

**MINISTÉRIO DA DEFESA  
EXÉRCITO BRASILEIRO  
SECRETARIA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA  
CURSO DE MESTRADO EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO**

**WAGNER TANAKA BOTELHO**

**UM SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO E ADAPTAÇÃO PERVASIVO  
PARA A CASA INTELIGENTE UTILIZANDO SISTEMAS  
MULTIAGENTES**

**Rio de Janeiro  
2005**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA**

**WAGNER TANAKA BOTELHO**

**UM SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO E ADAPTAÇÃO  
PERVASIVO PARA A CASA INTELIGENTE UTILIZANDO  
SISTEMAS MULTIAGENTES**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas e Computação do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sistemas e Computação.

Orientador: Prof. Paulo F. F. Rosa - Ph.D.

Co-orientador: Prof. Antonio E. C. da Cunha - Dr.Eng.

Rio de Janeiro  
2005

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA  
Praça General Tibúrcio, 80-Praia Vermelha  
Rio de Janeiro-RJ CEP 22290-270

Este exemplar é de propriedade do Instituto Militar de Engenharia, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmар ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es) e do(s) orientador(es).

006.337 Botelho, Wagner T.

B748 Um Sistema de Identificação e Adaptação Pervasivo para a Casa Inteligente Utilizando Sistemas Multiagentes / Wagner Tanaka Botelho. - Rio de Janeiro : Instituto Militar de Engenharia, 2005.  
174 p.: il, graf., tab.

Dissertação (mestrado) - Instituto Militar de Engenharia- Rio de Janeiro, 2005

1. Inteligência Artificial Distribuída. 2. Casa Inteligente. 3. Sistemas Multiagentes. I. Botelho, Wagner T. II. Instituto Militar de Engenharia. III. Título.

CDD 006.337

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

WAGNER TANAKA BOTELHO

UM SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO E ADAPTAÇÃO PERVASIVO  
PARA A CASA INTELIGENTE UTILIZANDO SISTEMAS  
MULTIAGENTES

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas e Computação do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sistemas e Computação.

Orientador: Prof. Paulo F. F. Rosa - Ph.D.

Co-orientador: Prof. Antonio E. C. da Cunha - Dr.Eng.

Aprovada em 14 de fevereiro de 2005 pela seguinte Banca Examinadora:

---

Prof. Paulo F. F. Rosa - Ph.D. do IME - Presidente

---

Prof. Antonio E. C. da Cunha - Dr.Eng. do IME

---

Prof<sup>a</sup>. Maria das Graças Bruno Marietto - D.Sc. do IBTA

---

Prof<sup>a</sup>. Cláudia Maria Garcia de Oliveira - Ph.D. do IME

---

Prof. Ricardo Choren Noya - D.Sc. do IME

Rio de Janeiro  
2005

A Deus que iluminou o meu caminho para finalizar este trabalho, aos meus pais José Wagner e Bene e a minha irmã Kilça, que sempre me incentivaram e apoiaram em todos os momentos de minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por guiar-me nas decisões e por colocar em meu caminho excelentes oportunidades de crescimento pessoal e profissional como esta.

Aos meus pais, José Wagner Botelho e Benedita Tanaka Botelho, minha irmã Kilça Tanaka Botelho, que são as pessoas mais importantes na minha vida. Tenho muito a agradecer a essas pessoas maravilhosas que sempre me deram forças e me apoiaram para que eu possa crescer e conseguir alcançar os meus objetivos.

Ao meu professor orientador, Prof. Paulo F. F Rosa e co-orientador Prof. Antonio Eduardo Carrilho da Cunha, não apenas pela orientação, mas pela paciência e atenção prestada durante o desenvolvimento desse trabalho. Agradeço ao Prof. Paulo Rosa pela confiança e indicação para eu fazer o doutorado no Japão.

Aos meus ex-professores da graduação Prof<sup>a</sup>. Conceição Butera, Prof. Eugène Uwi-mana, Prof<sup>a</sup>. Ivanilde Herrero F. Saad, Prof. Leonardo Sousa Silva e Prof. Mauro Conti Pereira. A Prof<sup>a</sup>. Maria das Graças Bruno Marietto que sempre se colocou a disposição a me ajudar desde a época da graduação. A todos esses professores obrigado pelos incentivos e apoios prestados.

Agradeço a todos os amigos que consegui fazer neste período, em especial, ao Cícero Nogueira, Evandro Goulart, Fábio Suim Chagas e Márcio Dutra que sempre estiveram comigo me ajudando e dando força e coragem para o término desta etapa. Ao Sandro Santos de Lima, que tem o seu trabalho relacionado ao meu e participou com novas idéias juntamente com a sua esposa Veruska Castro Martins de Lima para a conclusão desse trabalho. Passamos várias madrugadas escrevendo os artigos e discutimos diversas vezes sobre este projeto.

