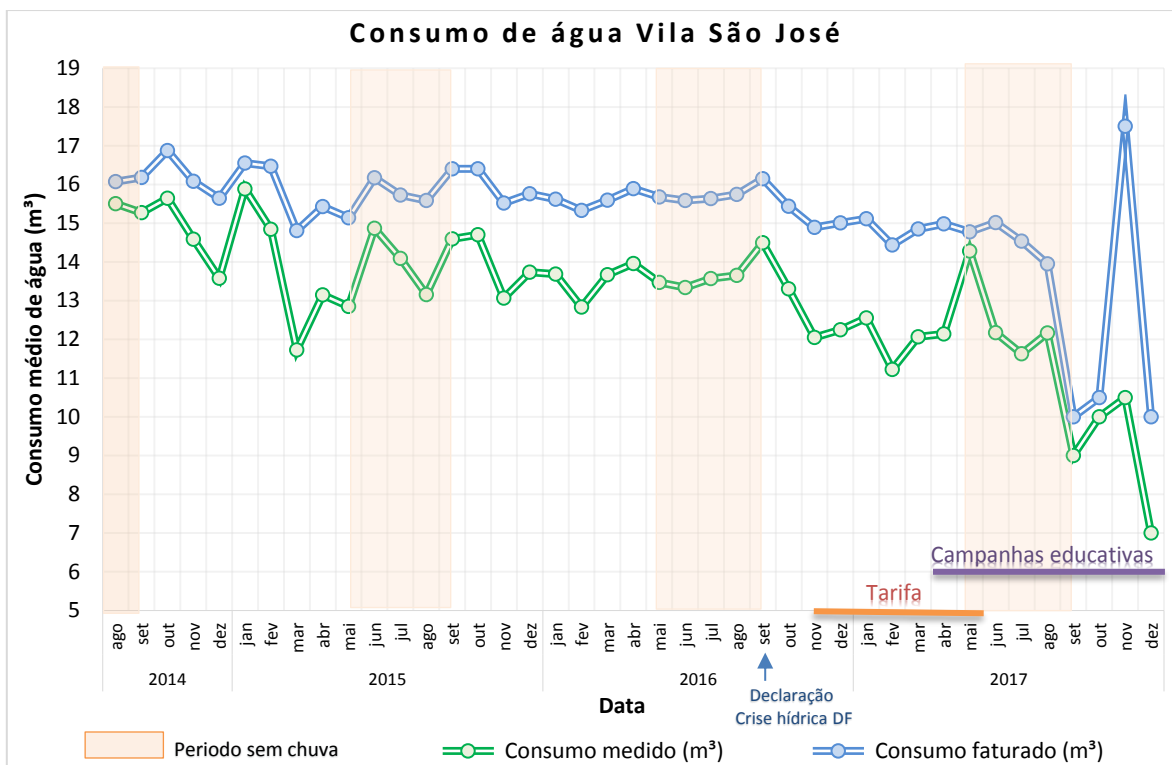


Figura 6.48- Consumo médio de água por residência, medido e faturado pela Caesb, da Vila São José no período de 08/2014 a 12/2017

Na Figura 6.48 é possível observar que existe uma diminuição do consumo de água entre os meses de janeiro e fevereiro para todos os anos, mostrando uma tendência de diminuição de consumo de água no período de chuvas. No mês de setembro do ano 2016, data na qual foi declarada a situação de crise hídrica no DF, houve uma diminuição do consumo de água de 5 % com respeito aos anos anteriores, mostrando que a percepção desta informação influenciou nos hábitos de consumo de água da população.

No caso da implementação da tarifa de contingência (Adasa,2016), em época de chuva, a tendência foi de aumentar o consumo de água como pode ser observado no período de novembro/2016 (12,05 m³) a maio/2017(12,06m³), porém esse aumento foi muito pequeno e se poderia considerar que não houve mudanças no consumo para essas datas no ano 2017, porém comparando esses valores com respeito aos anos anteriores, no mesmo período, verificou-se que houve uma diminuição de 15 % no consumo de água.

Esses resultados mostraram que a implementação da tarifa de contingência teve uma influência no bairro Vila São José que possibilitou a mudança de hábitos da população para diminuir o consumo de água. Esses resultados também foram observados na simulação de agentes (*Hydric-Agent*) de renda baixa (Figura 6.49) onde foi observado um aumento aproximado de 34 % dos agentes cooperativos em épocas de chuvas quando foi implementada a tarifa de contingência. Na Figura 6.50 é apresentado o resultado da simulação do consumo de água dos agentes aplicando tarifa de contingencia onde foi observada uma diminuição de aproximadamente 14 %, porcentagem similar ao calculado na Vila São José que teve uma diminuição de 15% no consumo de água no ano 2017 quando houve implementação da tarifa de contingência, com respeito aos anos anteriores.

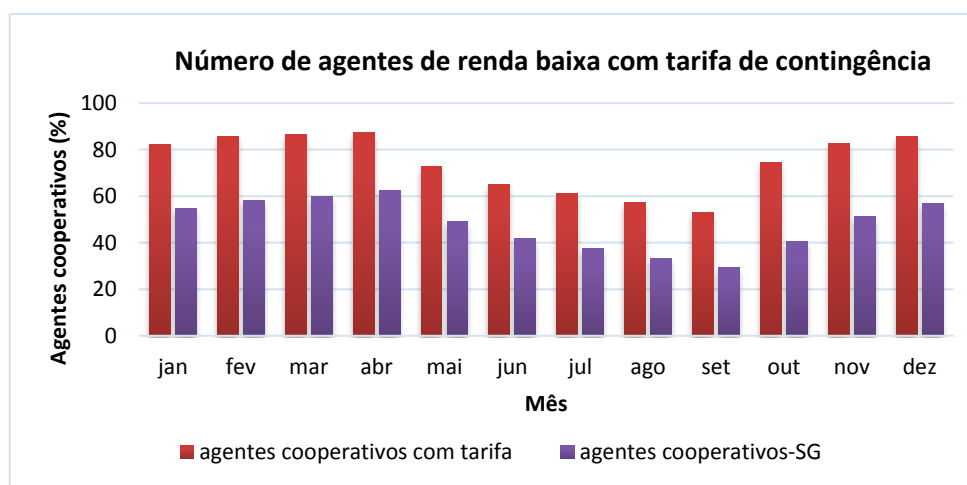


Figura 6.49- Número de agentes cooperativos de renda baixa, obtido na simulação com *Hydric-Agent*, implementando tarifa de contingência e sem ações de gestão (SG)

Finalizando março/2017 começaram as campanhas educativas televisivas no Distrito Federal, a partir dessa data até maio/2017, foram implementadas ,em paralelo, campanhas educativas e tarifa de contingência, na Figura 6.48 é possível observar que o consumo de água continuou aumentando até terminar a implementação de tarifa (maio/2017). De abril/2017 a agosto/2017, período no qual foram implementadas campanhas educativas pela televisão para diminuir o consumo de água, o consumo se manteve sem variações, porém se for comprado este período com respeito aos anos anteriores houve uma diminuição de 23%. De setembro/2017 a dezembro/2017 houve uma diminuição de 22% no consumo de água e no período total de abril até dezembro quando ainda estavam vigentes as campanhas

educativas a redução no consumo de água foi de 42% e comparando o consumo desse período com os anos anteriores a diminuição foi de 18%. Esse comportamento mostrou a importância das campanhas educativas para diminuir o consumo de água para os domicílios do bairro Vila São José.

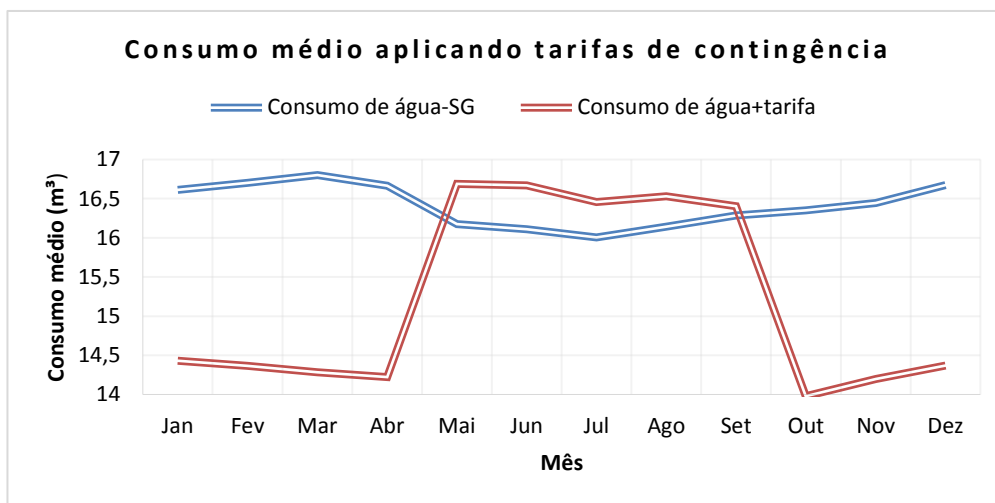


Figura 6.50- Consumo médio de água na renda baixa, obtido na simulação com *Hydric-Agent*, aplicando tarifa de contingência

Comparando os dados de comportamento do consumo de água da Vila São José com a simulação em *Hydric-Agent* implementando campanhas educativas e tarifa, os dados foram diferentes. No caso da simulação dos agentes foram obtidos resultados que mostraram uma tendência de aumentar o consumo de água em 2 % com campanhas educativas em época sem chuvas, e de diminuir o consumo no período chuvoso em 16%, enquanto o bairro Vila São José diminuiu o consumo de água em 18% em época sem chuvas com respeito aos anos anteriores. Na implementação conjunta de educação e tarifa de contingência, na simulação de agentes o consumo de água diminuiu 16% no período chuvoso e aumentou 3 % em época sem chuva (Figura 6.51), diferente do bairro Vila São José que aumentou no período chuvoso 2 % com respeito ao mesmo período dos anos anteriores. Ainda os valores foram diferentes, considerando os períodos chuvosos e sem chuva, existe uma tendência de diminuir o consumo de água com a implementação das campanhas educativas e com estas em conjunto com a tarifa de contingência, mostrando um aumento de cooperação dos agentes (Figura 6.52). Também é importante ter em consideração a natureza dos dados, pois os agentes da

amostra da renda baixa analisada na pesquisa, não eram 100% domicílios da Vila São José, também incluíam porcentagens de agentes de outros bairros.

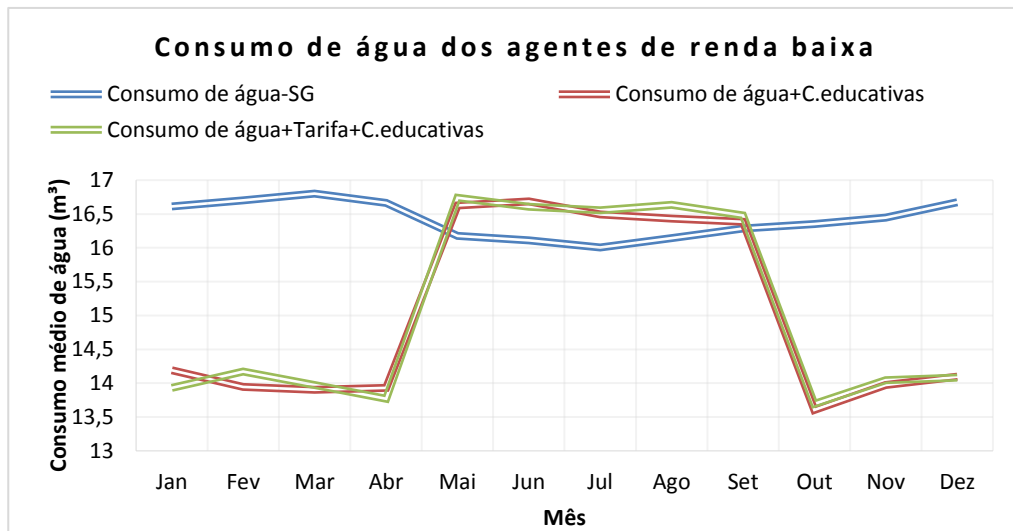


Figura 6.51- Consumo médio de água da renda baixa obtido na simulação com *Hydric-Agent*, aplicando campanhas educativas e tarifa de contingência mais campanhas educativas.

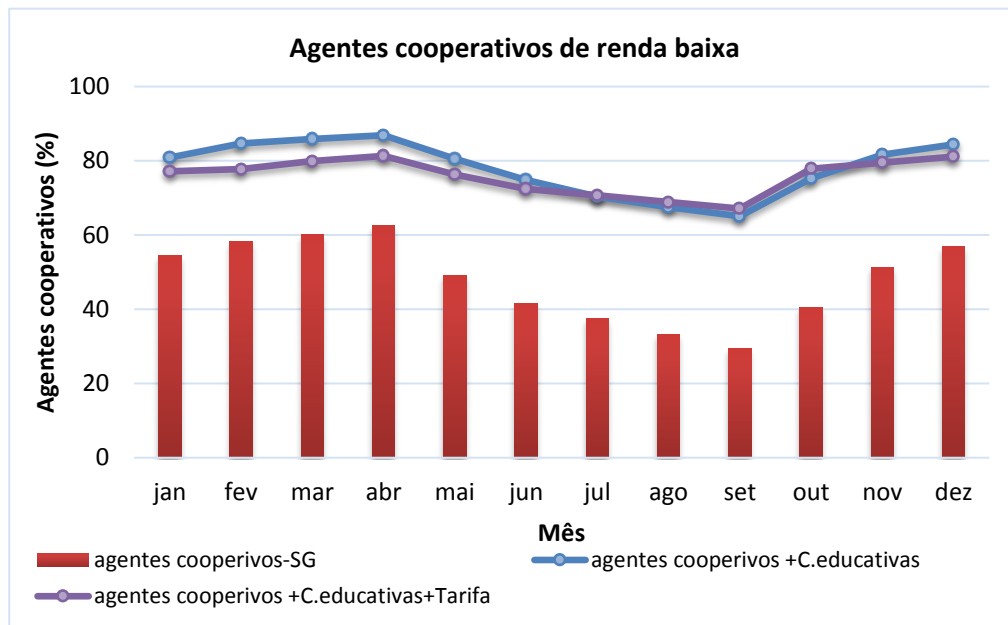


Figura 6.52- Porcentagem de agentes cooperativos de renda baixa implementando campanhas educativas e tarifa de contingência em conjunto, simulado em *Hydric-Agent*. No caso do consumo faturado, na Figura 6.48 pode ser observado que os valores foram maiores aos valores medidos, porém o comportamento do gráfico de consumo de água foi

similar ao medido exceto no ano 2017 de abril a maio, pois o consumo diminuiu, contrário ao consumo medido, que aumentou.

Na Figura 6.53 é apresentado o consumo medido e faturado de água do bairro Veredas, caracterizada pela presente pesquisa como de renda predominantemente média. Na figura são ressaltados os períodos sem chuva em laranja, as datas de implantação de tarifa de contingência (11/ 2016 a 5/2017) e campanhas educativas (04/2017 a 07/2017). Ao longo dos 4 anos o consumo de água medido e faturado de veredas foi diminuindo significativamente. No caso do consumo medido, considerado como o consumo real dos domicílios, nas épocas sem chuvas se encontraram os menores valores de consumo de água.

