

ODD Protocol

1. Overview

1.1. Purpose

O modelo baseado em agentes possui como propósito investigar o efeito de estratégias coletivas de tomada de decisão durante o período de seca mediante diferentes cenários de disponibilidade hídrica nos padrões de volume consumido de água para irrigação em agentes que respondem de forma heterogênea aos instrumentos regulatórios implementados na bacia.

O presente modelo teve como motivação a aplicação de uma metodologia de gestão de conflitos por uso de água na bacia hidrográfica do rio Formoso (BHF), localizada no estado do Tocantins. Assim, a representação do raciocínio dos agentes irrigantes ilustrados no presente modelo possui foco em uma modelagem comportamental.

O MBA proposto é parte de um *framework* baseado em uma abordagem sócio-hidrológica em que se integram os resultados gerados do MBA a um modelo hidrológico para avaliação do efeito de diferentes cenários avaliados na disponibilidade hídrica.

Os padrões utilizados para avaliar o propósito do modelo foram definidos como a variabilidade observada nos valores de consumo de água total de acordo com os diferentes cenários implementados.

1.2. Entities, state variables, and scales

Foram executados cenários de agentes reflexivos e agentes BDI, com um arquivo para cada grupo de cenários. O arquivo do modelo de agentes BDI foi derivado do primeiro, porém com algumas alterações e adições, que serão mais bem explicadas ao longo do presente Protocolo.

O MBA de estudo foi desenvolvido considerando-se quatro agentes:

Agente Global

Corresponde ao ambiente modelado, incluindo dados georreferenciados (feições de rios, bombas, áreas de irrigação, sistema de canais de irrigação), tabelas de identificação de agentes, definição de cenários, e funções gerais de caráter global ao modelo.

Algumas variáveis dinâmicas intrínsecas à simulação foram definidas:

- Ciclo de simulação (*cycle*): variável dinâmica do tipo inteiro. Representa o contador de ciclos de simulação.
- Número da simulação (*n_sim*): variável dinâmica do tipo inteiro. Representa o contador da simulação total, com todos os ciclos.
- Data atual (*current_date*): variável dinâmica do tipo data. Representa a data atual.

Duas variáveis dinâmicas do tipo booleana correspondem a critérios de data da regra de uso de água foram definidas:

- Critério de data 1 (*aux_date_07*): verifica se a data atual (*current_date*) é igual ou maior à data da regra de atenção/amarela (*attention_date*). Caso seja, a variável é verdadeira; senão, é falsa.

- Critério de data 2 (*aux_date_08*): verifica se a data atual (*current_date*) é igual ou maior à data da regra de restrição/vermelha (*restriction_date*). Caso seja, a variável é verdadeira; senão, é falsa.

As variáveis *attention_date* e *restriction_date* são estáticas do tipo data e correspondem aos dias 01 de julho e 01 de Agosto, respectivamente.

Similarmente, uma variável dinâmica do tipo float correspondente ao nível de água atual (*current_level*) é definida. Utiliza-se uma matriz (*level_series*) de três colunas, com elementos do tipo float, sendo cada coluna correspondente a uma disponibilidade hídrica (seca, média e úmida), e cada linha representando um passo de tempo do modelo. Assim, o cenário de disponibilidade hídrica varia de acordo com a coluna selecionada, uma variável estática do tipo inteira (*col_level*).

Tal variável de nível é utilizada para avaliar duas variáveis dinâmicas do tipo booleana que correspondem a critérios de nível da regra de uso de água:

- Critério de nível 1 (*aux_level_yellow*): verifica se o nível atual (*current_level*) é igual ou maior ao nível da regra de atenção/amarela (*yellow_level*). Caso seja, a variável é verdadeira; senão, é falsa.
- Critério de nível 2 (*aux_level_red*): verifica se o nível atual (*current_level*) é igual ou maior ao nível da regra de restrição/vermelha (*red_level*). Caso seja, a variável é verdadeira; senão, é falsa.