A Capes, pelo apoio financeiro concedido ao longo do curso.

A todos os funcionários e professores do departamento de engenharia de sistemas do IME (SE/9), meu enorme agradecimento e admiração.

*Wagner Tanaka Botelho*

“Projetistas fazem canais, arqueiros airam flechas, artífices modelam a madeira e o barro, o homem sábio modela-se a si mesmo.” (BUDA GAUTAMA SAKYAMUNI)

# SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	11
LISTA DE TABELAS .....	17
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS .....	18
LISTA DE SIGLAS .....	18
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>2 A CASA INTELIGENTE .....</b>	<b>24</b>
2.1 A Casa Inteligente .....	24
2.2 Trabalhos Relacionados .....	25
<b>3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA .....</b>	<b>29</b>
3.1 Descrição Geral do Sistema .....	29
3.2 Descrição das Funcionalidades do Sistema .....	33
3.2.1 Identificação dos Ocupantes .....	34
3.2.2 Adaptação dos Cômodos .....	34
3.2.3 Monitorar, Ajustar a Luminosidade e Temperatura de um Cômodo e Atualizar as Preferências .....	35
3.2.4 Consumo de Energia .....	36
3.2.4.1 Consumo de Energia para Iluminação .....	36
3.2.4.2 Consumo de Energia para Condicionador de Ar .....	37
3.2.5 Acionamento do Sistema de Refrigeração ou Aquecimento .....	38
3.2.6 Acionamento do Sistema de Iluminação .....	38
3.2.7 Modificar o Modo de Segurança .....	39
<b>4 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL DISTRIBUÍDA .....</b>	<b>41</b>
4.1 Agentes .....	42
4.1.1 Agentes Reativos .....	43
4.1.2 Agentes Cognitivos .....	44
4.2 Resolução Distribuída de Problemas (RDP) .....	45
4.3 Sistemas Multiagentes (SMA) .....	46
4.3.1 Sistemas Multiagentes Reativos .....	47

4.3.2	Sistemas Multiagente Cognitivos .....	48
4.4	Comunicação em Sistemas Multiagentes .....	48
4.4.1	Atos de Fala.....	48
4.4.2	KQML .....	49
4.4.3	Protocolos de Comunicação .....	53
4.4.3.1	Tipos de Protocolos .....	53
4.5	SACI .....	58
4.6	Modelo de Sociedade do SACI .....	59
4.7	Arquitetura do SACI .....	60
4.7.1	Entrando e Saindo de Sociedades .....	60
4.7.2	Enviando e Recebendo Mensagens .....	60
4.7.3	Anunciando Habilidades .....	61
<b>5</b>	<b>ARQUITETURA SMA PARA A CASA INTELIGENTE .....</b>	<b>63</b>
5.1	Arquitetura da Casa Inteligente .....	63
5.1.1	Agente Interface do Cômodo (Ag_Interface) .....	64
5.1.1.1	Agente Rede Neural (Ag_Redeneural) .....	65
5.1.1.2	Agente Identificação (Ag_Identificacao) .....	66
5.1.1.3	Agente Luminosidade (Ag_Luminosidade).....	68
5.1.1.4	Agente Temperatura (Ag_Temperatura) .....	68
5.1.1.5	Agente Consumo de Energia (Ag_ConsEnergia).....	69
5.1.1.6	Agente Externo (Ag_Externo) .....	69
<b>6</b>	<b>METODOLOGIAS ORIENTADAS A AGENTES .....</b>	<b>70</b>
6.1	Prometheus .....	70
6.2	Tropos.....	72
6.3	MaSE .....	74
<b>7</b>	<b>MODELAGEM UTILIZANDO A METODOLOGIA MASE E UML</b>	<b>76</b>
7.1	Diagrama de Caso de Uso .....	76
7.1.1	Adaptar Cômodo à Entrada de Morador Identificado .....	77
7.1.2	Adaptar Cômodo à Entrada de Novo Morador .....	79
7.1.3	Adaptar Cômodo à Entrada de Visitante .....	82
7.1.4	Acionar Segurança à Entrada de Invasores .....	84
7.1.5	Monitorar Ações do Ambiente Externo e Ajustar Temperatura ou Luminosidade .....	85