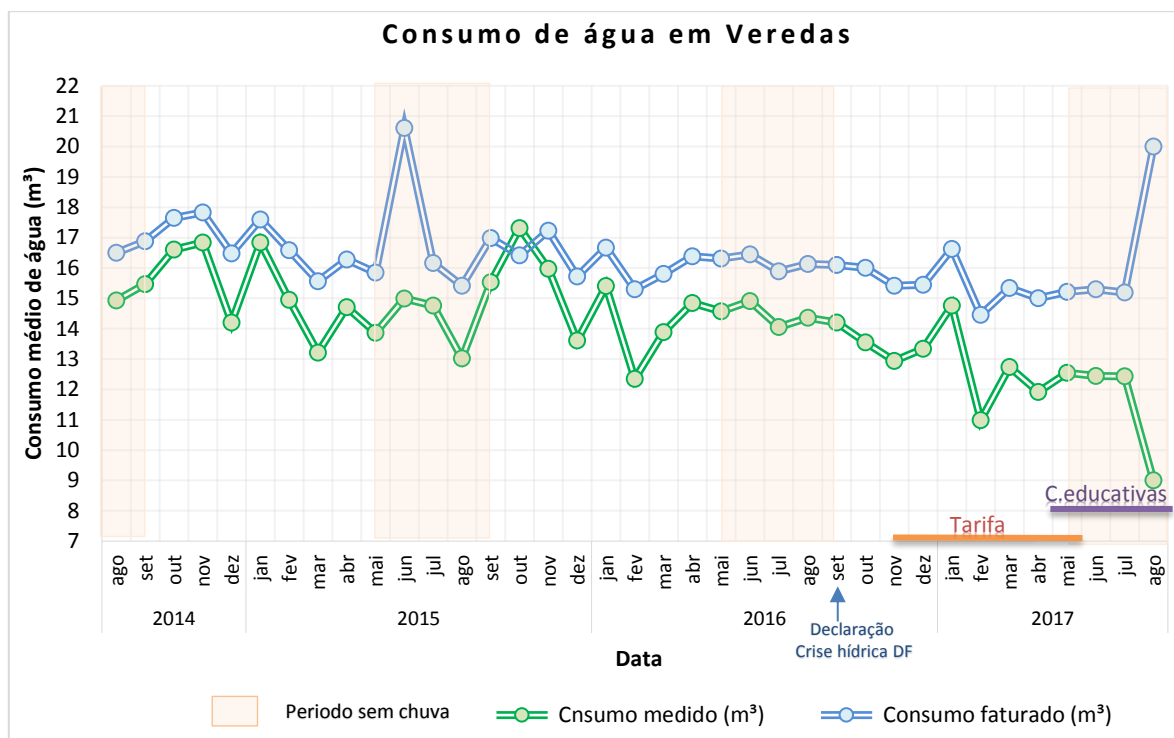


Figura 6.53- Consumo médio de água por domicílio, medido e faturado, no período de 08/2014 a 07/2017 do bairro Veredas

A figura 6.53 mostra que a tendência do comportamento em geral do bairro Veredas foi ser mais cooperativos em épocas sem chuva e menos cooperativos em épocas de chuva, mostrando mais consciência ambiental por parte desse bairro comparado com o bairro Vila

São José, pois nos períodos sem chuvas, diminuem os níveis de água dos mananciais de abastecimento sendo importante a diminuição no consumo de água da população.

Na Figura 6.53, similar ao bairro Vila São José, se observa que houve uma diminuição do consumo de água entre os meses de janeiro e fevereiro para todos os anos. No mês de setembro do ano 2016, data na qual foi declarada a situação de crise hídrica no DF, houve uma diminuição do consumo significativa, mostrando que a percepção desta informação influenciou nos hábitos de consumo de água das pessoas. No caso da implementação da tarifa de contingência a tendência foi de diminuir o consumo de água, como observado no período de novembro/2016 a maio/2017 que diminuiu em 1,6% o consumo de água, e 15% em relação ao mesmo período nos anos anteriores. Esses resultados mostraram que a implementação da tarifa de contingência teve uma influência significativa no bairro Veredas que permitiu modificar os hábitos da população para diminuir o consumo de água.

A partir de março/2017 até maio/2017, época de chuvas, foram implementadas as campanhas educativas em paralelo com a tarifa de contingência, na Figura 6.53 é possível observar que com essas medidas o consumo de água no setor Veredas diminuiu no período mencionado 5% e comparando o mesmo período com os anos anteriores a redução foi de 14%. A partir de junho/2017 foram implementadas unicamente campanhas educativas, nesse caso na figura 6.53 é observado que de junho/2017 a agosto/2017 não houve diminuição no consumo de água, porém comparando a média de consumo nesse período com as médias obtidas no mesmo período dos anos anteriores, a diminuição foi de 17% , mostrando que as campanhas educativas tiveram um impacto significativo na mudança de hábitos da população incluso em época sem chuvas, quando normalmente a tendência é aumentar o consumo pela diminuição da umidade na região.

No caso do consumo faturado, na Figura 6.53 pode ser observado que os valores são maiores aos valores medidos, o comportamento do gráfico de consumo de água faturado foi similar ao medido exceto no ano 2015 no mês de outubro, pois o consumo medido foi superior ao consumo faturado.

Na Figura 6.54 é apresentado o consumo medido e faturado de água do bairro Setor Sul, caracterizada pela presente pesquisa como de renda predominantemente média. Na figura

são ressaltados os períodos sem chuva (maio a setembro), as datas de implantação de tarifa de contingência (11/2016 a 5/2017) e campanhas educativas (04/2017 a 07/2017). Ao longo dos 4 anos o consumo de água medido e faturado do Setor Sul foi diminuindo significativamente.

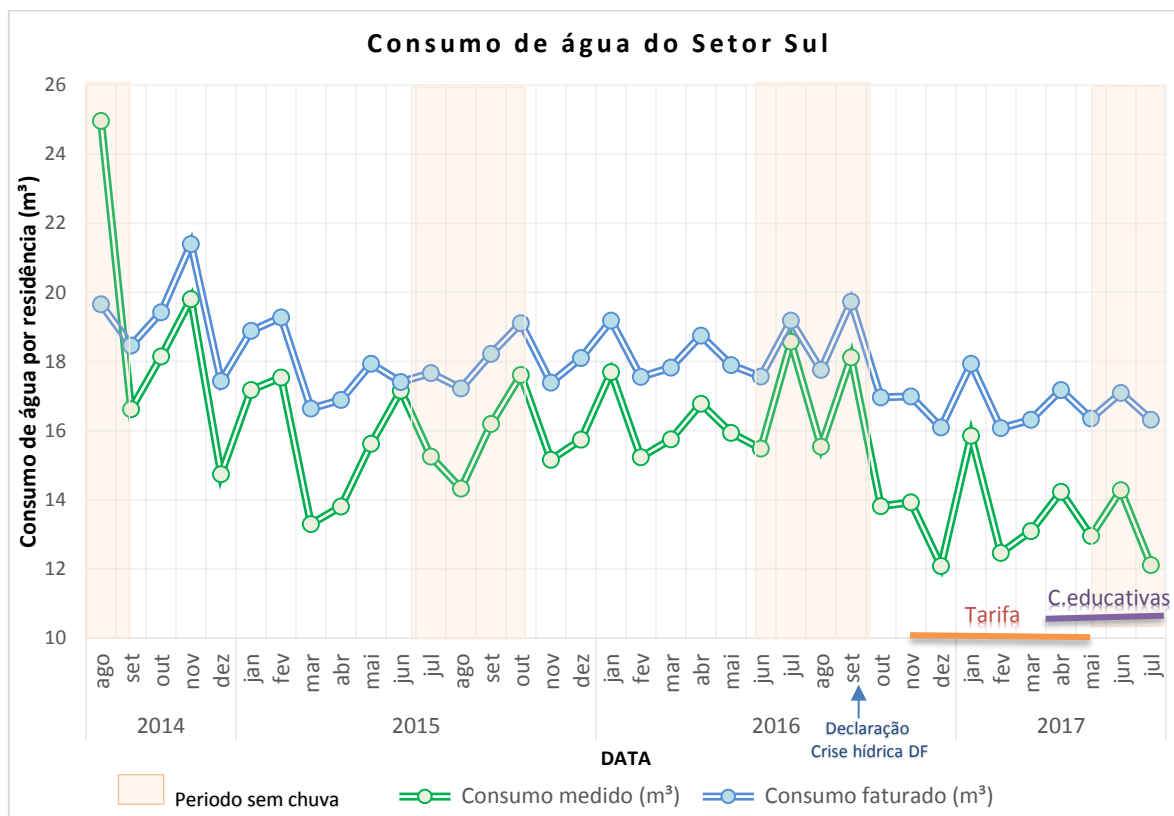


Figura 6.54-Consumo médio de água, medido e faturado, por residência no período de 08/2014 a 07/2017 do Setor Sul

Na Figura 6.54 no mês de setembro do ano 2016, data na qual foi declarada a situação de crise hídrica no DF, pode ser observado que houve uma diminuição do consumo significativa, mostrando que a percepção dessa informação influenciou nos hábitos de consumo de água dos domicílios. No caso da implementação da tarifa de contingência diminuiu o consumo de água em 6% no período de novembro/2016 a março de 2017 e comparando este período com os anos anteriores diminuiu 18%. Esses resultados mostram que a implementação da tarifa de contingência teve uma influência significativa no bairro Setor Sul para gerar mudanças de hábitos da população para reduzir o consumo de água.

Finalizando março/2017 começaram as campanhas educativas televisivas no Distrito Federal, a partir dessa data até maio/2017 foram implementadas campanhas educativas e tarifa de contingência, na Figura 6.54 foi observado que para este período o consumo variou cada mês, porém existiu uma diminuição de 8% com respeito ao mesmo período nos anos anteriores. No mês de junho/2017 quando foram aplicadas unicamente as campanhas educativas a tendência foi diminuir o consumo de água, nesse caso 19% comparado aos anos anteriores. Esse comportamento mostra a importância das campanhas educativas para diminuir o consumo de água, pois teve um efeito significativo para população desse setor.

No caso do consumo faturado, na Figura 6.54 pode ser identificado que os valores são maiores aos valores medidos e o comportamento do gráfico de consumo de água é similar.

Na Figura 6.55 são apresentados os consumos de água do Setor Norte onde o consumo faturado mostrou uma diminuição gradual do consumo de água ao longo dos anos, porém esta diminuição não foi observada no consumo medido caracterizado por um comportamento com picos de consumo de água especialmente em épocas de chuva, exceto no ano de 2017 que teve uma diminuição significativa, comparado com os anos anteriores. De setembro a novembro do ano 2016, data na qual foi declarada a situação de crise hídrica no DF, houve um aumento de 13,64 m³ a 17,15 m³, que depois começou a diminuir, mostrando que o risco de escassez de água não afetou a percepção desse grupo de agentes. No caso da implementação da tarifa de contingência diminuiu 6% o consumo de água e 18% comparando o mesmo período com os anos anteriores. Quando foram implementadas as campanhas educativas junto com tarifa de contingência a diminuição foi muito pequena, de 4%, no caso da implementação unicamente de campanhas educativas, o consumo reduziu em 19%.

Depois de terminada a implementação da tarifa de contingência no final de maio/2017, se observou que o efeito das campanhas educativas causou maior efeito no consumo de água, pois diminuiu significativamente alcançando o menor valor do período analisado, mostrando que a campanha educativa conseguiu diminuir a tendência de aumento do consumo de água na população. Esse comportamento mostrou a importância das campanhas educativas para diminuir o consumo de água para população desse setor.

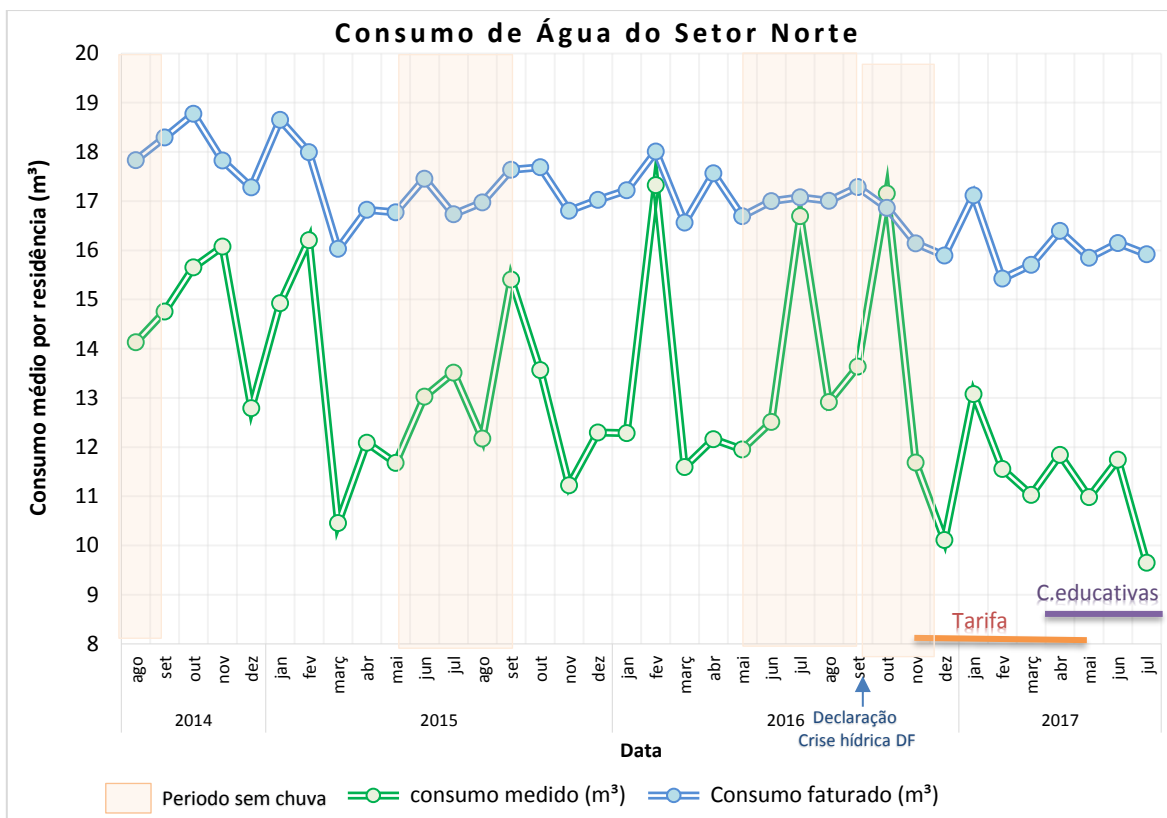


Figura 6.55-Consumo médio de água, medido e faturado, por residência no período de 08/2014 a 07/2017 do Setor Norte.

Na pesquisa os bairros Veredas, Setor Sul e Setor Norte, foram caracterizados como de renda predominantemente média. Os três bairros tiveram comportamentos similares, especialmente o Setor Sul e Norte que possuíram valores de diminuição de consumo de água muito próximos de 6% com tarifa de contingência, 19% com campanhas educativas e 8% para o setor sul e 4% para o Setor Norte, aplicando tarifa e campanhas educativas, essa similaridade provavelmente foi pela localização geográfica, pois são bairros vizinhos, nos dois bairros teve maior efeito para diminuir o consumo de água dos domicílios a implementação de campanhas educativas, seguido da tarifa de contingência; no caso da implementação conjunta de tarifa e campanhas educativas, foi observada uma pequena diminuição. No bairro Veredas se teve maior impacto das campanhas educativas na diminuição do consumo de água (17%), seguido da tarifa (15%) e da implementação conjunta da tarifa e as campanhas educativas (14%), ainda os valores de redução de consumo de água do bairro Veredas foram diferentes aos do setor Sul e Norte, os valores foram muito

próximos; quanto ao pouco efeito na diminuição do consumo de água causado pela implementação paralela de tarifa e campanhas educativas, pode ser justificada pelo curto tempo de implementação de dois meses. Dentre os três bairros quem apresentou maiores valores de redução de consumo de água foi o bairro Veredas, como apresentado na Tabela 6.2

Tabela 6.2- Redução de consumo de água com respeito aos anos 2014,2015 e 2016, dos bairros Veredas, Setor Sul e Setor Norte , aplicando diferentes ações de

Bairro	Tarifa	C.educativas	Tarifa +C.educativas
Veredas	15%	17%	14%
Setor Sul	18%	19%	8%
Setor Norte	18%	19%	4%

Os resultados dos bairros Veredas, Setor Sul e Setor Norte, podem ser comparados com a simulação em *Hydric-Agent* que teve como resultado maior diminuição no período chuvoso. Na Figura 6.56 pode ser observado que em épocas sem chuvas as campanhas educativas tiveram um efeito significativo para reduzir o consumo de água para renda média, reduzindo em 18%. Esses valores foram similares aos encontrados implementando a tarifa de contingência e campanhas educativas em conjunto que diminuiu 19%, no caso da implementação unicamente da tarifa de contingência teve um efeito significativo comparado com o consumo de água sem aplicar medidas de gestão (SG), diminuindo 9%, porém o efeito foi menor comparado com as campanhas educativas.