As variáveis *yellow_level* e *red_level* são estáticas do tipo float.

Todas as variáveis relacionadas às regras de uso foram baseadas em diretivas definidas pelo Plano do Biênio 2018-2019 (IAC, 2018).

Algumas variáveis estáticas são definidas para o cálculo da retirada de água, realizado pelo agente Pump:

- Limites de retirada (*limits_withdrawal*): variável do tipo matriz contendo elementos do tipo inteiro. As colunas 1 e 2 da matriz contém para cada linha um número inteiro, em ordem crescente.

Algumas variáveis são definidas com finalidade de caracterizar temporalmente o modelo:

- Contador quinzenal (*twoweeks_count*): variável dinâmica do tipo inteiro, que varia de 0 a 7 (8 quinzenas no total).
- Número de dias da simulação (*nb_days*): variável estática do tipo inteiro, corresponde ao número de dias da estação seca.
- Data inicial (*starting_date*): variável estática do tipo data, correspondente ao primeiro dia da estação seca.

Nos cenários BDI com efeito de vizinhança, são definidas no agente Global uma lista de agentes Farmer para cada grupo de demanda (definido nos agentes Pump e Farmer como *demand_g*):

- Lista de agentes Farmer em D1 (*mygroup1*): variável estática do tipo lista de agentes do agente Farmer cujo atributo *demand_g* é igual a D1.
- Lista de agentes Farmer em D2 (*mygroup2*): variável estática do tipo lista de agentes do agente Farmer cujo atributo *demand_g* é igual a D2.

- Lista de agentes Farmer em D3 (*mygroup3*): variável estática do tipo lista de agentes do agente Farmer cujo atributo *demand_g* é igual a D3.

Por fim, define-se uma variável dinâmica do tipo lista com elementos do tipo float, que coleta o valor de retirada de água a cada passo de tempo para cada agente do tipo Pump (*all_pumps_daily_withdrawal*).

Pump

Agentes do tipo Pump correspondem às bombas de irrigação no ambiente modelado. Cada bomba é operada e possuída por um agente Farmer, o qual pode operar e possuir uma ou mais bombas (agente Pump).

Agentes Pump possuem como atributos:

- Identificação do agente (*p_id*): variável estática do tipo inteiro que identifica a bomba.
- Identificação do agente Farmer (*f_id*): variável estática do tipo inteiro para identificar o dono da bomba.
- Grupo de demanda (*demand_g*): variável estática do tipo string que representa o grupo de demanda ao qual a bomba pertence (D1, D2 ou D3). Definido com base em Volken *et al.* (2022).
- Perfil de cooperatividade (*f_profile*): variável estática do tipo string que representa o perfil comportamental do agente Farmer a quem pertence a bomba. Pode assumir os seguintes valores: NC (Não-Cooperativo), CP (Cooperativo-Prático) ou CI (Cooperativo-Indeterminado).
- Matriz de probabilidade (*prob_matrix*): variável estática adimensional do tipo matriz de variáveis float que varia de acordo com o perfil do agente. Cada índice da matriz representa uma probabilidade de que a retirada diária do agente assuma um valor no intervalo.
- Lista de probabilidade (*p_list*): Lista de probabilidade extraída da matriz de probabilidade correspondente à quinzena corrente.
- Índice de intervalo (*interval_index*): variável dinâmica do tipo inteiro em que é escolhido o índice de *limits_withdrawal* a partir dos pesos em *p_list*.
- Limites inferior e superior do intervalo selecionado (*a* e *b*): variável dinâmica do tipo inteiro correspondentes ao valor da primeira e segunda coluna da variável global de *limits_withdrawal* na linha *interval_index* correspondente.
- Retirada diária de água (*daily_withdrawal*): variável dinâmica do tipo float, em unidade de metros cúbicos. Definida a partir da matriz de probabilidade do perfil, do limite de retirada e do contador quinzenal correspondente.