7.1.6	Monitorar Ações do Morador e Atualizar Preferências de Temperatura e Luminosidade .....	87
7.1.7	Monitorar Ações do Visitante e Alterar o Valor da Luminosidade ou Temperatura .....	88
7.1.8	Modificar Modo de Segurança .....	89
7.1.9	Controle do Consumo de Energia por Cômodo .....	89
7.1.10	Acionar o Sistema de Refrigeração ou de Aquecimento .....	91
7.1.11	Adaptar Cômodo à Saída do Morador .....	91
7.1.12	Adaptar Cômodo à Saída de Visitante .....	94
7.1.13	Informar Saída de Invasor .....	96
7.2	Diagrama de Objetivos .....	97
7.3	Aplicação dos Casos de Uso .....	99
7.3.1	Adaptar Cômodo à Entrada de Morador Identificado .....	100
7.4	Refinamento de Papéis .....	100
<b>8</b>	<b>RESULTADOS EXPERIMENTAIS</b> .....	<b>106</b>
8.1	Sistema da Casa Inteligente .....	106
8.2	Ilustração de Alguns Casos de Uso/Cenários .....	110
8.2.1	Adaptar Cômodo à Entrada de Novo Morador .....	110
8.2.2	Monitorar Ações do Morador e Atualizar Preferências de Temperatura e Luminosidade .....	111
8.2.3	Acionar Segurança à Entrada de Invasores .....	113
8.3	Banco de Dados do Sistema .....	113
8.3.1	Tabela Dados_Sensor .....	115
8.3.2	Tabela Comodos .....	115
8.3.3	Tabela Ocupantes .....	116
8.3.4	Tabela Preferencias_Mora .....	116
8.3.5	Tabela Preferencias_Ocup .....	116
8.3.6	Tabela Acessos_Moradores .....	117
8.3.7	Tabela Acessos_Visitantes .....	117
8.3.8	Tabela Acessos_Invasores .....	118
8.3.9	Tabela Modo_Seguranca .....	118
8.3.10	Tabela ConsEnergia_Temp .....	118
8.3.11	Tabela ConsEnergia_Lumin .....	119
8.4	Utilização do SACI no Sistema da Casa Inteligente .....	119

<b>9</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	122
9.1	Comentários Gerais.....	122
9.2	Trabalhos Futuros .....	122
<b>10</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	124
<b>11</b>	<b><u>APÊNDICES</u></b> .....	128
11.1	APÊNDICE 1: Diagrama de Objetivos .....	129
11.2	APÊNDICE 2: Diagrama de Seqüências .....	135
11.3	APÊNDICE 3: Diagrama de Papéis .....	146
11.4	APÊNDICE 4: Refinamento de Papéis - Papéis, Tarefas e Objetivos .....	150
11.5	APÊNDICE 5: Refinamento de Papéis - Diagrama de Tarefas Concorrentes .	154

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIG.3.1	Visão Geral do Sistema. ....	29
FIG.3.2	Descrição Geral da Identificação do Morador Identificado. ....	31
FIG.3.3	Descrição Geral da Identificação do Visitante. ....	32
FIG.3.4	Descrição Geral da Identificação do Invasor. ....	32
FIG.3.5	Posições do Dimmer. ....	36
FIG.3.6	Acionar Sistema de Refrigeração ou Aquecimento. ....	39
FIG.3.7	Modificar Modo de Segurança. ....	39
FIG.4.1	Agentes Interagem com o Ambientes por Meio de Sensores e Atuadores. ....	42
FIG.4.2	Arquitetura de um Agente Reativo. ....	44
FIG.4.3	Arquitetura de um Agente Cognitivo. ....	45
FIG.4.4	Modelagem RDP (MARIETTO, 2000). ....	45
FIG.4.5	Modelagem SMA (MARIETTO, 2000). ....	46
FIG.4.6	Camadas da Linguagem KQML. ....	49
FIG.4.7	Estrutura de uma Mensagem KQML. ....	51
FIG.4.8	Mensagem KQML - Performativa <i>ask-one</i> . ....	51
FIG.4.9	Mensagem KQML - Performativa <i>tell</i> . ....	51
FIG.4.10	Protocolo de Registro. ....	54
FIG.4.11	Protocolo de Anúncio. ....	55
FIG.4.12	Protocolo de Consulta. ....	56
FIG.4.13	Protocolo de Contrato de uma Tarefa. ....	57
FIG.4.14	Protocolo do Desempenho de uma Tarefa. ....	58
FIG.4.15	Ciclo de Vida de um Agente. ....	59
FIG.4.16	Exemplo de Ambiente SACI. ....	60
FIG.4.17	Serviço de Páginas Brancas. ....	61
FIG.4.18	Serviço de Páginas Amarelas. ....	62
FIG.5.1	Arquitetura SMA - Sociedade de Agentes. ....	64
FIG.5.2	Arquitetura SMA - Agente Quarto. ....	64
FIG.6.1	Fases e Passos da Metodologia MaSE (WOOLDRIDGE, Seattle - WA, 1999). ....	75