Os resultados de diminuição do consumo de água dos agentes de renda média mostraram o nível de cooperação dos mesmos para mudança de hábitos que permitiriam economizar mais água. Na figura 6.57 pode ser observado que a porcentagem de agentes cooperativos de renda média implementando tarifa de contingência e campanhas educativas foi a maior, aumentando cooperativismo em 34% em época de chuva e 49% em período sem chuvas. No caso da implementação de campanhas educativas separadamente da tarifa, a porcentagem de agentes cooperativos foi similar, aumentando aproximadamente 30% em período chuvoso e 38 % em época sem chuvas. Esses valores mostram que a renda média possuía maior consciência ambiental quanto ao problema de crise hídrica, pois nos períodos secos que são os mais críticos pela diminuição da precipitação e da umidade relativa do ar, a renda média

melhorou os hábitos de consumo, tornando-se mais cooperativo e diminuído o consumo de água.

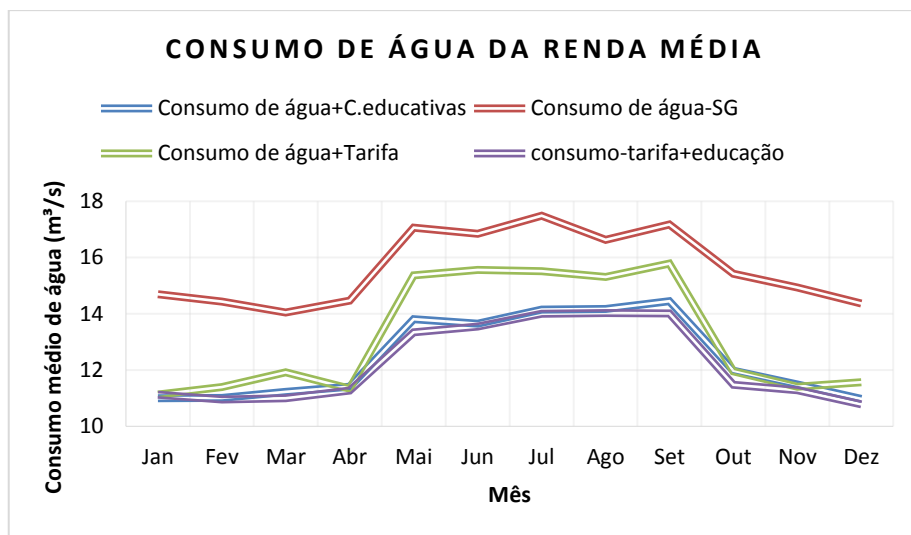


Figura 6.56- Consumo médio de água da renda média, simulado em *Hydric-Agent*, implementando tarifa de contingência

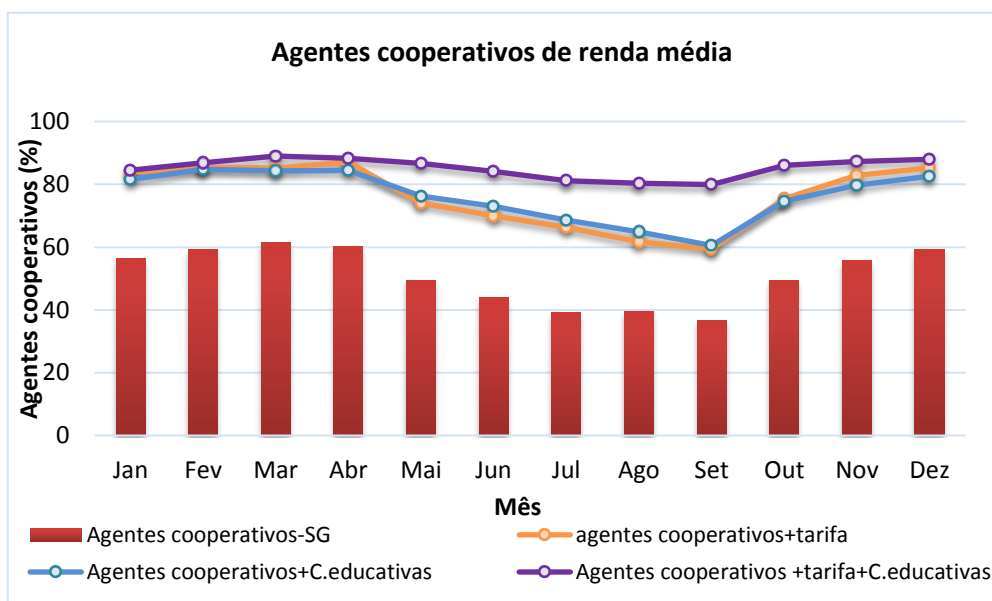


Figura 6.57- Porcetagem de agentes cooperativos de renda média, simulados em *Hydric-Agent*, aplicando diferentes ações de gestão.

Na Figura 6.58 são apresentados os valores de consumo de água para o Setor Tradicional, bairro que foi considerado com renda predominantemente alta para esta pesquisa. Na Figura 6.58 se observa que existe uma diminuição do consumo de água entre os meses de janeiro e

fevereiro para todos os anos. No mês de setembro do ano 2016, data na qual foi declarada a situação de crise hídrica no DF, não houve uma variação significativa do consumo de água, mostrando que a percepção dessa informação não influenciou nos hábitos de consumo de água das pessoas. No caso da implementação da tarifa de contingência, inicialmente não variou muito o consumo de água, porém pode ser observado um aumento de consumo de água entre dezembro/2016 e março/2017 de 1%, comparando as médias de consumo de água desse período com respeito aos anos anteriores, se teve uma diminuição de 20% no consumo de água, mostrando que a tarifa foi um instrumento de gestão importante para mudar hábitos de consumo nesse bairro, porém não foi determinante para diminuir o consumo de água.

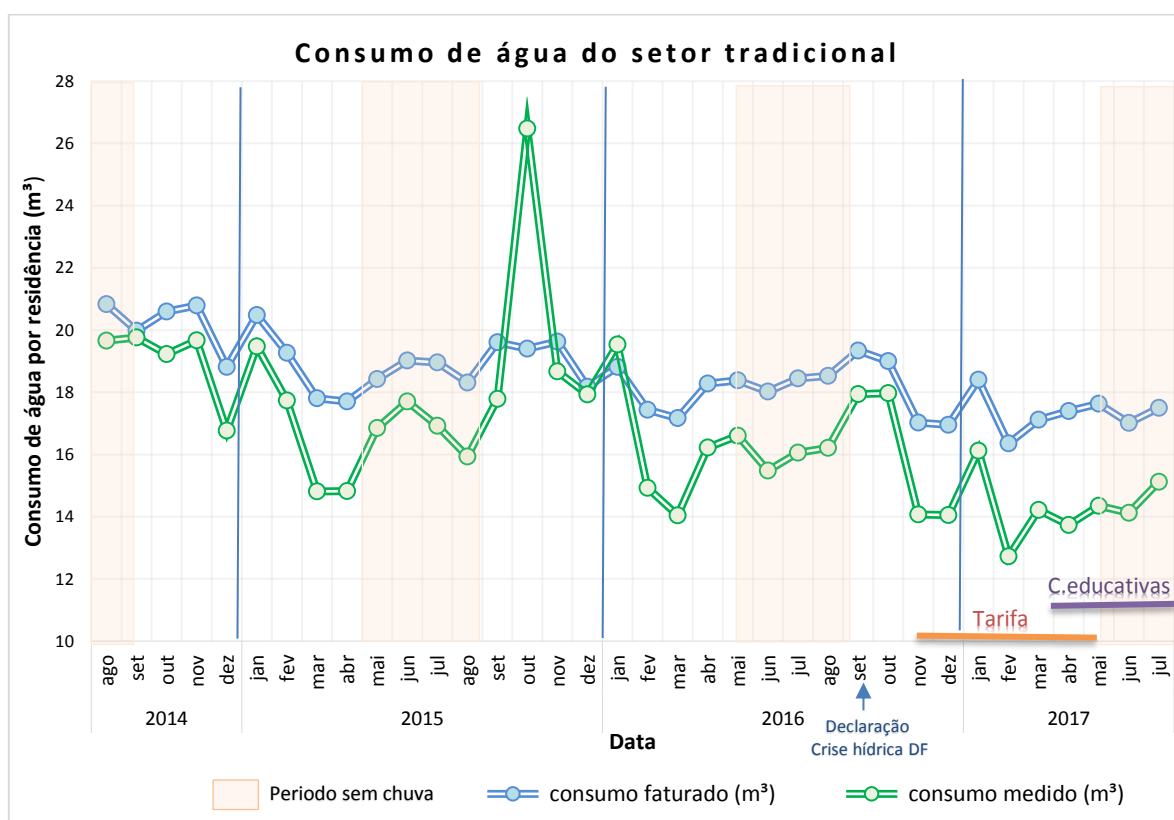


Figura 6.58-Consumo médio de água, medido e faturado, por residência no período de 08/2014 a 07/2017 do Setor Tradicional

Finalizando março/2017 começaram as campanhas educativas televisivas no Distrito Federal, de abril/2017 a maio/2017 foram implementadas campanhas educativas e a tarifa de contingência em conjunto, que nesse período aumentaram o consumo de água em 4 %, porém comparando esses valores com os dos anos anteriores, a partir de 2015, existiu uma

redução do consumo de água de 11%. Uma vez terminou a implementação da tarifa e foram implementadas unicamente campanhas educativas os valores de consumo de água aumentaram em 7 % de junho/2017 a julho/2017, porém teve uma diminuição significativa comparado com os anos anteriores de 16%. Esse comportamento mostrou que para o ano de 2017 quando foram implementadas as medidas de gestão para diminuir o consumo de água, o bairro Setor Tradicional não teve mudanças significativas nos hábitos de consumo de água, pois a tendência foi aumentar, porém a implementação conjunta de tarifa e educação foi mais efetiva nesse conjunto habitacional. Ainda a tendência do bairro Setor Tradicional foi aumentar o consumo de água com as medidas de gestão no ano de 2017, se forem comparados esses valores de aumento de consumo com os valores de consumo de água dos anos anteriores, nos mesmo período, é possível identificar uma redução, sendo a implementação de tarifa quem teve maior diminuição no consumo de água.

No caso da simulação de agentes com *Hydric-Agent*, cujos resultados são apresentados na figura 6.59, se obteve maiores reduções de consumo de água com a implementação de campanhas educativas, com uma diminuição de 4% em chuva e 5% em seca, No caso da implementação de tarifa em conjunto com campanhas educativas diminuiu 5% em época sem chuva e aumentou 1% em período chuvoso, já para a execução unicamente da tarifa de contingência, houve um aumento do consumo de água de 1% em seca e uma diminuição de 2% em chuvas.

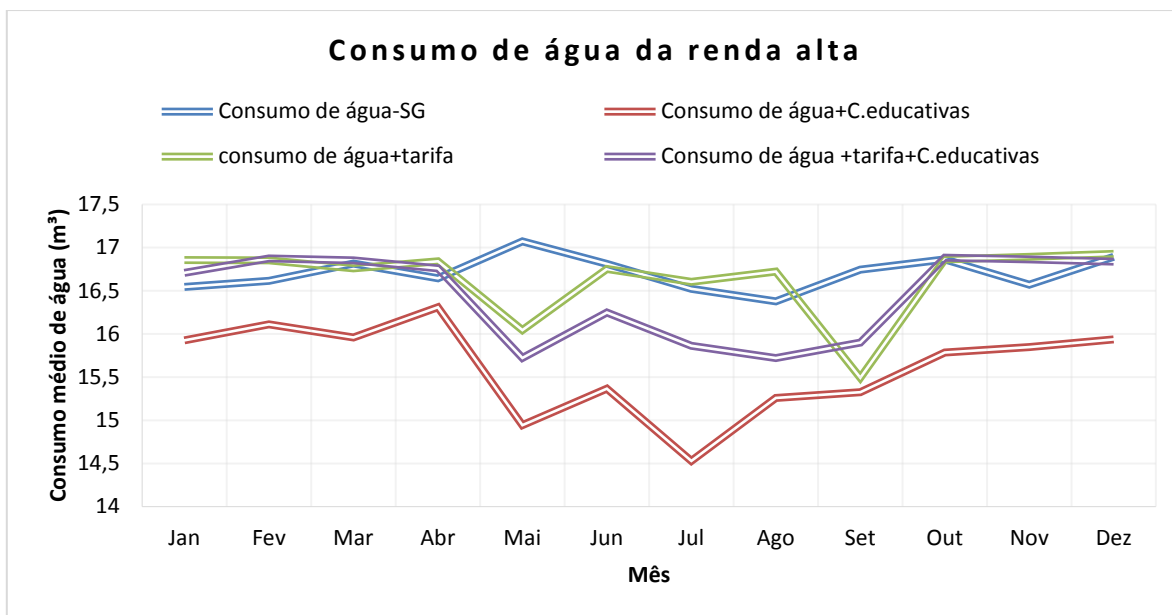


Figura 6.59-Consumo de água da renda alta aplicando diferentes medidas de gestão, simulados em *Hydric-Agent*.

Comparando os resultados da simulação em *Hydric-Agent* com os dados de consumo de água do setor tradicional, pode-se observar que na simulação de agentes também se encontrou uma tendência a aumentar o consumo de água, exceto com campanhas educativas, mostrando também mais cooperação por parte dos agentes de renda alta em época sem chuvas, como apresentado na figura 6.60, onde houve um maior aumento dos agentes cooperativos (46%) com campanhas educativas, seguido da implementação da tarifa em conjunto com campanhas educativas com um aumento no cooperativismo de 41% e de 24% unicamente com tarifa de contingência. No período chuvoso o aumento de agentes cooperativos foi menor, de 15% para campanhas educativas e 5% para campanhas educativas em conjunto com tarifa, no caso da aplicação unicamente da tarifa de contingência houve uma diminuição do comportamento cooperativo de 23%.

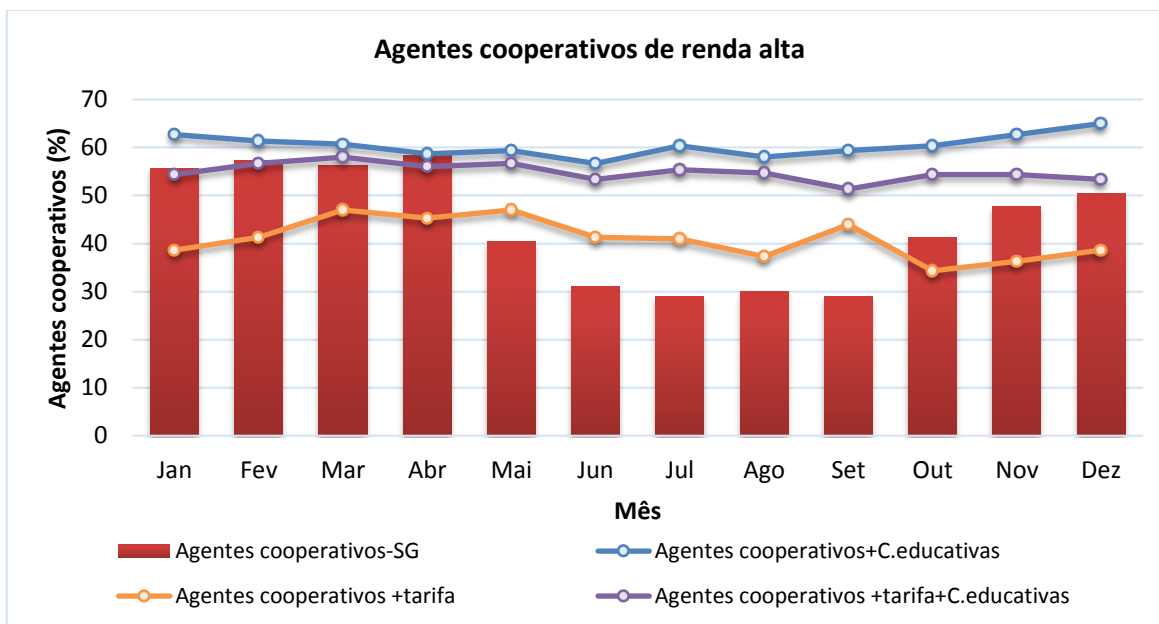


Figura 6.60- Porcentagem de agentes cooperativos de renda alta, simulados em *Hydric-Agent*.