Farmer

Representam os agentes humanos irrigantes. São definidos diferentes tipos de agentes Farmer no modelo, representados por três perfis de cooperatividade.

Agentes Farmer possuem como atributos:

- Identificação do agente (*f_id*): variável estática do tipo inteiro que identifica o irrigante.

- Grupo de demanda (*demand_group*): variável estática do tipo string que representa o grupo de demanda ao qual o irrigante pertence (D1, D2 ou D3). Definido com base em Volken *et al.* (2022).
- lista de bombas possuídas (*owned_pumps*): variável estática do tipo lista de agentes do agente Pump.
- Número de bombas possuídas (*nb_pumps*): variável estática do tipo inteiro. Representa o número de bombas possuídas.
- Perfil de cooperatividade (*profile*): variável estática do tipo string. Pode assumir os seguintes valores: NC (Não-Cooperativo), CP (Cooperativo-Prático) ou CI (Cooperativo-Indeterminado).
- Retirada total diária por irrigante (*f_daily_withdrawal*): variável dinâmica do tipo float, em unidade de metros cúbicos. Definida como a soma da retirada diária de todas as bombas possuídas pelo agente Farmer.

Para o caso de agentes Farmer com raciocínio BDI, são introduzidas ainda bases de crenças, desejos e intenções, as quais são definidas por variáveis dinâmicas do tipo predicado. São elas:

- Ativação da regra de atenção (*trigger_attention_rule*): Indica que a regra de atenção deve ser obedecida ("*Attention rule must be obeyed*");
- Ativação da regra de restrição (*trigger_restriction_rule*): Indica que a regra de restrição deve ser obedecida ("*Restriction rule must be obeyed*");
- Obedecimento da regra de restrição (*obey_restriction_rule*): Indica que o agente está obedecendo a regra de restrição ("*I am obeying the restriction rule*").

Para os cenários de efeito de vizinhança, inclui-se uma lista de agentes Farmer correspondentes ao grupo de demanda (*my_group*), de onde calcula-se uma variável estática do tipo float, definida como a proporção de agentes de perfil NC e CP (*n_NC* e *n_CP*, respectivamente) ao longo de seu grupo de demanda. Tais variáveis podem ativar os predicados definidos na arquitetura BDI referente à predominância de um certo perfil no grupo de demanda:

- Indicativo de maioria de agentes do tipo NC no grupo de demanda (*most_NC*): ("*Most are NC in my group*");
- Indicativo de maioria de agentes do tipo CP no grupo de demanda (*most_CP*): ("*Most are CP in my group*");

Regulator

Representa a entidade reguladora de recursos hídricos no modelo.

Para cenários BDI, possui duas datas de fiscalização como variáveis estáticas do tipo data, correspondentes às datas da regra de atenção e de restrição.

Como bases de crenças, desejos e intenções, as variáveis dinâmicas do tipo predicado são:

- Crença de ativação da regra de atenção (*attention_rule*): Indica que a regra de atenção deve ser obedecida ("*Attention rule must be obeyed*");
- Crença de ativação da regra de restrição (*restriction_rule*): Indica que a regra de restrição deve ser obedecida ("*Restriction rule must be obeyed*");

Além dos agentes detalhados acima, algumas agentes auxiliares foram definidas para a representação da interface gráfica: Hidro, Land e Channel, representando as feições georreferenciadas de rios, áreas de irrigação e canais de irrigação, respectivamente.

Quanto às escalas, foram utilizadas as seguintes definições:

- Temporal: um passo de tempo representa um dia. Uma simulação corresponde a uma estação seca (123 dias). Cada simulação foi executada com 1000 repetições.
- Espacial: bidimensional, em escala de bacia hidrográfica, representada pela bacia de estudo (bacia hidrográfica do rio Urubu).