FIG.7.1	Diagrama de Caso de Uso - Adaptar Cômodo à Entrada de Morador Identificado. ....	78
FIG.7.2	Diagrama de Caso de Uso - Adaptar Cômodo à Entrada de Novo Morador. ....	80
FIG.7.3	Diagrama de Caso de Uso - Adaptar Cômodo à Entrada de Visitante. ....	83
FIG.7.4	Diagrama de Caso de Uso - Acionar Segurança à Entrada de Invasores. ....	85
FIG.7.5	Diagrama de Caso de Uso - Monitorar Ações do Ambiente Externo e Ajustar Temperatura ou Luminosidade. ....	86
FIG.7.6	Diagrama de Caso de Uso - Monitorar Ações do Morador e Atualizar Preferências de Temperatura e Luminosidade. ....	87
FIG.7.7	Diagrama de Caso de Uso - Monitorar Ações do Visitante e Alterar o Valor da Luminosidade e/ou Temperatura. ....	88
FIG.7.8	Diagrama de Caso de Uso - Modificar Modo de Segurança. ....	89
FIG.7.9	Diagrama de Caso de Uso - Controle do Consumo de Energia por Cômodo. ....	90
FIG.7.10	Diagrama de Caso de Uso - Acionar o Sistema de Refrigeração ou de Aquecimento. ....	91
FIG.7.11	Diagrama de Caso de Uso - Adaptar Cômodo à Saída de Morador. ....	92
FIG.7.12	Diagrama de Caso de Uso - Adaptar Cômodo à Saída de Visitante. ....	94
FIG.7.13	Diagrama de Caso de Uso - Informar Saída de Invasor. ....	96
FIG.7.14	Diagrama de Objetivos - 1.1 Identificar e Localizar Ocupantes nos Cômodos. ....	98
FIG.7.15	Diagrama de Seqüência - Adaptar Cômodo à Entrada de Morador Identificado. ....	101
FIG.7.16	Extrato do Diagrama de Papéis. ....	102
FIG.7.17	Diagrama de Tarefas Concorrentes - Solicitar Modo de Segurança. ....	105
FIG.8.1	Interface Principal para a Criação dos Cenários. ....	106
FIG.8.2	Interface para Modificar o Modo de Segurança. ....	107
FIG.8.3	Interface com Informações sobre o Cômodo. ....	108
FIG.8.4	Cenário - Adaptar Cômodo à Entrada de Novo Morador. ....	111
FIG.8.5	Cenário - Monitorar Ações do Morador e Atualizar Preferências de Temperatura e Luminosidade. ....	112

FIG.8.6	Cenário - Acionar Segurança à Entrada de Invasores. ....	113
FIG.8.7	Banco de Dados do Sistema da Casa Inteligente. ....	114
FIG.8.8	DER do Sistema da Casa Inteligente. ....	115
FIG.8.9	Serviço de Páginas Amarelas Desenvolvido no Sistema da Casa Inteligente. ....	120
FIG.8.10	Mensagem KQML - Anunciando a Habilidade de Identificar a En- trada do Ocupante. ....	120
FIG.8.11	Mensagem KQML - Solicitando ao Facilitador quem tem a Habili- dade de Identificar a Entrada do Ocupante. ....	121
FIG.8.12	Mensagem KQML - Facilitador Informa o Agente Responsável pela Habilidade Solicitada. ....	121
FIG.11.1	Diagrama de Objetivos - 1.2 Adaptar um Determinado Cômado de Acordo com as Preferências dos Ocupantes (Morador Identificado, Novo Morador ou Visitante. ....	129
FIG.11.2	Diagrama de Objetivos - 1.3 (a) Monitorar um Determinado Côm- modo. ....	130
FIG.11.3	Diagrama de Objetivos - 1.3 (b) Monitorar um Determinado Côm- modo. ....	131
FIG.11.4	Diagrama de Objetivos - 1.3 (c) Monitorar um Determinado Côm- modo. ....	132
FIG.11.5	Diagrama de Objetivos - 1.4 Informar Consumo de Energia. ....	133
FIG.11.6	Diagrama de Objetivos - 1.5 Modificar o Modo de Segurança da Casa (Verde, Amarelo ou Vermelho) e 1.6 Acionar Polícia ou Firma de Segurança ....	134
FIG.11.7	Diagrama de Seqüência - Adaptar Cômado à Entrada de Novo Morador. ....	135
FIG.11.8	Diagrama de Seqüência - Adaptar Cômado à Entrada de Visitante. ....	136
FIG.11.9	Diagrama de Seqüência - Acionar Segurança à Entrada de Invaso- res. ....	137
FIG.11.10	Diagrama de Seqüência - Monitorar Ações do Ambiente Externo e Ajustar Temperatura ou Luminosidade. ....	138
FIG.11.11	Diagrama de Seqüência - Monitorar Ações do Morador e Atualizar Preferências de Temperatura ou Luminosidade. ....	139