No caso do consumo faturado, na Figura 6.58 pode ser observado que os valores foram maiores aos valores medidos, porém o comportamento do gráfico de consumo foi similar exceto no ano 2015 no mês de outubro pois o consumo medido aumentou e o consumo faturado diminuiu.

6.6. RESULTADOS DA INTEGRAÇÃO DE HYDRIC-AGENT COM WATER EVALUATION AND PLANNING-WEAP

A seguir são apresentados os resultados da integração entre modelos baseados em agentes e o modelo de simulação hídrica a fim de representar a influência das medidas de gestão adaptativa do consumo de água em domicílios urbanos (Campanhas Educativas e Tarifa) na gestão de sistemas hídricos. Os resultados são apresentados em duas partes: a primeira considerando uma única simulação a partir do período de vazões do ano 2000-2015. A segunda simulação é um procedimento *bootstrap* em que foram realizadas 100 simulações onde cada série de 15 anos de vazão foi montada aleatoriamente a partir dos anos de vazão

disponíveis, ou seja, as vazões mensais num período de 15 anos foram escolhidas e organizadas aleatoriamente a partir do período 1998-2015.

6.7. Resultados da Integração de *Hydric-Agent* com *Weap* em uma única simulação.

Na Figura 6.61 são apresentados os resultados da demanda não atendida de água dos agentes de renda alta ao longo de 15 anos, considerando o Cenário de Referência, Cenário de Campanhas Educativas e Cenário de Tarifa. Na figura pode-se observar que na simulação a implementação da tarifa de contingência apresentou uma influência significativa, pois na maioria dos meses ao longo dos anos a demanda não atendida de água foi igual a zero, particularmente a partir do ano 3. No caso do Cenário de Campanhas Educativas também se observaram resultados de demanda não atendida de água abaixo do cenário de referência, porém o impacto não foi o mesmo que o Cenário de Tarifa. Calculando a média por períodos (chuvoso e seco) ao longo dos 15 anos analisados (Tabela 6.3) pode-se ressaltar que no período chuvoso (novembro a abril) o Cenário de Tarifa diminuiu a demanda não atendida em 66% e o Cenário de Campanhas Educativas 35% com respeito ao cenário de Referência. No período Seco a redução foi maior, sendo que o Cenário de Tarifa diminuiu 77% e o de Campanhas Educativas 37%.

Esses resultados refletem o obtido na simulação realizada unicamente com *Hydric-Agent* onde o comportamento dos agentes residenciais mostrou maior cooperação na época seca sendo a medida de gestão Campanhas Educativa a que mais influenciou no comportamento do agente, contrário ao obtido na integração dos modelos onde se obteve maior influência por parte da tarifa, mostrando a importância da integração das ferramentas, pois permite considerar outras variáveis como a disponibilidade hídrica dos mananciais que abastecem o sistema.

Tabela 6.3- Valor médio da demanda não atendida de água da renda alta

Período	Valor médio da demanda não atendida de água ($m^3 \cdot 10^3$)		
	Cenário Referência	Cenário C. educativas	Cenário Tarifa
Média período chuvoso	0,420	0,27	0,144
Média período seco	1,507	0,94	0,341

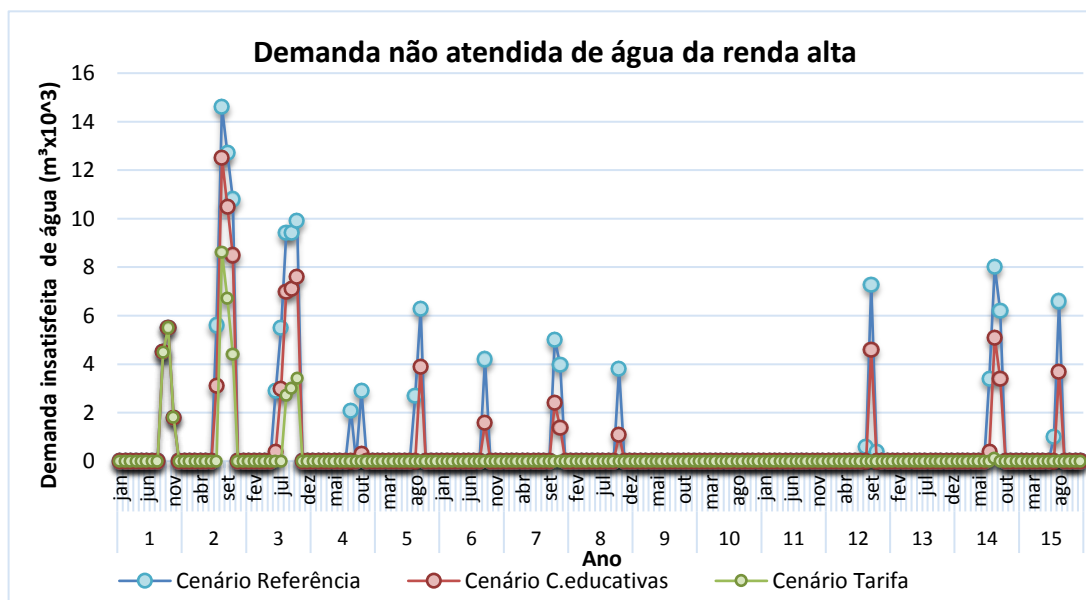


Figura 6.61-Demanda não atendida de água dos agentes de renda alta simulada a partir da integração de *Weap* com *Hydric-Agent* da primeira simulação.

Na Figura 6.62 é apresentada a média da demanda não atendida de água mensal dos agentes de renda alta onde se pode observar o comportamento sinalizado na Figura 6.61, que mostrou que o Cenário Tarifa teve maior influência para conseguir atender a demanda de água. Na Figura 6.62 pode ser observado que o período de demanda não atendida foi de junho a dezembro, nesse período para o Cenário de Campanhas Educativas, o mês com maior demanda não atendida foi o mês de setembro, que teve uma diminuição de 30% com respeito ao Cenário de Referência. Para o caso do Cenário Tarifa a porcentagem de diminuição de demanda não atendida para esse mês foi de 60% e em novembro houve uma redução de 44%, o menor valor de redução de demanda não atendida desse cenário. Nesse mesmo período, houve um volume total de água não fornecida para os agentes, que representou o 52% da

demanda total de água, para o cenário de Referência, 33% para o Cenário de Campanhas Educativas e 13% para o cenário de Tarifa.

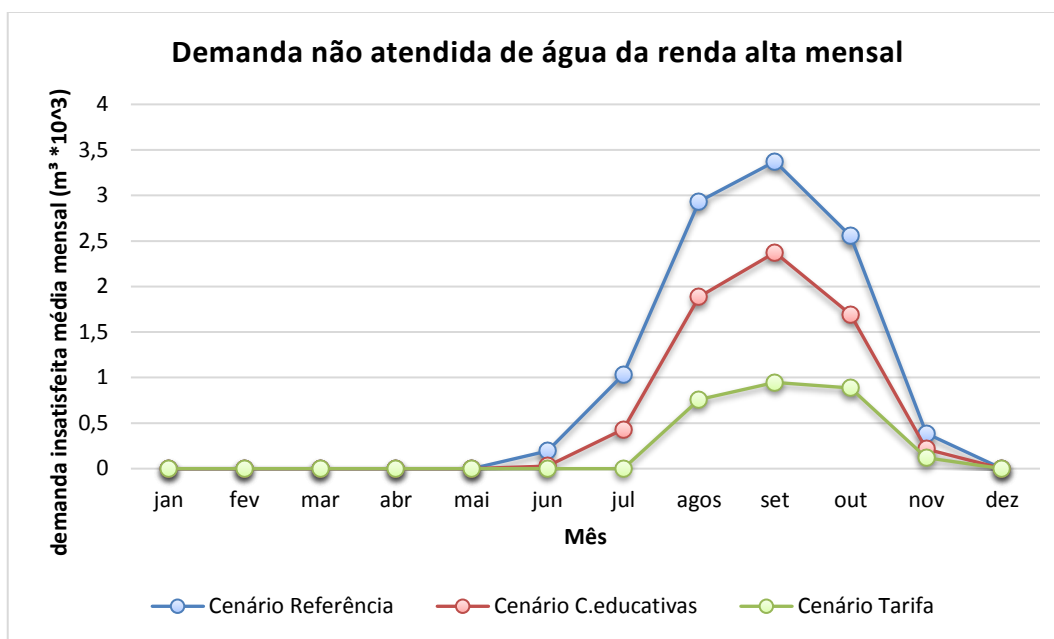


Figura 6.62- Valor médio da demanda não atendida de água mensal dos agentes de renda alta considerando três cenários diferentes, na primeira simulação.

Na Figura 6.63 é apresentada a demanda não atendida de água dos agentes de renda média, mostrando que os valores foram maiores aos observados na renda alta (Figura 6.61) ao longo dos 15 anos, nesse caso é importante considerar que os domicílios de Brazlândia na sua maioria são de renda média e, portanto, possuem maior representatividade em questões relacionadas á problemática de escassez de água. No caso da renda média pode-se verificar que o comportamento do gráfico da Figura 6.63 foi similar ao comportamento da renda alta, porém apresentou maior redução da demanda não atendida sendo que em período de chuvas diminuiu 38% para o Cenário de Campanhas Educativas e 68% para o Cenário de Tarifa. No período seco houve uma diminuição de 40% e 79% respectivamente.

Os resultados observados na Figura 6.63 sinalizam que ainda os valores de demanda não atendida de água foram maiores que os encontrados nos agentes de renda alta, a porcentagem diminuída é superior mostrando maior influência das medidas gestão aplicadas.

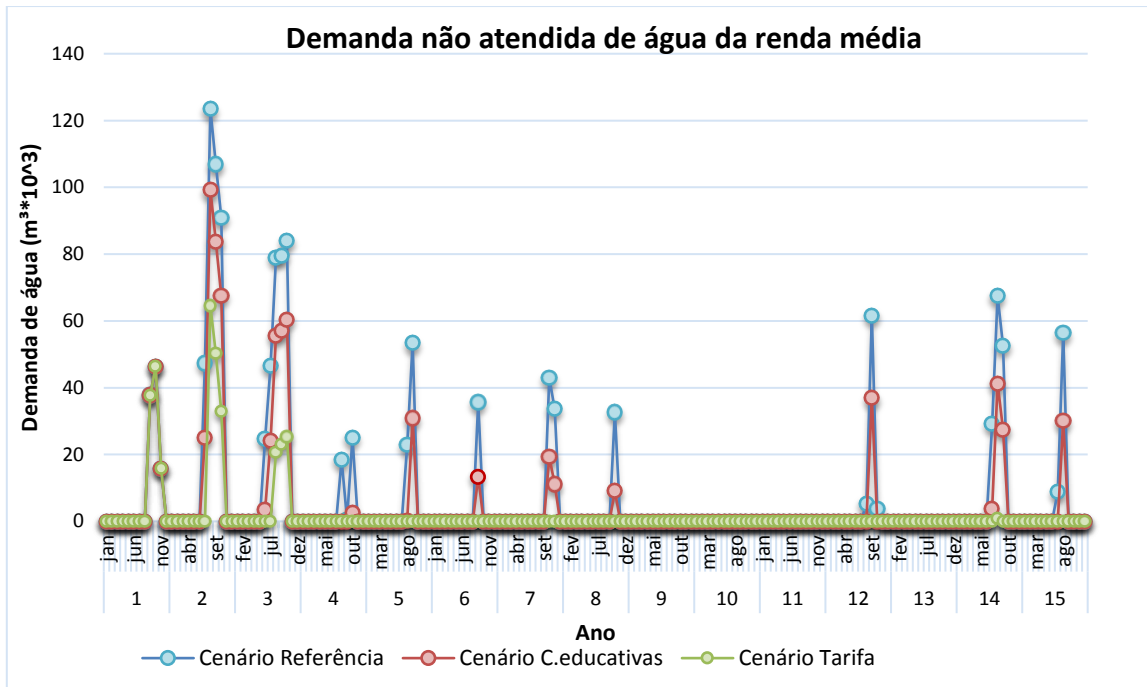


Figura 6.63-Demanda não atendida de água dos agentes de renda média simulada a partir da integração de *Weap* com *Hydric-Agent* da primeira simulação.

Do ponto de vista mensal (Figura 6.64), similar à renda alta, para o Cenário de Campanhas Educativas o mês de setembro teve a menor porcentagem de redução de demanda não atendida de água entre junho e dezembro com 33%, e para o Cenário de Tarifa foi no mês de novembro com uma diminuição de 41%. Comparando esses valores com os obtidos na simulação de renda alta, pode-se verificar que ainda foram próximos houve maior diminuição da demanda não atendida no Cenário de Tarifa da renda alta e no caso do Cenário de Educação houve maior diminuição da demanda não atendida nos agentes de renda média, mostrando a influência de cada medida para cada renda, no que se refere à demanda de água.

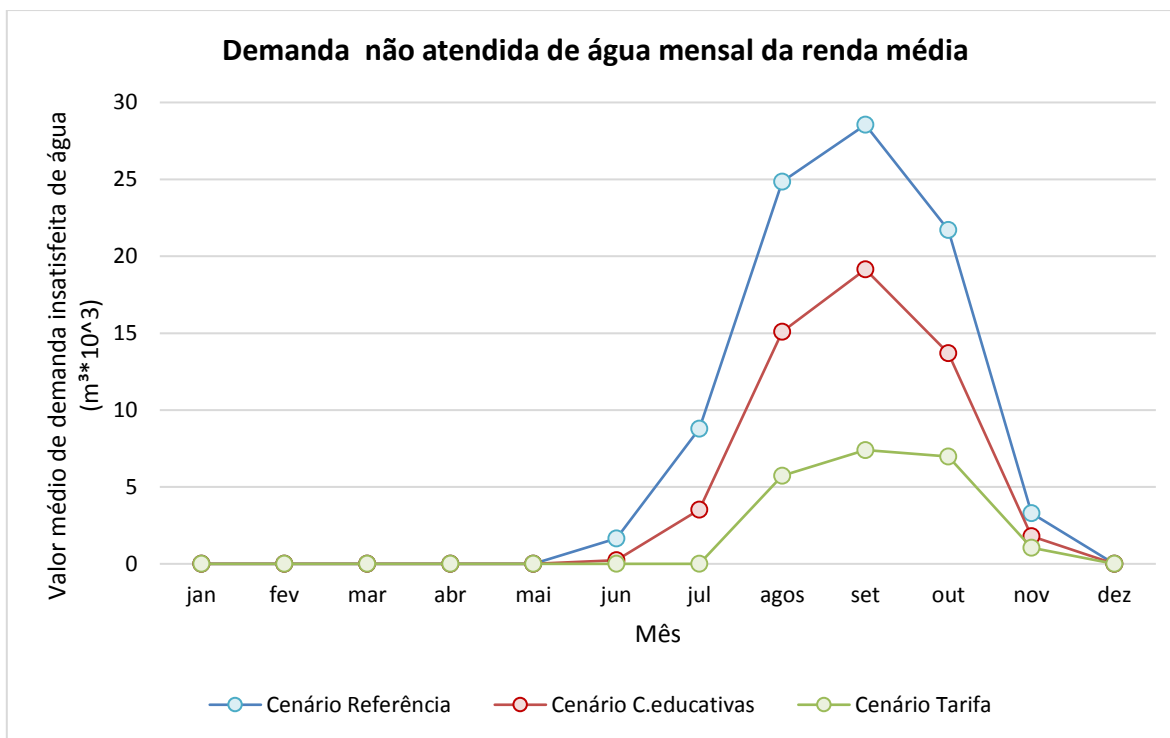


Figura 6.64-Valor médio da demanda não atendida de água mensal dos agentes de renda média considerando três cenários diferentes

Quanto ao volume médio não atendido entre o mês de junho e dezembro se obteve uma demanda não atendida de água que representou o 52% da demanda total para o Cenário de Referência, 31% do Cenário de Campanhas Educativas, e 12% do Cenário de Tarifa.