1.3. Process overview and scheduling

Para os cenários de agentes reflexivos, os processos são executados na seguinte ordem:

1. O experimento de simulações do tipo batelada (*batch*) é executado.
2. No agente Global, define-se o estado inicial da simulação:
 - a. São criadas as agentes Pump, Farmer e Regulator:
 - b. Define-se o cenário de simulação.
 - c. Calculam-se as variáveis n_{CP} e n_{NC} .
 - d. Executam-se os submodelos de atualização das variáveis de estado: *current_date*, *twoweeks_count*, *aux_date_07*, *aux_date_08*.
3. As variáveis de estado dos agentes são atualizadas:
 - a. Os agentes Pump atualizam suas variáveis *p_list*, *interval_index*, *a*, *b*, *daily_withdrawal* através de um submodelo de atualização da retirada diária (*update_withdrawal*).
 - b. Os agentes Farmer atualizam sua variável de estado *f_daily_withdrawal*.
4. Salvam-se as variáveis globais: *cycle*, *n_sim*, *current_date* e *all_pumps_daily_withdrawal* como dado de saída em um arquivo .csv em uma pasta de resultados.

Para os cenários de agentes BDI, adiciona-se o parâmetro de controle do raciocínio dos agentes Pump, Farmer e Regulator (*control: simple_bdi*). Além disso, são adicionadas algumas ações:

- Em 1., a coluna do arquivo de entrada de nível d'água (*col_level*), a qual reflete a disponibilidade hídrica, é definida de acordo com o cenário de simulação;
- Em 2., executa-se também a atualização da variável *current_level*, *aux_level_yellow*, e *aux_level_red*.
- O agente Regulator atualiza as suas variáveis de estado de crença (*attention_rule* e *restriction_rule*)
- Em 3., são atualizadas as variáveis dos agentes:
 - Farmer: *trigger_attention_rule*, *trigger_restriction_rule*, *obey_restriction_rule*.
 - Pump: O submodelo *update_withdrawal* do agente é alterada por uma verificação da existência da crença de *trigger_attention_rule* ou *trigger_restriction_rule* para executar a regra de diminuição ou interrupção de retirada, de acordo com o perfil.
 - Regulator: *restriction_rule*, *attention_rule*.

Para os cenários de agentes BDI com efeito de vizinhança, adiciona-se uma função que verifica a existência da crença de predominância de CP (*most_CP*) ou NC (*most_NC*), que por sua vez atualiza o perfil dos agentes CI e das bombas CI.

2. Design Concepts

2.1. Basic principles

Os perfis cooperativos dos irrigantes (NC, CP e CI) foram identificados a partir de análise de frequência de transmissão dos dados de retirada, os quais foram confrontados com uma classificação provinda de entrevista com especialistas que mantém contato com os irrigantes na Bacia de estudo (BHF).

Os padrões de retirada de cada um dos três perfis foram gerados a partir de uma modelagem estatística dos dados de retirada que constam no sistema GAN (GAN, 2022).

Para os cenários com agentes de raciocínio reflexivo, estes foram implementados seguindo o padrão de retirada de um dos três perfis, sem introdução de regras de uso da água e baseado apenas na repetição do padrão advindo dos dados observados.

Para o cenário com agentes de raciocínio BDI, os agentes CP (cooperativo-proativo) foram definidos como sendo completamente obedientes às regras de uso de água. Agentes NC (não-cooperativo) foram identificados como sendo completamente desobedientes quanto às regulações. Já agentes CI (cooperativo-indeterminado) foram assumidos como sendo um meio-termo entre os comportamentos extremos (CP e NC).

Assim, para os cenários de agentes BDI com efeito de vizinhança, considera-se que somente os agentes de perfil CI poderiam estar inclinados a sofrer mudança em seu perfil. Assim, os agentes CI têm seu perfil e a matriz de probabilidade correspondente alterados, de modo que passam a assumir o perfil predominante identificado (NC ou CP) no seu grupo de demanda.

A regra de uso de restrição (*restriction_rule*) é definida como a interrupção total de retirada de água pelo agente. Já a regra de uso de atenção (*attention_rule*) é definida como uma redução de 50% do padrão de retirada do agente.