FIG.11.12 Diagrama de Seqüência - Monitorar Ações do Visitante e Alterar o Valor da Temperatura ou Luminosidade. ....	140
FIG.11.13 Diagrama de Seqüência - Controle do Consumo de Energia por Cômodo. ....	141
FIG.11.14 Diagrama de Seqüência - Acionar o Sistema de Refrigeração ou de Aquecimento. ....	142
FIG.11.15 Diagrama de Seqüência - Adaptar Cômodo à Saída de Morador. ....	143
FIG.11.16 Diagrama de Seqüência - Adaptar Cômodo à Saída de Visitante. ....	144
FIG.11.17 Diagrama de Seqüência - Informar Saída de Invasor. ....	145
FIG.11.18 Diagrama de Papéis (a) - Ag_ Externo, Ag_ ConsEnergia e Ag_ Luminosidade. ....	146
FIG.11.19 Diagrama de Papéis (b) - Ag_ RedeNeural e Ag_ Interface. ....	147
FIG.11.20 Diagrama de Papéis (c) - Ag_ Identificacao. ....	148
FIG.11.21 Diagrama de Papéis (d) - Ag_ Temperatura. ....	149
FIG.11.22 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Dados da Passada do Ocupante e a Localização. ....	154
FIG.11.23 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Identificação do Ocupante para Associação e a Localização. ....	155
FIG.11.24 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Valor da Luminosidade e o Cômodo (Dados do Sensor). ....	156
FIG.11.25 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Valor do Termostato e o Cômodo (Dados do Sensor). ....	157
FIG.11.26 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Alterar a Posição do <i>Dimmer</i> . ....	158
FIG.11.27 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Alterar o Valor do Termostato. ...	159
FIG.11.28 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar a Posição do <i>Dimmer</i> (Dados do Morador). ....	160
FIG.11.29 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Valor do Termostato (Dados do Morador). ....	161
FIG.11.30 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Acionar o Sistema de Refrigeração. ....	162
FIG.11.31 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Acionar o Sistema de Aquecimento. ....	163
FIG.11.32 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber Dados do Sensor de	

Passos. ....	164
FIG.11.33 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Morador Não Identificado e a Localização. ....	165
FIG.11.34 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Morador Identificado e a Localização. ....	166
FIG.11.35 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber Identificação para Associação e a Localização. ....	167
FIG.11.36 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Identificação e a Localização do Ocupante (Saída). ....	168
FIG.11.37 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Solicitar Preferências do(s) Ocupante(s). ....	169
FIG.11.38 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber Identificação e Localização do Ocupante. ....	170
FIG.11.39 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar o Valor do Termostato. ....	171
FIG.11.40 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar o Valor da Luminosidade. ....	172
FIG.11.41 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Solicitar Identificação do Último Morador. ....	173
FIG.11.42 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Identificação do Novo Morador. ....	174
FIG.11.43 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Solicitar Preferências do(s) Ocupante(s) Presentes no Cômodo. ....	175
FIG.11.44 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Atualizar <i>Log</i> da Saída. ....	176
FIG.11.45 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Invasor e a Sua Localização. ....	177
FIG.11.46 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber o Valor do Termostato (Preferência). ....	178
FIG.11.47 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber o Valor do Termostato (Dados do Sensor) e o Cômodo. ....	179
FIG.11.48 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Solicitar Alteração no Valor do Termostato. ....	180
FIG.11.49 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Solicitar Atualização das Preferências de Temperatura. ....	181

FIG.11.50 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar o Valor do Termos- tato. ....	182
FIG.11.51 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Solicitar o Acionamento do Sistema de Refrigeração ou Aquecimento. ....	183
FIG.11.52 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber o Valor da Lumino- sidade (Preferência). ....	184
FIG.11.53 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber o Valor da Lumino- sidade (Dados do Sensor) e o Cômmodo. ....	185
FIG.11.54 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Solicitar Alteração na Posição do <i>Dimmer</i> . ....	186
FIG.11.55 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Solicitar Atualização das Pre- ferências de Luminosidade. ....	187
FIG.11.56 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar a Posição do <i>Di- mmer</i> . ....	188
FIG.11.57 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber o Valor do Termos- tato. ....	189
FIG.11.58 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber a Posição do <i>Dimmer</i> . ....	190
FIG.11.59 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar o Consumo de Ener- gia (Luminosidade ou Temperatura). ....	191
FIG.11.60 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Acionar Polícia ou Firma de Segurança. ....	192
FIG.11.61 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Modificar Modo de Segurança. ....	193
FIG.11.62 Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber Invasor e Localização. ....	194