Na Figura 6.65 são apresentados os resultados da demanda não atendida de água dos domicílios de renda baixa, exibindo valores menores aos encontrados na renda média, porém maiores com respeito à renda alta. Quanto às porcentagens dos valores médios de diminuição de demanda não atendida da água, encontrou-se que no período chuvoso houve uma redução de 49% para o Cenário de Campanhas Educativas e 67% para o Cenário de Tarifa.

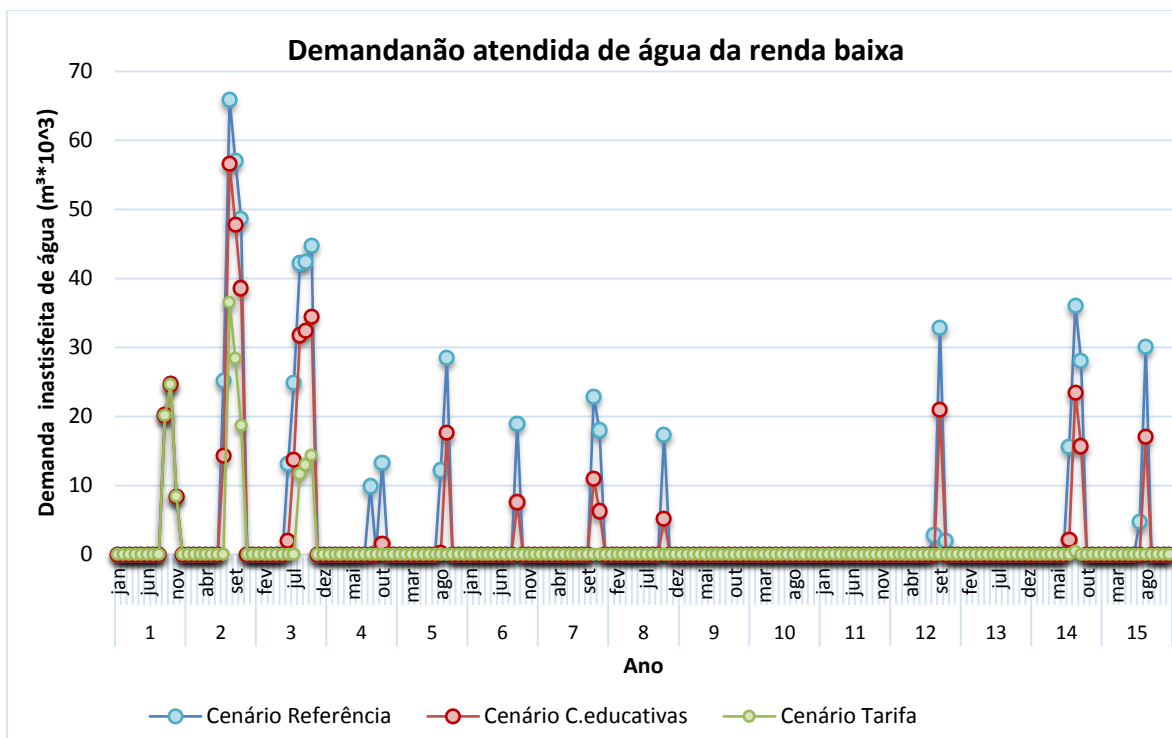


Figura 6.65-Demanda não atendida de água dos agentes de renda baixa simulada a partir da integração de *Weap* com *Hydric-Agent* da primeira simulação.

Na Figura 6.66 pode ser observado que os resultados dos cenários tiveram comportamento similar ao encontrado na renda média e alta. No período de junho até dezembro onde são observadas as demandas insatisfeitas se teve que para o cenário de Campanhas Educativas o mês de setembro foi o que teve menor redução da demanda não atendida de água com respeito ao cenário de Referência, com uma diminuição de 29%. No caso do Cenário de Tarifa a menor redução da demanda não atendida foi no mês outubro com uma diminuição de 67%. No período de junho a dezembro se obteve um volume total não atendido que representou o 51% da demanda total de água no cenário de Referência, 33% no cenário de Campanhas Educativas e 13% no cenário de Tarifa.

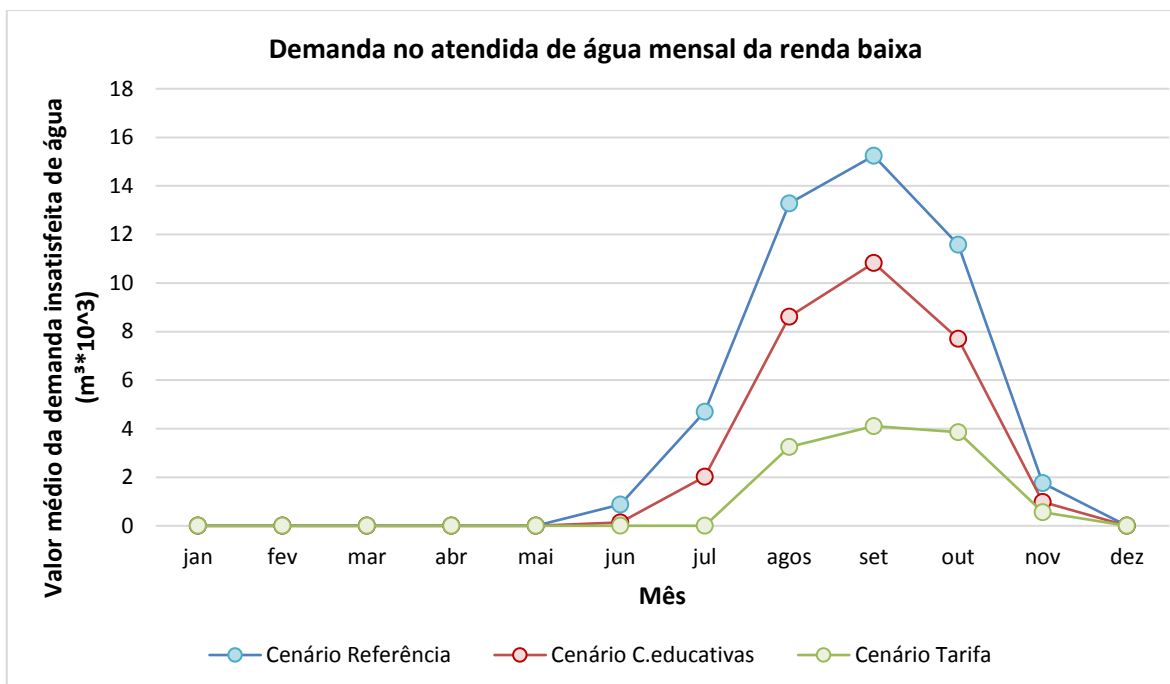


Figura 6.66-Valor médio da demanda não atendida de água mensal dos agentes de renda baixa considerando três cenários diferentes

6.8. Resultados da Integração de *Hydric-Agent* com *Weap* para 100 simulações

A seguir são apresentados os resultados da média da demanda não atendida de água a partir da integração de *Weap* e *Hydric-Agent* onde foram inseridas vazões escolhidas aleatoriamente do período de 1998-2015 e realizadas 100 simulações. Na Figura 6.67 pode-se observar o comportamento dos domicílios urbanos de Brazlândia onde verifica-se que o Cenário de Tarifa teve maior influência para diminuir a demanda não atendida de água que o Cenário de Campanhas Educativas nas 100 simulações, tendo uma redução média aproximada de 52% no período de chuvas e 63% no seco.

O Cenário de Campanhas Educativas também diminuiu a demanda não atendida de água com respeito ao Cenário de Referência reduzindo em média 37% para o período de seco e chuvoso. Para mostrar o comportamento das simulações e verificar a necessidade da realização das 100 simulações, verificou-se que a média calculada a partir de todos os valores de demanda não atendida com uma única simulação teve diferenças com os valores aos obtido com 100 simulações. Na Tabela 6.4 são apresentados os valores do volume não

atendido, onde se pode observar que para o Cenário de Referência o volume não atendido representou o 23% da demanda total, no caso do Cenário de Campanhas Educativas, o 16% e para o Cenário de Tarifa o 6%. Esses valores são diferentes aos valores obtidos em uma única simulação, mostrando a importância de realizar análises probabilísticas para este tipo de modelos para ter uma melhor representação da variabilidade hídrica e sua influência no comportamento do sistema para os diferentes cenários.

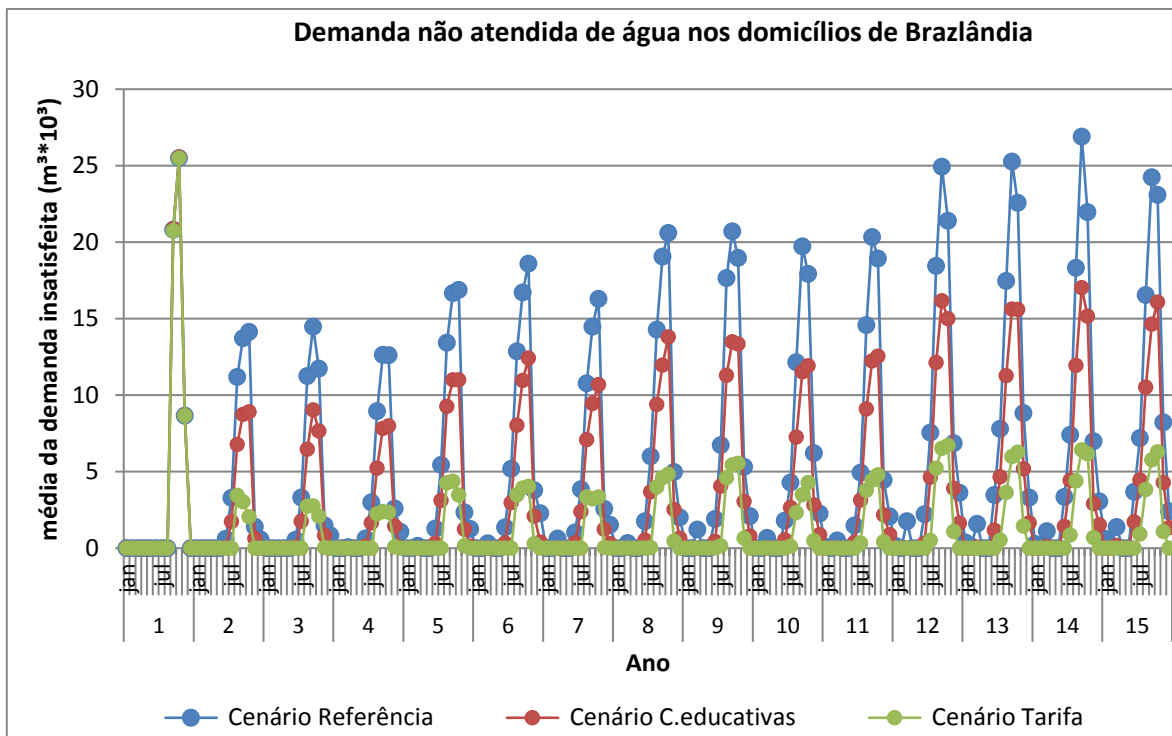


Figura 6.67-Demanda não atendida de água de Brazlândia resultante do *bootstrap* nas séries de vazões mensais

Tabela 6.4- Porcentagem da demanda total de água não atendido em Brazlândia.

Tipo de simulação	Volume não atendido (Referência)	Volume não atendido (Campanhas Educativas)	Volume não atendido (Tarifa)
Simulação única	17%	12%	5%
100 simulações	23%	16%	6%

Na tabela 6.5 é apresentada a porcentagem da demanda total de água que não foi satisfeita para cada renda, onde os agentes de renda média tiveram o maior volume não atendido dentre

as três rendas, para os três cenários, seguida da renda alta e da renda baixa. Isso pode ser explicado pelas quantidades de domicílios pertencentes às rendas que é de 60% para renda média, de 33% de renda baixa e 7% da renda alta.

Quanto aos cenários, comprova-se que o Cenário Tarifa representou a menor porcentagem da demanda de água total mostrando o efeito dessa medida, ou seja, o consumidor foi bastante “sensível” pois o aumento do preço acarretou uma redução da demanda.

Considerando que a maioria dos domicílios de Brazlândia é de renda média, destaca-se a importância de maior investimento nas ações de gestão, pois o resultado obtido na integração das plataformas mostrou que o fortalecimento das medidas de gestão causaria um grande impacto no sistema, pois, pelo caráter adaptativo dos agentes obtido na simulação *Hydric-Agent*, diminuiria a demanda de água e, portanto, o risco de escassez hídrica no sistema ao longo dos anos.

Tabela 6.5. Porcentagem da demanda total de água não satisfeita da renda alta, média e baixa.

Renda	% do Volume não atendido em m ³ (Cenário Referência) de	% do Volume não atendido em m ³ (Cenário Campanhas Educativas) de	% do Volume não atendido em m ³ (Cenário de Tarifa)
Renda Baixa	9,76%	7,27%	2,40%
Renda Média	82,94%	56,57%	22,06%
Renda Alta	44,33%	32,15%	12,33%

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os sistemas que usam o recurso hídrico para diferentes destinos devem ser considerados como sistemas complexos devido às interações dos seus componentes e às mudanças que estas interações podem desenvolver no sistema.

Nesse contexto e devido às mudanças no sistema, a gestão da água tem que ser considerada como adaptativa e não como um processo estático, pois os usuários podem alterar os processos e as políticas a serem implementadas pelos gestores.

No caso do uso dos Modelos Baseados em Agentes (*Agent Based Model-ABM*), para modelar sistemas hídricos, considerados como sistemas complexos adaptativos, as pesquisas têm como resultado um melhor entendimento da evolução sócio ambiental do sistema mediante a execução de estratégias de gestão adaptativa.

Para realizar este tipo de modelagem e gerar resultados satisfatórios na gestão adaptativa da água é indispensável a construção do modelo conceitual e a descrição detalhada do comportamento dos agentes e sua interação com o ambiente mediante o PAGE ou outras metodologias que permitam analisar as percepções e ações dos agentes. Na pesquisa verificou-se que para a realização do PAGE é importante realizar trabalhos em campo com os atores envolvidos para ter uma melhor percepção e análises dos comportamentos a serem representados.

Considerar o agente social como principal ator, analisar seu comportamento e como este pode afetar diretamente as políticas a serem implementadas e sua efetividade, possibilita estabelecer estratégias para melhorar a gestão dos recursos. Para a presente pesquisa no caso de estudo foram considerados agentes residenciais de renda baixa, média e alta, e avaliado o nível de cooperação de cada uma dessas categorias. Na construção do modelo conceitual foi considerada a escolaridade e a percepção dos agentes em relação à disponibilidade de água durante o período chuvoso e seco, que mostrou inicialmente que a renda baixa e média tinham a tendência de ser mais cooperativos em época de chuva e a renda alta em época de seca. Também foi constatado mediante as entrevistas que consumidores de renda baixa realizavam a maioria de atividades relativas ao uso da água de maneira cooperativa, sendo

que a atividade de reutilização da água da máquina de lavar era a mais utilizada por parte de todas as rendas, categorizando esta ação como um hábito para esses agentes na comunidade de Brazlândia em particular.

A partir da simulação considerando a arquitetura BDI foi possível construir um modelo complexo, considerando percepções, crenças e intensões que com base no modelo conceitual foi possível obter o comportamento dos agentes frente a medidas de gestão adaptativa e o nível de complexidade.