2.2. Emergence

Os resultados de retirada diária são elementos que emergem, em suma, do comportamento do agente Farmer, que por sua vez influencia-se pelo seu perfil e pelo estado do ambiente.

2.3. Adaptation

O comportamento adaptativo dos agentes Farmer evidencia-se nos cenários BDI e de vizinhança, em que a base de crenças do agente influencia-se pelo estado do ambiente (cenário de disponibilidade hídrica representada pela coluna da matriz de nível d'água), pelo perfil cooperativo do agente e pelo perfil predominante em seu grupo de demanda. Nesse sentido, os agentes CP e NC são, respectivamente, completamente cooperativos e não cooperativos com as regras de uso, ao passo que os agentes CI necessitam que todos os critérios de ativação da regra sejam verdadeiros para assim cumpri-las.

Essa influência se dá no submodelo de atualização da retirada de água do agente Pump (*update_withdrawal* (2)) pela existência ou não das variáveis *trigger_restriction_rule* e

trigger_attention_rule. Já o agente Farmer possui influência no submodelo *reflex_neigh*, em que se verifica a existência da crença *most_CP* ou *most_NC*.

2.4. Sensing

As seguintes variáveis do agente Farmer são adotadas como sendo perfeitamente detectadas pelo agente Pump correspondente ao dono da bomba (*pump_owner*): *profile*, e a base de conhecimento BDI (*trigger_attention_rule*, *trigger_restriction_rule*, *obey_restriction_rule*).

Quanto ao agente Farmer, a variável *daily_withdrawal* é perfeitamente detectada para as suas bombas possuídas (*owned_pumps*).

2.5. Interaction

Para os cenários de efeito de vizinhança, implementa-se uma interação indireta, mediada por um submodelo existente no agente Global.

2.6. Stochasticity

De modo a evidenciar a estocasticidade intrínseca do comportamento dos agentes Farmer, utiliza-se para a definição da variável *interval_index* (agente Pump) uma função que escolhe de forma aleatória o índice do elemento cujo peso de probabilidade corresponde ao valor do mesmo índice em *p_list*.

Assim, foram executadas 1000 repetições para cada um dos cenários de simulação, visando a retratar a variabilidade de possibilidades representada pela matriz de probabilidade.

2.7. Observation

Os dados de saída do modelo são analisados em função da variável global *all_pumps_daily_withdrawal*, gerando um arquivo .csv para cada cenário executado. Assim, cada arquivo possui o número de linhas correspondente a *nb_days* * número de simulações, o número de colunas correspondente à quantidade de agentes do tipo Pump.

A partir desse arquivo, em um programa externo, os dados são tratados para geração de gráficos do tipo boxplot. Os dados resultantes do passo 4 da seção de Visão Geral do Processo são ordenados em função de cada simulação (0 a 999) e de cada ciclo (0 a 122), havendo então 1000 repetições de uma simulação de 123 ciclos. Para cada ciclo de simulação (dia), somam-se os resultados diários de todas as bombas.

Para os cenários reflexivo, plotam-se boxplots quinzenais do somatório diária de retirada de todas as bombas, dado que a cada dia da quinzena corresponde um mesmo padrão de retirada. Já para os resultados dos cenários BDI podem também ser plotados boxplots diários, em função da variabilidade de comportamento.

Não foram introduzidos nesse modelo os conceitos de objetivo, aprendizado e previsão.

3. Details

3.1. Initialization

A inicialização de agentes e valores iniciais de variáveis é realizada no agente Global.

Os agentes do tipo Pump são definidos a partir de um arquivo do tipo shapefile das bombas que existem na bacia de estudo. Esse mesmo shapefile possui uma tabela de atributos com a identificação do irrigante que possui a bomba (*f_id*), grupo de demanda (*demand_g*) e perfil de cooperatividade (*profile*). O presente modelo cria 37 agentes Pump.

O agente Farmer é criada a partir da listagem sem repetição dos elementos de *f_id*. O presente modelo cria 24 agentes Farmer.