## LISTA DE TABELAS

TAB.3.1	Especificações Técnicas do Condicionador de Ar (CONSUL, 2004). . . . .	38
TAB.4.1	Tabela de <i>performativas</i> . . . . .	52

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

### ABREVIATURAS

$X$  - potência gasta

$W$  - potência máxima

$pd$  - posição do dimmer

$kWh$  - quilo watt hora

*Consumo* - consumo mensal do condicionador de ar

$c_i$  - capacidade do aparelho condicionador de ar  $i$

$t_i$  - tempo de operação, em horas

$EER_i$  - eficiência do aparelho condicionador de ar  $i$

Ag\_Serviços - Agente que presta um determinado serviço

Ag\_Interfaces - Agente que está relacionado a um cômodo

Soc - Estrutura da sociedade de agentes

MBox - Componente entre um agente e uma sociedade

## LISTA DE SIGLAS

IA	Inteligência Artificial
IAD	Inteligência Artificial Distribuída
SMA	Sistemas Multiagentes
RDP	Resolução Distribuída de Problemas
UML	Unified Modelling Language
MaSE	Multi Agent System Engineering
ACL	Agent Communication Language
KSE	Knowledge Sharing Effort
SACI	Simple Agent Communication Infrastructure
KQML	Knowledge Query and Manipulation Language
DER	Diagrama de Entidade e Relacionamento
SGBD	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados

## RESUMO

A área da Inteligência Artificial Distribuída (IAD) é uma dentre diversas áreas, desenvolvidas nos últimos anos, pela constante busca por sistemas autônomos inteligentes. Surgiu, no início da década de 70, da junção entre as áreas de IA (Inteligência Artificial) e sistemas distribuídos. A casa inteligente proposta nesse trabalho tem como objetivo principal a sua adaptação com um mínimo de interferência dos moradores. Os moradores não precisarão digitar códigos em painéis de controle, serem observados por câmeras de vídeo presentes na casa, ou ficarem acionando dispositivos por meio de voz. A casa inteligente é um sistema composto por uma série de agentes que interagem e cooperam entre si, com o objetivo de fazer com que a mesma cumpra de maneira autônoma, as tarefas que nas casas convencionais ficam a cargo do morador. O cômodo é adaptado de acordo com as preferências de temperatura ou luminosidade, podendo-se monitorar o consumo de energia; e medidas de segurança serão tomadas quando um invasor entrar na casa. A arquitetura proposta neste trabalho possui duas camadas. Na primeira camada, o agente é responsável por informar a temperatura, a luminosidade atual e a entrada ou saída de um ocupante no cômodo. Além disso, qualquer alteração na temperatura ou luminosidade no cômodo é solicitada para este agente. Na segunda camada, encontram-se dois grupos de agentes. No primeiro grupo, os agentes recebem e informam as modificações necessárias nos cômodo. No segundo grupo, o agente é responsável por atualizar o modo de segurança e acionar a polícia ou firma de segurança quando um invasor entrar na casa. Uma característica importante nesta arquitetura é a possibilidade de acrescentar um agente sem a necessidade de modificar a arquitetura. Assim, o sistema é aplicável a diferentes configurações de instalações que podem ser além de casas, escritórios, hospitais, hotéis, etc. Neste projeto, combina-se uma metodologia orientada a agentes chamada MaSE com UML (Unified Modelling Language), juntamente com o software AgentTool, que é utilizado no desenvolvimento das etapas definidas na metodologia. A linguagem de programação JAVA, a linguagem de comunicação entre os agentes KQML, o banco de dados MySQL e o SACI, que é a ferramenta responsável pela comunicação entre os agentes, foram as tecnologias escolhidas para a implementação do sistema.