Considerando o comportamento de todos os agentes, o panorama obtido na pesquisa quanto aos agentes das três rendas mostra que no processo de avaliação de medidas de gestão de água frente a situações de escassez hídrica não necessariamente devem-se aplicar as políticas de gestão de água convencionais e comumente estabelecidas, pois não sempre é o agente consumidor de água que precisa se adaptar às medidas de gestão senão o gestor da água quem precisa realizar o processo de adaptação da política segundo o imaginário coletivo dos agentes.

Os períodos de chuvas e seca também tiveram um peso importante nas decisões dos agentes, pois a presença de água no ambiente afetou a percepção do agente com relação à disponibilidade de água e como consequência também o consumo de água. Em geral no período de chuvas nos agentes de renda baixa a tendência é de ser mais cooperativos e na época seca os agentes de renda alta. No caso das campanhas educativas, pode-se considerar que teve uma participação importante nas atividades de diminuição de consumo de água, pois segundo a percepção dos agentes esta medida consegue mudar o comportamento de consumo de água, porém para alguns agentes não foi 100% efetiva, verificando o concluído na oficina realizada na pesquisa onde as campanhas educativas foram classificadas como importantes, porém não tinha uma difusão adequada, mostrando a necessidade da sua reformulação.

Na pesquisa encontrou-se uma característica nos agentes analisados em Brazlândia e na oficina realizada com pessoas de outros estados do país, e é a falta de interação entre os agentes no contexto do consumo hídrico. A característica comportamental individualista, segundo alguns autores, possibilita uma maior adaptação e, portanto, uma boa resposta às

políticas implantadas. Esta característica não é encontrada em outros trabalhos de agentes, sendo importante essa contribuição por parte desta pesquisa.

O comportamento de consumo de água real dos bairros de Brazlândia corroborou a maioria de resultados de comportamento encontrados na simulação de agentes. A Vila São José categorizada por esta pesquisa como de renda baixa, mostrou uma melhoria no comportamento cooperativo com campanhas educativas, similar ao obtido na simulação de agentes. Nos bairros categorizados nesta pesquisa como de renda média (Setor Norte, Setor Sul e Veredas) tiveram uma boa resposta para as campanhas educativas e a tarifa, quanto à combinação das duas medidas houve maior diminuição do consumo de água comparado à implementação delas isoladamente, comportamento semelhante ao obtido na simulação de agentes. Nos agentes simulados e nos bairros de renda média foi encontrado que eram mais cooperativos no período seco. No setor tradicional considerado como de renda alta, a tarifa de contingência obteve maior efeito, no caso da implementação de campanhas educativa em conjunto com tarifa, provocou um aumento de consumo, similar ao comportamento encontrado na simulação de agentes.

Com os resultados obtidos na pesquisa foi realizada uma contribuição importante, pois além das análises de comportamento de consumo de água urbano, a pesquisa forneceu a construção de uma ferramenta computacional de modelos comportamentais na área de recursos hídricos, considerando dados coletados em campo e não só dados documentados como é utilizado na maioria de trabalhos de ABM, além de ter as especificações do indivíduo e a falta de interação entre eles. Além disso, contribuiu na construção de base de dados comportamentais de áreas urbanas e em uma metodologia de integração de plataforma hídrica com a plataforma de agentes, que permitiu considerar outros fatores para analisar ações de gestão adaptativa no sistema estudado.

A integração das plataformas mostrou a importância de fortalecer as medidas de gestão, especialmente de Campanhas educativas, pois teve menor influência sobre os domicílios para diminuir demanda não atendida. Considerando que a maioria de domicílios urbanos residências de Brazlândia são de renda média e tendo em conta que são agentes cooperativos (segundo resultado em *Hydric-Agent*), maior investimento nas medidas de gestão melhorariam as condições de demanda não atendida, diminuindo o risco de escassez hídrica.

Os resultados obtidos mediante as plataformas *Hydric-Agent* e *Weap*, mostraram a necessidade de integração das plataformas para a gestão adaptativa de sistemas hídricos, pois permite ter uma visão dos efeitos das medidas de gestão de água implementadas considerando não só o comportamento dos agentes, mas também a disponibilidade hídrica da área de estudo. Com o objetivo de ter melhores resultados recomenda-se realizar múltiplas simulações, pois dessa maneira é possível determinar a variabilidade climática a ser considerada, na integração dessas plataformas.

Na pesquisa foi verificado que existe maior contribuição de modelos comportamentais na definição de medidas de redução de consumo de água se forem integrados com modelos de simulação de sistemas hídricos, pois além do comportamento do agente são considerados outros tipos de variáveis como, por exemplo, de tipo hidrológico que afeta diretamente a disponibilidade da bacia e por tanto, limita as decisões do gestor da água, especialmente em situações de escassez hídrica.

A implementação da metodologia proposta na pesquisa mostrou resultados que permitiram observar variações no comportamento cooperativo dos agentes por renda e por escolaridade. Considerando que não foi implementado um método de verificação dos dados simulados em Brazlândia, os resultados de demanda insatisfeita de água obtidos na pesquisa não devem ser utilizados como input na tomada de decisão nessa região, porém a metodologia proposta pode ser utilizada para auxiliar as tomadas de decisão em situações de escassez hídrica em qualquer localidade.

Além da integração de plataformas a metodologia apresentada na pesquisa propôs um método participativo (oficina) que permitiu a troca de saberes entre a pesquisadora e o grupo participante, mostrando uma importante contribuição para obtenção de percepções de agentes e de uma metodologia que se adequa à realidade do consumidor de água em questão.

A partir dessa pesquisa recomendam-se alguns tópicos que poderiam ser objeto de trabalhos futuros tais como:

- Aperfeiçoar a plataforma de *Hydric-Agent* mediante construção de base de dados agentes consumidores de água comerciais junto com o modelo conceitual.

- Realização de simulação com *Hydric-Agent* e WEAP com consumidores comerciais, para ter uma análise completa da área urbana.
- Realização de simulação com *Hydric-Agent* e WEAP com consumidores urbanos e rurais, que permita determinar a variação do comportamento de cada agente e seu impacto na disponibilidade de água bacia hidrográfica. Nesse item recomenda-se também realizar a simulação de WEAP incluindo uso do solo e projeções hidrológicas e de demanda de água que a plataforma permite realizar mediante metodologias integradas no software.
- Realização da integração de ferramentas por bairros e não por rendas.
- Realizar estudo que permita definir uma metodologia para verificação dos dados do modelo de ABM, por meio de dinâmicas participativas em outras áreas de estudo.
- Recomenda-se avaliar outras medidas de gestão como racionamento, bônus, etc. No caso da implementação paralela de campanhas educativas e tarifa recomenda-se realizar um estudo mais extenso, pois o período de tempo na presente pesquisa foi muito curto.

BIBLIOGRAFIA

- Adasa -Agência reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (2012). Plano de gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal. Relatório Final. Volume 1. Diagnostico. Brasília-DF.
- _____(2016). Resolução nº 17 de 07 de outubro de 2016. Estabelece a Tarifa de Contingência para os serviços públicos de abastecimento de água do Distrito Federal, prestados pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB, em virtude de situação crítica de escassez hídrica e dá outras providências.
- Agência Brasília (2017). Entenda o racionamento de água no DF. Disponível em: <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2017/01/18/entenda-o-acionamento-de-agua-no-df/>. Acesso em: 12 de dezembro de 2017.
- ADB-Agent Development Bank. Handbook for the Economic Analysis of Water Supply Projects. Economics and Development Resource Center. 361 p.
- AIC-Artificial Intelligence Center.(2001) “Procedural Reasoning System User's Guide A Manual for Version 2.0”. SRI International
- AOS- Agent Oriented Software (2005). JACK Intelligent Agents® Agent Manual.
- Akhbari,M e Grigg,N (2013). “A framework for an agent-Based Model to Manage Water Resources Conflicts”.In: *Water Resources Management*. 27(11), 4039-4052.
- Akhbari, M e Grigg, N. (2014).”Water Management Trade-offs between Agriculture and the Environment: A Multiobjective Approach and Application”.In: *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 140(8).
- Akhbari, M E Grigg, N. (2015). “Managing Water Resources Conflicts: Modelling Behavior in a Decision Tool”.In: *Water Resources Management* ,29, 5201–5216.

- Ali, AM; Shafiee, ME; Berglund, EZ. (2017). “Agent-based modeling to simulate the dynamics of urban water supply: Climate, population growth, and water shortages”. In: *Sustainable Cities and Society* .28, 420-434.
- Alencar,F.(2017). Simulação Baseada em Agentes para Auxílio à Análise de Consumo de Recursos Hídricos. Monografia Curso de Engenharia da Computação. Departamento de Ciências da Computação. Universidade de Brasília.
- Bharathy,G e Silverman,B (2015). “Holistically evaluating agent-based social systems models: a case study”. In: *Simulation*. 89(1), 102-135
- Batty, M. (2001). “Cellular automata and urban simulation, where do we go from?”. In: *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28, 163-168.
- Braubach,L; Pokahr,A; Lamersdorf,W (2004). “Jadex: A short overview”. In: *Main Conference Net.ObjectDays,AgentExpo*,195-207
- Belaqziz, S; Fazziki, A; Mangiarotti, S; Le page, M; Khabba,s; Raki,s; Adnani,m; Jarlan, L. (2013). “An agent based modeling for the gravity irrigation management”.In: *Procedia Environmental Sciences* 19, 804 – 813.
- Berger,T ; Birner , R· Diaz,J; · Mccarthy,N ;Wittmer,H (2007). “Capturing the complexity of water uses and water users within a multi-agent framework”.In: *Water Resources Management* .21, p.129–148.
- Berglund, E. Z. (2015). “Using agent-based modeling for water resources planning and management”.In: *Journal of Water Resources Planning and Management*, 141(11).
- Blaskovich,F. (2014). “Synergy and Emergence in Energy Policy Design”. In: *SPE Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition*, 1416 October, Adelaide, Australia.
- Bonabeau, E.(2002). “Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems”.In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99 (33). 7280–7287

- Brasil (1993). Decreto 20.658/99. Regulamenta a Lei No. 442, de 10 de maio de 1993, que dispõe sobre a classificação de Tarifas dos Serviços de Água e Esgotos do Distrito Federal e dá outras providências.
- Brasil (2017). Resolução ADASA nº 07, de 28/04/2017. Homologa o Reajuste Tarifário Anual de junho de 2017, e dá outras providências.
- Brasil (2017a). Deliberação ARSESP nº 753, de 10 de outubro de 2017. Decreto Estadual no 41.446, de 16 de dezembro de 1996; comunica que as Tarifas e demais condições que vigorarão a partir de 10 de novembro de 2017.
- Brasil (2017b). Resolução Nº 221 de 05 de maio de 2017. Procede a revisão ordinária da tarifa média dos serviços de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário da Companhia de Água e Esgoto do Ceará, sujeitos à fiscalização e regulação por parte da Arce.
- Bratman.M. (1987). “Intention, plans, and practical reason”. Harvard University Press
- Bresciani,P; Giorgini,P; Giunchiglia, F; Mylopoulos,J. (2004). “Tropos: An Agent-Oriented Software Development Methodology”.In: *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 8, p 203–236,
- Bronfman, N; Cisternas,P; López-Vazquez,E; Maza,C; Oyanedel,J. (2015). “Understanding Attitudes and Pro-Environmental Behaviors in a Chilean Community”.In: *Sustainability*, 7, 14133-14152
- Castilla-Rho, C;Mariethoz, G; Rojas, R ; Andersen, M ; Kelly, B. (2015). “An agent-based platform for simulating complex human e aquifer interactions in managed groundwater systems”.In: *Environmental Modelling & Software*, 73, p.305 – 323.
- Codeplan-Companhia de planejamento do Distrito Federal (2015). Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios – Brazlândia. Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão.

Coelho, C. G. C. ; Abreu, C. G ; Ramos, R. M. ; Mendes, A. H. D. ; Teodoro, G. L. M. ; Ralha, C. G. (2016). “MASE-BDI: Agent-based Simulator for Environmental Land Change with Efficient and Parallel Auto-tuning”. In: *Applied Intelligence* 45(3), 904–922

Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal-Caesb (2014). Sinopse do Sistema de Abastecimento de Água do Distrito Federal-Siagua. Brasília/DF.

_____ (2016). Campanha "consciência 10": dicas adicionais para o uso racional da água. Disponível em: <https://caesb.df.gov.br/component/content/article/8-portal/noticias/522-dicas-da-caesb-para-um-consumo-de-agua-mais-consciente-2.html>. Acesso em ; 20 de fevereiro de 2017

_____ (2016). Escassez hídrica e tarifa de contingência. Disponível em: https://caesb.df.gov.br/images/seca_DF/apresentacao-tarifa_de_contingencia2.pdf. Acesso em: 1 de novembro de 2017.

Chaves, W. (2011). *Brazlândia, Agricultura e Identidade: Fragarias da festa do morango e da retificação triunfante da mercadoria ao simulacro e à venda sem charme dos ambulantes*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geografia, Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade de de Brasília.

Chen, L. (2012). Agent-based modeling in urban and architectural research: A brief literature review. *Frontiers of Architectural Research*; 1, 166–177

Chu, J.; Wang, C.; Chen, J.; Wang, H. (2009). “Agent-Based Residential Water Use Behavior Simulation and Policy Implications: A Case-Study in Beijing City”. In: *Water Resources Management*, 23. p. 3267.

Darbandsari, P.; Kerachian, R.; Malakpour-Estalaki, S. (2017). “An Agent-based behavioral simulation model for residential water demand management: The case-study of Tehran, Iran”. In: *Simulation Modelling Practice and Theory*. 78, 51-72

- Dias,D; Martinez.C; Libênio,M. (2010).”Avaliação do impacto da variação da renda no consumo domiciliar de água”.In: *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. 15 (2),155-166
- Ding,N; Erfani,R; ,H; Erfani ,T. (2016). “Agent Based Modelling for Water Resource Allocation in the Transboundary Nile River”.In: *Water* , 8(4), p 139.
- D'Inverno,M;Luck,M;Georgeff,M;Kinny,D; Wooldridge,M.(2004). “The dMARS Architecture: A Specification of the Distributed Multi-Agent Reasoning System”.In: *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*.12(9). pp 5–53
- Ducrot, R; Le Page,C; Bommenl,P; Kuper,M (2004).”Articulating land and water dynamics with urbanization: an attempt to model natural resources management at the urban edge”. In: *Computers, Environment and Urban Systems*. 28.85-106
- Fan, L; Wang,F; Lui,G; Yang,X; Qin,W. (2014) “Public Perception of Water Consumption and Its Effects on Water Conservation Behavior”.In: *Water* 6, p. 1771-1784
- Farhadi, S; Nikoo,M; Rakhshandehroo,G; Akhbari,M; Alizadeh, M.(2016). “An agent-based-Nash modeling framework for sustainable groundwater management: A case study”. In: *Agricultural Water Management* ,177, 348–358.
- Ferber, J., (1999). “Multi-agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence”. Addison-Wesley Longman, Boston.
- Galán,J; Lopez-Peredes,A; Olmo,R. (2009).An agent-based model for domestic water management in Valladolid metropolitan area. *Water Resources Research*, 45, p.1-17.
- Garcia,A.(2011). “Fatores associados ao consumo de água em residências de baixa renda”. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia.