A partir de uma matriz introduzida como dado de entrada, relaciona-se cada bomba (*p_id*) a um agente Farmer (*f_id*), onde são definidos os perfis, grupos de demanda e área de irrigação dos agentes Farmer. Além disso, definem-se a variável *owned_pumps* para o agente Farmer, e a variável *pump_owner* para os agentes Pump.

A partir do perfil de cada agente Pump (*profile*), é definida a sua matriz de probabilidade (*prob_matrix*) correspondente.

O agente Regulator é criada sem dados de entrada pré-definidos.

Como estado inicial para as variáveis do agente Global, são definidas com base no Plano do Biênio 2018-2019 (IAC, 2018):

- *starting_date*: 01 de Maio de 2020, correspondente ao primeiro dia da estação seca.
- *current_date*: *starting_date*
- *current_level*: 500 (em cm)
- *nb_days*: 123 (em dias)
- *yellow_level*: 398 (em cm)
- *red_level*: 220 (em cm)

Como parâmetros para execução dos experimentos em batelada, são usados:

- Número de repetições: 1000.
- Critério de parada: quando o ciclo de simulação atinge *nb_days* + 1.
- A semente de geração de números aleatórios é mantida.

De modo geral, foram estudados três grupos de cenários: agentes com raciocínio reflexivo, agentes com raciocínio BDI, e agentes com raciocínio BDI com efeito de vizinhança. Levou-se em conta que a introdução de medidas regulatórias pode influenciar o comportamento dos usuários e por consequência, modificar a distribuição dos perfis observada na bacia de estudo (Akhbari e Grigg, 2013).

De acordo com cada cenário, foram testadas configurações de outorga individual e coletiva, esta última sendo considerada a partir da adesão total dos agentes Farmer a um perfil em comum (100% CP, CI ou NC).

Além disso, nos cenários BDI foram introduzidas as variáveis relacionadas a disponibilidade hídrica, variando-se a coluna (*col_level*) do arquivo de níveis d'água de acordo com o cenário de disponibilidade.

3.2. Input Data

As variáveis usadas como dado de entrada, assim como a fonte e unidade estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Variáveis utilizadas como dado de entrada, unidades e fonte.

Variável	Unidade	Fonte
<i>shapefile_pumps</i>	-	GAN (2022) e metodologia da dissertação
<i>farmers_data</i>	-	GAN (2022) e metodologia da dissertação
<i>limits_withdrawal</i>	m ³	Metodologia da dissertação
<i>prob_CI</i>	adimensional	Metodologia da dissertação
<i>prob_NC</i>	adimensional	Metodologia da dissertação
<i>prob_CP</i>	adimensional	Metodologia da dissertação
<i>level_series</i>	cm	Estação 26798500, GAN (2022)

As fontes identificadas como metodologia da dissertação estão apresentadas na seção “Parametrização do MBA: Representação do padrão de retirada dos irrigantes”.

Submodel

Os submodelos utilizados no agente Global relacionam-se à atualização de algumas variáveis a cada ciclo (1 dia):

- *current_date*: adiciona um dia.
- *current_level*: percorre uma linha da matriz de entrada *level_series* a cada ciclo (1 dia).
- *aux_date_07* e *aux_date_08*: atualizadas em função da atualização de *current_date*.
- *aux_level_yellow* e *aux_level_red*: atualizadas em função da atualização de *current_level*.
- *twoweeks_count*: atualizada a cada 15 ciclos, adicionando uma unidade.

Também se realiza no agente Global o submodelo de atribuição da vizinhança, que define o grupo dos agentes Farmer (*my_group*) e das variáveis *n_CP* e *n_NC*. A atribuição ‘PEDIR A’ significa que o agente atual Global) está acessando um atributo de outro tipo de agente (nesse caso, todos os agentes do tipo Farmer).