## ABSTRACT

The area of Distributed Artificial Intelligence (DAI) is one among several areas developed in the last years by the constant investigation for intelligent autonomous systems. It appeared in the beginning of the decade of 70, by the junction between Artificial Intelligence (AI) and distributed systems. The smart house proposed in this work has as main objective, the adaptation with a minimum of the residents' interference. The residents are not required to type codes in control panels, to be observed by video cameras in the house, or to set devices by voice. The smart house is a system composed of several cooperating agents, that act autonomously while performing tasks, which in conventional houses are done by the residents. The room is able to adapt its temperature and luminosity, to monitors the energy consumption; and security measures will be taken when an occupant is not identified by the system. The architecture proposed in this work has two layers. In the first layer, the agent is responsible to inform the current temperature, luminosity and when the occupant enters or exits the room. Furthermore, any temperature or luminosity modification in the room, is requested for this agent. In the second layer, there is a group of agents. In the first group, the agents receive and inform the necessary modifications in the room. In the second group, the agent is responsible to update the security mode and to set the police or security company, when one invader enters in the house. An important characteristic in this architecture is the possibility to increase an agent without the requirement to modify the architecture. The system is applicable to different rooms, for example, house, offices, hospitals, hotels, etc. In this work, combines the agent-oriented methodologies called MaSE and unified modelling language (UML), with the software AgentTool, that is used in the development of the steps defined by the methodology. The JAVA is the programming language used, KQML the communication language among the agents, MySQL is the database and saci is the software responsible for the communication among the agents; they were the chosen technologies for the development of the system.

# 1 INTRODUÇÃO

Com a evolução da tecnologia, os ambientes inteligentes estão sendo mais difundidos. A pesquisa relacionada com a casa inteligente se tornou um novo domínio de aplicação tecnológica que visa melhorar a qualidade de vida dos habitantes, reduzindo o trabalho doméstico e os diversos meios de consumo. A qualidade de vida está relacionada com a segurança, conforto, economia de energia, etc. A segurança tem como objetivo proteger as pessoas e pertences em casos de invasão, incêndio, etc. O conforto está relacionado com ações que podem ser feitas na casa para que a qualidade de vida do morador seja garantida. A economia de energia tem como objetivo evitar o desperdício.

O conceito de casa inteligente utilizado por muitas pessoas está relacionada com o acionamento de portas, janelas através de controle remoto, eletrodomésticos que são ativados por comando de voz, geladeiras que fazem compras no supermercado. O conceito de casa inteligente adotado em alguns projetos possui uma visão diferente do que será adotada nesse projeto. A principal preocupação é ter um sistema não invasivo e flexível, ou seja, o sistema será capaz de realizar diversas tarefas de acordo com as preferências dos moradores e a possibilidade de novas funções serem incorporadas, bastando desenvolver os agentes que controlem estas novas funções.

A casa proposta nesse trabalho tem como objetivo principal a adaptação de suas condições internas com um mínimo de interferência dos moradores. O cômodo é adaptado de acordo com as preferências de temperatura ou luminosidade, podendo-se monitorar o consumo de energia e medidas de segurança serão tomadas quando um invasor entrar na casa. Assim, os ocupantes não precisarão digitar códigos em painéis de controle, serem observados por câmeras de vídeo presentes na casa, ou ficarem acionando dispositivos por meio de voz. Os ocupantes serão identificados por um sensor de passos que agirá de forma não invasiva (NASCIMENTO, 2002; DELIMA, 2005; ROSA, 2004b).

A modelagem da casa inteligente do presente trabalho, foi desenvolvida para um sistema multiagente reativo, ou seja, baseia-se em eventos externos e em “pistas” deixadas pelos moradores, o que se analisam são os comportamentos externos dos agentes (ações).

A *casa inteligente* é um sistema composto por uma série de agentes que interagem e cooperam entre si, com o objetivo de fazer com que se cumpram, de maneira autônoma, as tarefas que nas casas convencionais ficam a cargo do morador. Um conjunto de agentes

presente na casa tem como função adaptar um determinado cômodo de acordo com as preferências de seus ocupantes.

Na arquitetura proposta, um agente corresponde a uma entidade da casa, por exemplo, quarto, sala, cozinha, etc. Na primeira camada, o agente é responsável por informar a temperatura, luminosidade atual e a entrada ou saída de um ocupante no cômodo. Além disso, qualquer alteração na temperatura ou luminosidade no cômodo é solicitada para este agente. Na segunda camada, encontram-se dois grupos de agentes. No primeiro grupo, os agentes recebem e informam as modificações necessárias nos cômodo. No segundo grupo, o agente é responsável por atualizar o modo de segurança e acionar a polícia ou firma de segurança quando um invasor entrar na casa. Essa arquitetura tem como característica a possibilidade de implementar o sistema em hotéis, hospitais, escritórios, etc.