- Giacomoni, M e Zechman, E (2010). “A complex Adaptive Systems Approach to simulate urban water resources sustainability”. In: *World Environmental and water resources Congress 2010: challenges of Changes*. ASCE. Providence, Rhode Island.
- Giacomoni, H; Kanta, L; Zechman, E. (2013). “Complex Adaptive Systems Approach to Simulate the Sustainability of Water Resources and Urbanization”. In: *Journal of Water Resources Planning and Management*, 139, p. 554-564.
- Giuliani, M e Castelletti, A. (2013). “Assessing the value of cooperation and information exchange in large water resources systems by agent-based optimization”. In: *Water Resources Research*, 49, 3912–3926,
- Gilbert, N (2007) “Agent-based models”. University of Surrey, Guildford, UK, University of Surrey.
- Gleick, P. (2000) The Changing Water Paradigm A Look at Twenty-first Century Water Resources Development. In: *Water International*, 25(1), 127-138
- Gunkel, A e Külls, Ch. (2006). “ Towards agent-based modelling of stakeholder behaviour – a pilot study on drought vulnerability of decentral water supply in NE Brazil. In: iEMSs Fourth Biennial Meeting”. In: *International Environmental Modelling and Software Society*, USA, July.
- GWP-Global Water Partnership. (2017) Demand efficiency (C6.01). Disponível em : http://www.gwp.org/en/learn/iwrm-toolbox/Management-Instruments/Efficiency_in_Water_Management/Demand_efficiency/. Acesso em: 20 novembro de 2017.
- Han, T.Z; Zhang, C; Sun, Y; Hu, X. (2017). “Study on environment-economy-society relationship model of Liaohe River Basin based on multi-agent simulation”. In: *Ecological modelling*. 359, 135-145
- Holland, J (1995). *Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity*. Ed. Addison Wesley. USA. 185 pag.

- Holtz, G e Pahl-Wostl,C. (2012). “An agent-based model of groundwater over-exploitation in the Upper Guadiana, Spain”.In: *Regional Environmental Change*, 12, 95–121,
- Huber, M. J. (1999). “Jam: a BDI-theoretic mobile agent architecture, in ‘AGENTS ’99: Proceedings of the third annual conference on Autonomous Agents’, ACM, New York, NY, USA, pp. 236–243.
- JADE. (2017). Java Agent Development Framework, disponível em: <http://jade.tilab.com/documentation/tutorials-guides/introduction-to-jade/>. Acesso em: 10 agosto de 2017
- JADEX.(2017) BDIV3 User Guide. Disponível em : <https://download.actoron.com/docs/releases/latest/jadex-kdocs/guides/bdiv3/01%20Introduction/>. Acesso em: 20 de agosto de 2017.
- Kampragou,E; Lekkas,D; Assimacopoulos,D. (2011)Water demand management: Implementation principles and indicative success stories. In: *Water and environment Journal*, 25(4), 466-47
- Kanta,L e Zechman,E (2014). “Complex Adaptive Systems Framework to Assess Supply-Side and Demand-Side Management for Urban Water Resources”.In: *Journal of water resources planning and management*. 140. 75-85
- Keur,P; Jeffrey,P; Boyce,D; Pahl-Wostl,C; Hall,A; Lloyd,J(2010). “Adaptive water management in terms of development and application within IWRM”. In: *The adaptative resource management handbook*. Earthsca,London.
- Koutiva, I e Makropoulos, C . (2016). “Modelling domestic water demand: An agent based approach”.In: *Environmental Modelling & Software* .79, 35-54.
- Kumar, R.; Philip, P.; Sharma, C. (2014). “Attitude–Value Construct: A Review of Green Buying Behaviour”.In: *Pacific Business Review International*, 6(8),25-30

- Leclert, L; Nzioki,R; Feuerstein,L. (2016). “Addressing governance and management challenges in small water supply systems – the integrity management approach in Kenya”.In: *Aquatic Procedia* .6, p.39 – 50.
- Linkola,L, Andrews,C; Schuetze,T (2013) .”An Agent Based Model of Household Water Use”.In: *Water*, 5, p.1082-1100.
- Louie,M; Carley,K(2008). “ Balancing the criticisms: Validating multi-agent models of social systems”.In: *Simulation Modelling Practice and Theory* 16, 242–256
- Ma,Y e LI,Y. (2015).”Conceptual Research on Decision Making Meetings for Urban Water Management” .In: *IRSPSD International*, 3(3) , 16-24,
- Macal,C;North,M (2010). “Tutorial On Agent-Based Modeling and Simulation”.In: *Journal of Simulation* 4(3), 151–162 .
- Martins, A(2017). “Estudo do hiato atitude-comportamento no consumo de água entre populações universitárias do Brasil e Canadá”. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Administração. Universidade Federal de Viçosa.160p.
- Mashhadi ,A; Shafiee ,M; Arumugam,S; Berglund,E. (2014).A Complex Adaptive Systems Approach To Simulate Interactions Among Water Resources, Decision-Makers, And Consumers And Assess Urban Water Sustainability. International Conference on Hydroinformatics. New York .
- Mitchel,M (2009). *Complexity :A Guided Tour*. Oxford University Press, Inc. New York. 349p.
- Mulligan, K, Brown, C Yang, Y ; Ahlfeld, D. (2014). “Assessing groundwater policy with coupled economic-groundwater hydrologic modeling”.In: *Water Resources Research*,50, 2257–2275.

- Nikolic V; Simonovic,S; Milicevic,D. (2013).”Analytical Support for Integrated Water Resources Management: A New Method for Addressing Spatial and Temporal Variability”.In: *Water Resources Management*, 27,401–417.
- Ng, Eheart, Cai, E Braden. (2011). “An Agent-Based Model of Farmer Decision-Making and Water Quality Impacts at the Watershed Scale Under Markets for Carbon Allowances and a Second-Generation Biofuel Crop”.In: *Water Resources Research*, .47(9).
- Nwana,H (1996). “Software Agents: An overview”.In: *Knowledge Engineering Review*. 11(3). 1-40
- Pace, D. K. (2000). “Conceptual model development for C4ISR simulations”. In: *Proceedings of the 5th international command and control research and technology symposium*.pp. 24-26.
- Pahl-Wostl, C., Downing, T., Kabat, P., Magnuszewski, P., Meigh, J., Schlueter, M., Sendzimir, J., and Werners, S. (2005). “Transition to Adaptive Water Management; The NeWater project”. *Water Policy*. NeWater Working Paper X., Institute of Environmental Systems Research, University of Osnabrück.
- Paré, L; Fuentes,T; vidriales,G; Garcia,I in: Paré, L; Gerez, P. (2012). “Al filo del agua: congestion de la subcuenca del río Pixquiac, Veracruz” Universidad Nacional Autónoma de México-UNAM, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología: Juan Pablos editores. México.D.F. pgs: 25-50
- Rammel,C; Stagl,S; Wilfing,H. (2007). “Managing complex adaptative systems-A co-evolutionary perspective on natural resource management”.In: *Ecological Economics*. 63.9-21
- Rand,W (2015). Sistemas complexos: conceitos, literatura,possibilidades e limitações.p 43-64. . In : Furtado,B; Sakowski, P; Tóvolli.P – Modelagem de sistemas complexos para políticas públicas Brasília : IPEA.

- Reatto, A., Martins, E. S, Cardoso, E.A, Spera, S.T, Carvalho Jr., O. A. C. , Guimarães,R, Silva, A. V ,Farias, M. F. R (2013) “Levantamento de reconhecimento de solos de alta intensidade do alto curso do rio Descoberto, DF/GO, escala 1: 100.000” Boletim de pesquisa e desenvolvimento N° 92. EMBRAPA Cerrados, Planaltina-Distrito Federal
- Robinson, S. (2004). “Simulation: The Practice of Model Development and Use”. Wiley, Chichester, UK.
- Russel, S e Fieldng, K. (2010). “Water demand management research: A psychological perspective”.In: *Water Resources Research*, 46(5)
- Russell,S e Norvig,P(2002). “Artificial Intelligence. A modern Approach”: Prentice Hall, USA 2 edição. 931p.
- Sabesp- Serviços públicos de saneamento básico no Estado de São Paulo. (2014) O que fazer para reduzir o consumo de água em casa. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalle.aspx?secaoId=65&id=6110>. Acesso em:20 de Fevereiro de 2017.
- Sargent, R. (2011) . “Verification and validation of simulation models. In: Simulation Conference (WSC)”. In: *Proceedings of the 2011 Winter*. IEEE, 2009. p. 162-176.
- Sharma,S;Vairavamoorthy,K.(2009). “Urban water demand management: prospects and challenges for the developing countries”.In: *Water and Environment Journal*. 23 p. 210–218
- Sichman,J (2015). Operacionalização de sistemas complexos . In : Furtado,B; Sakowski, P; Tóvolli.P – *Modelagem de sistemas complexos para políticas públicas*. Brasília : IPEA
- Schlüter,M e Pahl-Wostl,C. (2007). “Mechanisms of Resilience in Common-pool Resource Management Systems: an Agent-based Model of Water Use in a River Basin”.In: *Ecology and Society*, 12, (2) p. 4.

- SEI-Stockholm Environment Institute- (2001).Water Evaluation and Planning-WEAP: User Guide for WEAP21.Boston USA.
- Tsegaye,S E Vairavamoorthy, K..(2009).”Agent-Based Modeling to Estimate Residential Water Demand and to Explore Optimal Demand Side Water Management strategies” .In: *Water Engineering Development Centre*. Loughborough University.
- van Oel ,P; Krol, Maarten; Hoekstra,A Taddei ,R. (2010).”Feedback mechanisms between water availability and water use in a semi-arid river basin: A spatially explicit multi-agent simulation approach”.In: *Environmental Modelling & Software*, 25 , 433–443.
- van Oel ,P; Krol, Maarten; Hoekstra,A. (2012). “Application of multi-agent simulation to evaluate the influence of reservoir operation strategies on the distribution of water availability in the semi-arid Jaguaribe basin, Brazil”.In: *Physics and Chemistry of the Earth* , 173–181
- Weiss ,G. (1999) “Multiagent system – a modern approach to distributed artificial intelligent”. MIT Press, Cambridge
- Williams, B (2011). Adaptative management of natural resources-framework and issues. *Journal of Environmental Management*. 92. 1346-1353
- Wise,S E Crooks,A. (2012). “Agent-based modeling for community resource management: Acequia-based agriculture”.In: *Computers, Environment and Urban Systems*. 36, 562-572.
- Wooldridge,M Jennings,N. (1995) “Intelligent agents: Theory and practice”.In: *Knowledge Engineering Review*, 10(2). 115-152
- Wooldridge,M Jennings,N e Kinny,D (2002). The Gaia Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*.3 (3). p 285-312
- Wooldridge,M (2002).An introduction to multiagent systems. Department of Computer Science, University of Liverpool, UK: John Wiley & Sons Ltd.

- Wolfram,S.(1983) “Statistical mechanics of cellular automata”. Institute for Advanced Study, New Jersey. 644 pag.
- Worthington, A; Hoffman,M (2008). “An empirical survey of residential water demand modelling”.In: *Journal of Economic Surveys*. 22 (5), 842-871
- Yates, D., Sieber, J., Purkey, D., e Huber-Lee, A. (2005). "WEAP21 – A Demand-, Priority-, and Preference-Driven Water Planning Model Part 1 : Model Characteristics". In: *Water International*.International Water Resource Association, 30(4), 487-500.
- Yu,E.(1995). *Modelling Strategic Relationships for Process Reengineering*, Ph.D. thesis, Department of Computer Science, University of Toronto.
- Yuan,X ; Wei,Y; Pan,S; Jin,J (2014). “ Urban Household Water Demand in Beijing by 2020: An Agent-Based Model”.In: *Water Resources Management*. 28(10),2967-2980.
- Ywashima,L; Campos,M; Piaia,E;Luca,D;Ilha,M.(2006). “Caracterização do uso de água em residenciais de interesse social em Paulínia”. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Florianopolis/SC.

ANEXOS

ANEXO I-QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

PESQUISA ACADÊMICA SOBRE CONSUMO DE ÁGUA

QUESTIONÁRIO PARA CONSTRUÇÃO DE PERFIL DE CONSUMIDORES

Prezado Participante,

Esta pesquisa tem como objetivo conhecer o perfil dos consumidores de água e sua opinião sobre algumas questões relacionadas ao consumo de água em Brazlândia/DF. Este questionário será utilizado UNICAMENTE para desenvolver uma tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília. Garantimos o caráter anônimo e sigiloso das respostas.

Por Favor, Responda TODAS as questões,
Agradecemos desde já sua colaboração.

Data : ___/___/___

Endereço: Bairro _____ Quadra _____ Conjunto _____ Casa _____

- **Maior grau de escolaridade na residência:** () Ensino Fundamental Incompleto () Ensino Fundamental Completo () Ensino médio completo () Ensino superior completo () Pós-graduação.

-**Quantas pessoas residem na moradia? (Incluindo filhos, irmãos, parentes e amigos):**
Número de Adultos () . Número de Crianças (até 12 anos) ()

-**Somando a sua renda com a renda das pessoas que moram com você, quanto é, aproximadamente, a renda familiar mensal? (Marque apenas uma resposta)**

- () nenhuma renda.
- () Até 1 salário mínimo (até R\$937).
- () de 1 a 2 salários mínimos (de R\$ 937 até R\$ 1874).
- () de 2 a 4 salários mínimos (de R\$ 1874,01 até R\$ 3748).
- () de 4 a 10 salários mínimos (de R\$ 3748,01 até R\$ 9370).
- () de 10 a 20 salários mínimos (de R\$ 9370,01 até R\$ 18740).
- () mais de 20 salários mínimos (mais de R\$ 18740,01).

-**Tipo de moradia:** Casa (), Apartamento ()

-**Sua moradia possui :**

- Jardim com grama e plantas()
- Jardim com plantas mas sem grama e não cimentado ()
- Quintal cimentado ()
- Nenhuma das anteriores ()

-Você acha que o consumo de água na sua casa é: Alto () Médio () Baixo ()

-Você reduziu seu consumo de água depois que iniciaram as campanhas educativas para redução do consumo de água? Sim (), Não ()

Quanto você acha que reduziu? Abaixo de 20% () Entre 21 e 40% () Acima de 40 % ()

Já teve aumento de tarifas na sua conta de água? Sim () Não ()

Se sim, você diminuiu o consumo de água por causa disso? Sim () Não ()

Você acha que é necessário economizar água em época de chuva? Sim () Não ()

Você acha que é necessário economizar água em época de seca? Sim () Não ()

Assinale quais ações de governo você recomendaria para diminuir o consumo de água no seu bairro/cidade

() Campanha educativa nas escolas

() Campanha educativa na televisão

() Multas por alto consumo de água

() Aumento na tarifa de água

() Racionamento de água

() Redução de tarifa para quem economizar (bônus).

() Outra- Qual? _____

**Você acha que seu vizinho : desperdiça água (), economiza água() consome normalmente ()
Alguma vez diminuiu ou aumentou seu consumo de água na sua casa por influência de um vizinho?**

Sim (), Não ()

Acha que as pessoas no seu bairro se importam com a quantidade de água que consomem diariamente?

Sim (), Não ()

Assinale na coluna ao lado a frequência com que geralmente costuma agir

Ações	Sempre	As vezes	Nunca
Usa mangueira para lavar calçadas, quintal ou garagem			
Usa mangueira para lavar carro			
Reutiliza água da máquina de lavar			
Armazena e usa água de chuva			
Fecha a torneira em quanto ensaboa a louça			
Toma banho em menos de 5 minutos			
Fecha a torneira enquanto escova os dentes			
Fecha o chuveiro enquanto se ensaboa			
Lava a roupa utilizando a capacidade máxima da máquina			

Informe os consumos que aparecem na sua fatura de água no item “Consumo faturado em”, como indicado na tabela:

consumo faturado em	05/2017 ()	04/2017 ()	03/2017 ()	02/2017 ()	01/2017 ()	12/2016 ()
	11/2016 ()	10/2016 ()	09/2016 ()	08/2016 ()	07/2016 ()	06/2016 ()

Você ou algum membro da sua família gostariam de participar em uma reunião para discutir sobre o tema de consumo de água? Sim() Não ()

MUITO OBRIGADA PELA SUA COLABORAÇÃO!!!