Submodelo de atribuição da vizinhança

PEDIR A Farmer:

SE *demand_g* = D1, ENTÃO:

my_group = *mygroup1*

SENÃO, SE *demand_g* = D2, ENTÃO:

my_group = *mygroup2*

SENÃO, SE *demand_g* = D3, ENTÃO:

my_group = *mygroup3*

n_CP = COMPRIMENTO DA LISTA (*my_group* ONDE *profile* DE CADA ELEMENTO DA LISTA = CP) / COMPRIMENTO DA LISTA *my_group*

n_nc = COMPRIMENTO DA LISTA (*my_group* ONDE *profile* DE CADA ELEMENTO DA LISTA = NC) / COMPRIMENTO DA LISTA *my_group*

Os agentes Farmer possuem submodelos de atribuição das crenças (*assign_beliefs*). O submodelo *assign_beliefs* é implementando da seguinte forma:

Submodelo *assign_beliefs*

SE *profile* = CP, ENTÃO:

SE *aux_date_08* OU *aux_level_red*, ENTÃO :

ADICIONA CRENÇA *trigger_restriction_rule*

SENÃO, SE *aux_date_07* OU *aux_level_yellow*, ENTÃO :

ADICIONA CRENÇA *trigger_attention_rule*

SENÃO, SE *perfil* = CI, ENTÃO:

SE *aux_date_08* E *aux_level_red*, ENTÃO :

ADICIONA CRENÇA *trigger_restriction_rule*

SENÃO, SE *aux_date_07* E *aux_level_yellow*, ENTÃO:

ADICIONA CRENÇA *trigger_attention_rule*

Também nos agentes Farmer, para implementação do efeito de vizinhança são utilizados dois submodelos (*my_neighbours* e *neigh_effect*).

Submodelo *my_neighbours*

SE $n_{NC} > n_{CP}$, ENTÃO:

ADICIONA CRENÇA *most_NC*

SENÃO, SE $n_{CP} > n_{NC}$, ENTÃO:

ADICIONA CRENÇA *most_CP*

Submodelo *neigh_effect*

SE *profile* = CI, ENTÃO:

SE POSSUI CRENÇA *most_NC*, ENTÃO:

profile = NC

PEDIR A *owned_pumps*:

prob_matrix = *prob_NC*

f_profile = NC

SENÃO, SE POSSUI CRENÇA *most_CP*, ENTÃO:

profile = CP

PEDIR A *owned_pumps*:

prob_matrix = *prob_CP*

$$f_profile = CP$$

Já os agentes Pump possuem um submodelo de atualização da variável de retirada diária de água (*update_withdrawal*):

Submodelo *update_withdrawal* (1)

p_list = COLUNA EM *prob_matrix* CORRESPONDENTE A *twoweeks_count*

interval_index = ESCOLHA ALEATÓRIA EM *p_list*

a = ELEMENTO NA LINHA *interval_index* COLUNA 1 DE *limits_withdrawal*

b = ELEMENTO NA LINHA *interval_index* COLUNA 2 DE *limits_withdrawal*

RETORNAR NÚMERO ALEATÓRIO NO INTERVALO (a,b)

No caso de cenários BDI, o submodelo de *update_withdrawal* é modificado para:

Submodelo *update_withdrawal* (2)

p_list = COLUNA EM *prob_matrix* CORRESPONDENTE A *twoweeks_count*

interval_index = ESCOLHA ALEATÓRIA EM *p_list*

a = ELEMENTO NA LINHA *interval_index* COLUNA 1 DE *limits_withdrawal*

b = ELEMENTO NA LINHA *interval_index* COLUNA 2 DE *limits_withdrawal*

daily_withdrawal = NÚMERO ALEATÓRIO NO INTERVALO (a,b)

PEDIR A *pump_owner*:

SE POSSUI CRENÇA *trigger_restriction_rule*, ENTÃO:

RETORNAR 0.0

SENÃO, SE POSSUI CRENÇA *trigger_attention_rule*, ENTÃO:

RETORNAR $0.5 * daily_withdrawal$

SENÃO,

RETORNAR *daily_withdrawal*