ANEXO II. PONTUAÇÃO –CAESB -TARIFICAÇÃO

1. PAREDES		2. PISO	
MATERIAL	PONTOS	MATERIAL	PONTOS
Taipa, lona ou palha	0	Terra Batida	0
Madeirite ou madeira rústica	10	Cimentado	10
Pré-moldado	30	Cerâmica	40
Alvenaria ou Concreto	50	Mármore, Granito ou Granilite	60
3. FORRO		4. TELHADO	
MATERIAL	PONTOS	MATERIAL	PONTOS
Sem Forro	0	Palha ou Lona	0
Madeira ou Gesso	20	Zinco	10
PVC	30	Amianto	20
Laje	50	Colonial ("Cerâmica")	50
5. LARGURA DA FRENTE DO LOTE		6. PAVIMENTOS	

Largura ("metros")"	Pontos	Números	Pontos
Até 8	0	1 ("um")"	0
9 a 12	20	Mais de 1 ("um")"	20
12 a 19	40		
Maior que 19	60		
7. CASAS		8. EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS	
CLASSE	ÁREA POR APARTAMENTO " (m2)"	CLASSE	
Rústica	Até 60	Até 60	Normal
Normal	de 70 a 140	de 61 a 150	Padrão
Padrão	de 150 a 230	Acima de 150	Especial
Especial	Acima de 230		

ANEXO III –Base de Dados para BDI

✓ BDI RENDA BAIXA

EDUCATION LEVEL	CRENÇA	OBJETIVO	PLANO DE AÇÃO	Economiza	Desperdiça	NUM AGENTS (%)
Fundamental Incompleto	drySeason(false)	saveRainySeason	hose()	1.54		24
		wasteRainySeason	longShower()		2.5	14
	drySeason(true)	saveDrySeason	hose()	1.54		14
			washingMachine()	1.2		
			tap()	4.4		
			washingMachineClothes()	0.58		
	wasteDrySeason	longShower()			1.37	38
		hose()			1.54	
	drySeason(false) + education	saveRainyEducation	hose()		-1.54	48
			tap()	4.4		
			washingMachineClothes()	0.58		
		wasteRainyEducation	longShower()			2.5
	washingMachineWaste()				0.67	
	drySeason(true) + Education	saveDryEducation	hose()	1.54		29
			washingMachine()	1.2		
			washingMachineClothes()	0.58		
		wasteDryEducation	longShower()			1.37
	washingMachineWaste()				0.67	
drySeason(false) + TAX	saveRainyTax	tap()		4.4	57	
		washingMachine()		1.2		

		wasteRainyTax	house()		1.54	10	
			washingMachineWaste()		1.35		
	drySeason(true) + TAX	saveDryTax	washingMachine()	1.2		24	
				tap()	4.4		
		wasteDryTax	house()		1.54	67	
				longShower()			1.37
	drySeason(false) + TAX + Education	saveRainyEducationTax	washingMachineClothes()	1.17		67	
				rainWater	0.3		
				tap()	4.4		
				shortShower()	1.87		
		wasteRainyEducationTax	washingMachineWaste()		1.35	19	
	drySeason(true) + TAX + Education	saveDryEducationTax	washingMachine()	1.2		14	
				tap()	4.4		
		wasteDryEducationTax	house()		1.54	24	
				longShower()			1.37
Fundamental Incompleto		saveRainySeason	washingMachine()	1.2		33	
		wasteRainySeason	longShower()		1.02	8	
	drySeason(true)	saveDrySeason	washingMachine()	1.2		14	
			tap()	4.4			
			washingMachineClothes()	0.84			
		wasteDrySeason	washingMachineWaste()		0.65	17	
			hose()		1.54		
	drySeason(false) + education	saveRainyEducation	hose()	-1.54		47	
			tap()	4.4			
			washingMachineClothes()	0.84			
	wasteRainyEducation	longShower()		1.02	3		

	drySeason(true) + Education	saveDryEducation	washingMachine()	1.2	14	
			tap()	4.4		
			washingMachineClothes()	0.84		
		wasteDryEducation	longShower()		1.02	6
	drySeason(false) + TAX	saveRainyTax	tap()	4.4	44	
			house()	1.54		
			shortShower()	3.04		
		wasteRainyTax	house()		1.54	3
	drySeason(true) + TAX	saveDryTax	washingMachine()	1.2	14	
			washingMachineClothes()	1.02		
			shortShower()	1.08		
			tap()	4.4		
		wasteDryTax	house()		1.54	8
	drySeason(false) + TAX + Education	saveRainyEducationTax	washingMachineClothes()	1.02	44	
			house()	1.54		
			tap()	4.4		
			shortShower()	3.04		
		wasteRainyEducationTax	house()		1.54	6
	drySeason(true) + TAX + Education	saveDryEducationTax	washingMachine()	1.2	17	
			washingMachineClothes()	1.02		
			tap()	4.4		
		wasteDryEducationTax	longShower()		0.94	8
Médio Completo	drySeason(true)	saveRainySeason	washingMachine	1.2		13
		wasteRainySeason	washingMachineWaste()		0.65	10
			longShower()		1.01	
	drySeason(false)	saveDrySeason	washingMachine()	1.2		

		tap()	4.4		4
		washingMachineClothes()	0.85		
	wasteDrySeason	longShower()		1.01	28
drySeason(false) + education	saveRainyEducation	washingMachine()	1.2		25
		rainWater	0.3		
		tap()	4.4		
	wasteRainyEducation	washingMachineWaste()		0.78	4
		house()		1.54	
drySeason(true) + Education	saveDryEducation	washingMachine()	1.2		4
		tap()	4.4		
		house()	1.54		
	wasteDryEducation	washingMachineWaste()		0.78	9
		longShower()		1.01	
drySeason(false) + TAX	saveRainyTax	tap()	4.4		52
		washingMachine()	1.2		
		longShower()		0.9	
	wasteRainyTax	washingMachineWaste()		0.92	7
drySeason(true) + TAX	saveDryTax	washingMachine()	1.2		3
		house()	1.54		
		tap()	4.4		
	wasteDryTax	longShower()		1.01	13
		washingMachineWaste()		0.92	
drySeason(false) + TAX + Education	saveRainyEducationTax	washingMachine()	0.65		16
		house()	1.54		
		tap()	4.4		
		rainWater	0.3		
		shortShower()	0.9		

		wasteRainyEducationTax	washingMachineWaste()		0.92	4
	drySeason(true) + TAX + Education	saveDryEducationTax	washingMachine()	1.2		7
			tap()	4.4		
		wasteDryEducationTax	longShower()		1.01	4
			washingMachineWaste()		0.92	
			house()		1.54	
Superior Completo	drySeason(false)	saveRainySeason	hose()	-1.54		30
			washingMachine()	1.2		
			shortShower()	2.27		
		wasteRainySeason	washingMachineWaste()		0.22	12
	drySeason(true)	saveDrySeason	shortShower()	2.27		12
			washingMachine()	1.2		
			tap()	4.4		
		wasteDrySeason	house()		1.54	26
	drySeason(false) + education	saveRainyEducation	washingMachine()	1.2		68
			shortShower()	2.4		
			tap()	4.4		
		wasteRainyEducation	washingMachineWaste()		0.22	6
	drySeason(true) + Education	saveDryEducation	washingMachine()	1.2		12
			tap()	4.4		
			house()	1.54		
		wasteDryEducation	longShower()		1.48	9
	drySeason(false) + TAX	saveRainyTax	tap()	4.4		44
washingMachine()			1.2			
rainWater			0.3			
	wasteRainyTax	washingMachineWaste()		0.56	9	
drySeason(true) + TAX	saveDryTax	house()	1.54		12	

		washingMachingClothes	0.85		
	wasteDryTax	longShower()		1.48	12
		washingMachineWaste()		0.56	
drySeason(false) + TAX + Education	saveRainyEducationTax	washingMachine()	0.65		47
		house()	1.54		
		tap()	4.4		
	wasteRainyEducationTax	washingMachineWaste()		0.56	6
drySeason(true) + TAX + Education	saveDryEducationTax	washingMachine()	1.2		6
		house()	1.54		
		shortShower()	2.27		
		tap()	4.4		
	wasteDryEducationTax	longShower()		1.48	6
	washingMachineWaste()		0.56		

✓ BDI RENDA MÉDIA

Escolaridade	CRENÇA	OBJETIVO	PLANO DE AÇÃO	Economiza	Desperdiça	NUM AGENTS (%)	
Fundamental Completo	drySeason(false)	saveRainySeason	hose()	1.54		25	
		wasteRainySeason	washingMachineWaste()		0.6	19	
	drySeason(true)	saveDrySeason	hose()	1.54		19	
			washingMachine()	1.2			
			tap()	4.4			
		wasteDrySeason	longShower()			2.08	81
		drySeason(false) + education	saveRainyEducation	hose()	1.54		50
	tap()			4.4			
	washingMachineClothes()			0.6			
		wasteRainyEducation	house()			1.54	13
			washingMachineWaste()			0.6	
	drySeason(true) + Education	saveDryEducation	hose()	1.54		19	
			washingMachine()	1.2			
			tap()	4.4			
		wasteDryEducation	longShower()			2.08	19
	house()				1.54		
	drySeason(false) + TAX	saveRainyTax	tap()	4.4		44	
			washingMachineclothes()	0.92			
shortShower()			0.67				
	wasteRainyTax	longShower()			1.3	13	
drySeason(true) + TAX	saveDryTax	washingMachine()	1.2		19		
		tap()	4.4				

		wasteDryTax	house()	1.54	56
			longShower()	2.08	
	drySeason(false) + TAX + Education	saveRainyEducationTax	washingMachineClothes()	0.6	50
			tap()	4.4	
			shortShower()	0.67	
		wasteRainyEducationTax	longShower()	1.3	19
	drySeason(true) + TAX + Education	saveDryEducationTax	washingMachine()	1.2	13
			house()	1.54	
			tap()	4.4	
		wasteDryEducationTax	washingMachineWaste()	0.92	13
			longShower()	2.08	
	Médio Completo	drySeason(false)	saveRainySeason	hose()	-1.54
washingMachine()				1.2	
wasteRainySeason			washingMachineWaste()	0.71	18
drySeason(true)		saveDrySeason	washingMachine()	1.2	6
			tap()	4.4	
			washingMachineClothes()	0.71	
		wasteDrySeason	longShower()	1.7	20
			hose()	1.54	
drySeason(false) + education		saveRainyEducation	hose()	-1.54	34
			tap()	4.4	
			rainWater	0.3	
			shortShower()	0.67	
	washingMachine()		1.2		
	wasteRainyEducation	washingMachineWaste()	0.71	6	
drySeason(true) + Education	saveDryEducation	washingMachine()	1.2	22	
		tap()	4.4		

	wasteDryEducation	longShower()		1.7	14	
drySeason(false) + TAX	saveRainyTax	tap()	4.4		42	
		house()	1.54			
		washingMachine()	1.2			
		rainWater	0.3			
	wasteRainyTax	longShower()		1.3		6
		washingMachineWaste()		0.83		
drySeason(true) + TAX	saveDryTax	washingMachine()	1.2		16	
		washingMachineClothes()	0.83			
		shortShower()	2.5			
		tap()	4.4			
	wasteDryTax	longShower()		1.7		22
		washingMachineWaste()		0.83		
drySeason(false) + TAX + Education	saveRainyEducationTax	washingMachine	1.2		38	
		house()	1.54			
		tap()	4.4			
		rainWater	0.3			
		shortShower()	0.67			
	wasteRainyEducationTax	longShower()		1.3		6
drySeason(true) + TAX + Education	saveDryEducationTax	tap()	4.4		14	
		shortShower()	2.5			
	wasteDryEducationTax	longShower()		1.7		4
Sperior Completo	drySeason(false)	saveRainySeason	washingMachine()	1.2	42	
		wasteRainySeason	washingMachineWaste()		0.76	18
	longShower()			0.9		
	drySeason(true)	saveDrySeason	shortShower()	2.2		15

		washingMachine()	1.2			
		tap()	4.4			
		rainWater	0.3			
	wasteDrySeason	longShower()		1.4	21	
		house()		1.54		
		washingMachineWaste()		0.76		
	drySeason(false) + education	saveRainyEducation	washingMachine()	1.2	49	
			tap()	4.4		
		wasteRainyEducation	washingMachineWaste()		0.76	7
	drySeason(true) + Education	saveDryEducation	washingMachine()	1.2	10	
			tap()	4.4		
		wasteDryEducation	house()		1.54	10
			longShower()		1.4	
	drySeason(true) + TAX	saveRainyTax	tap()	4.4	40	
			washingMachine()	1.2		
		wasteRainyTax	house()		1.54	12
			longShower()		0.9	
	washingMachineWaste()			0.76		
	drySeason(false) + TAX	saveDryTax	washingMachine()	1.2	48	
			tap()	4.4		
		wasteDryTax	house()		1.54	4
longShower()				0.9		
washingMachineWaste()				0.82		
drySeason(false) + TAX + Education	saveRainyEducationTax	washingMachine()	0.82	58		
		house()	1.54			
		tap()	4.4			
		shortShower()	0.45			
	wasteRainyEducationTax	washingMachineWaste()		0.82	3	

	drySeason(true) + TAX + Education	saveDryEducationTax	washingMachine()	1.2		10
			tap()	4.4		
			shortShower()	0.45		
		wasteDryEducationTax	washingMachineWaste()		0.82	4
			longShower()		1.4	
			house()		1.54	

✓ BDI RENDA ALTA

Escolaridade	CRENÇA	OBJETIVO	PLANO DE AÇÃO	Economiza	Desperdiça	NUM AGENTS (%)
Médio Completo	drySeason(false)	saveRainySeason	hose()	-1.54		25
			washingMachine()	1.2		
			tap()	4.4		
		wasteRainySeason	washingMachineWaste()		1.25	38
	drySeason(true)	saveDrySeason	shortShower()	2.92		25
			washingMachine()	1.2		
			tap()	4.4		
			house()	1.54		
		wasteDrySeason	longShower()		1.95	18
	washingMachineWaste()			1.25		
	drySeason(false) + education	saveRainyEducation	tap()	4.4		37.50
			rainWater	0.3		
		wasteRainyEducation	longShower()		1.3	
	washingMachineWaste()			1.25		
	drySeason(true) + Education	saveDryEducation	washingMachine()	1.2		38
			shortShower()	2.92		
			house()	1.54		
			tap()	4.4		
		wasteDryEducation	washingMachineWaste()		1.25	25
	longShower()			1.95		
drySeason(true) + TAX	saveDryTax	washingMachine()	1.2		25	
		house()	1.54			
		shortShower()	2.92			
		tap()	4.4			

		wasteDryTax	longShower()		1.95	38		
			washingMachineWaste()		0.5			
	drySeason(true) + TAX + Education	saveDryEducationTax	tap()	4.4		25		
				shortShower()	2.92			
				wachingMachine	0.5			
				house()	1.54			
		wasteDryEducationTax	washingMachineWaste()		1.25	38		
				longShower()			1.95	
Superior Completo		saveRainySeason	washingMachineClothe()	1.16		27		
		wasteRainySeason	house()		1.54	14		
		drySeason(true)	saveDrySeason	shortShower()	1.38		9	
					washingMachine()	1.2		
					tap()	4.4		
					washingMachineClothe()	1.16		
			wasteDrySeason	longShower()		2.01	41	
		drySeason(false) + education	saveRainyEducation	washingMachine()	1.2		32	
					tap()	4.4		
					house()	1.54		
			wasteRainyEducation	washingMachineWaste()		1.16	14	
		drySeason(true) + Education	saveDryEducation	washingMachine()	1.2		18	
					shortShower()	1.38		
					wachingMachineClothe()	1.16		
					tap()	4.4		
		wasteDryEducation	house()		1.54	14		
				longShower()			2.01	
	drySeason(true) + TAX	saveRainyTax	tap()	4.4		14		
					shortShower()		1.38	

		house()	1.54		
		washingMachine()	1.2		
	wasteRainyTax	longShower()		2.01	23
drySeason(false) + TAX	saveDryTax	house()	1.54		23
		shortShower()	0.9		
	wasteDryTax	house()		1.54	14
drySeason(false) + TAX + Education	saveRainyEducationTax	washingMachine()	1.2		27
		tap()	4.4		
	wasteRainyEducationTax	house()		1.54	14
		washingMachineWaste()		0.26	
drySeason(true) + TAX + Education	saveDryEducationTax	washingMachine()	1.2		23
		tap()	4.4		
		washingMachineClothe()	0.26		
		shortShower()	1.38		
	wasteDryEducationTax	longShower()		2.01	14
		house()		1.54	