Neste projeto combina-se a metodologia MASE (DELOACH, 2001b) que é orientada a agentes com a UML (Unified Modelling Language), juntamente com o AgentTool (DELOACH, 2001a), utilizado no desenvolvimento das etapas definidas na metodologia. A linguagem de programação JAVA, a linguagem de comunicação entre os agentes KQML, o banco de dados MySQL (MYSQL, 2004) e o SACI (HÜBNER, 2000) que é a ferramenta responsável pela comunicação entre os agentes, foram as tecnologias escolhidas para a implementação do sistema.

No Capítulo 2, o conceito de casa inteligente é apresentado, na Seção 2.2 apresenta-se alguns trabalhos relacionados, comparando com o sistema proposto neste projeto. No Capítulo 3, a descrição geral do sistema e suas funcionalidades são apresentados. No Capítulo 4, a área de Inteligência Artificial é apresentada juntamente com o conceito de agentes, sistemas multiagentes cognitivos e reativos, protocolos de comunicação, o SACI (*Simple Agent Communication Infrastructure*) que é a ferramenta que faz a comunicação entre os agentes e a linguagem KQML (*Knowledge Query and Manipulation Language*). No Capítulo 5, a arquitetura SMA e os agentes implementados na casa inteligente são apresentados. Algumas metodologias orientadas a agentes são apresentadas no Capítulo 6. A modelagem utilizando a metodologia MaSE (*Multi Agent System Engineering*) e UML *Unified Modelling Language*, é apresentada no Capítulo 7. Os resultados experimentais são apresentados juntamente com o banco de dados do sistema no Capítulo 8. No Capítulo 9, os comentários gerais, trabalhos futuros e os artigos e relatórios técnicos desenvolvidos durante o desenvolvimento dessa dissertação são apresentados.

## 2 A CASA INTELIGENTE

Neste capítulo apresenta-se alguns conceitos sobre a casa inteligente. Dois trabalhos relacionados são apresentados e comparados com o sistema proposto neste projeto.

Na Seção 2.1, o conceito de casa inteligente é apresentado, na Seção 2.2 traz uma comparação do sistema apresentado com outros projetos relacionados.

### 2.1 A CASA INTELIGENTE

O termo domótica, é uma fusão da palavra latina *domus* (casa) e robótica. O objetivo da domótica é melhorar a qualidade de vida, reduzindo o trabalho doméstico, aumentando o bem estar e a segurança de seus habitantes. Existe algumas expressões para o termo domótica, por exemplo, “*smart building*”, “*intelligent building*”, “edifícios inteligentes”, “casa inteligente”. Neste projeto a expressão utilizada será casa inteligente.

O conceito de casa inteligente utilizado por muitas pessoas está relacionado com o acionamento de portas, janelas através de controle remoto, identificação é feita através da impressão digital, da íris ou por comando de voz. O sistema de iluminação, aparelhos eletrônicos são acionados quando um sensor de presença detecta a entrada de uma pessoa no recinto. Uma conexão direta com a central de polícia é realizada quando o alarme for acionado. Para esses serviços são definidos um conjunto de tarefas programadas, não levando em conta as preferências ou hábitos dos moradores. O conceito de casa inteligente adotado em alguns projetos possui uma visão diferente do que será adotada nesse projeto. A principal preocupação é ter um sistema não invasivo e flexível, ou seja, o sistema será capaz de realizar diversas tarefas de acordo com as preferências dos moradores, onde os ocupantes não precisarão digitar códigos em painéis de controle, serem observados por câmeras de vídeo presentes na casa, ou ficarem acionando dispositivos por meio de voz.

A casa inteligente pode ser definida como sendo um ambiente composto por uma série de sistemas, que podem agir de forma centralizada ou descentralizada, buscando trazer conforto, segurança e praticidade através da realização de diversas tarefas que nas casas convencionais ficariam a cargo de seus moradores. Este comportamento é possível graças a um sistema pervasivo de computação - composto por uma rede de sensores, atuadores, equipamentos elétricos e por um sistema de controle - que permite à casa fazer a identificação de moradores, acompanhar sua movimentação pelo interior da casa

e manter-se sempre atualizada sobre diversos parâmetros dos cômodos, tais como: níveis de luminosidade, temperatura, presença de gases tóxicos, etc (DELIMA, 2005).

## 2.2 TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta seção será feita uma comparação com o trabalho proposto por DAVIDSSON (1998) e LESSER (1999).

O trabalho proposto por DAVIDSSON (1998) é um sistema multiagente que consiste numa coleção de *agentes de software* que monitoram e controlam um edifício comercial utilizando dispositivos elétricos (sensores e atuadores para as luzes, aquecimento, ventilação, etc). Os objetivos são a economia de energia, satisfação das pessoas e um sistema transparente, sem a necessidade das pessoas interagirem com o sistema. A economia de energia foi realizada apagando as luzes e diminuindo a temperatura do ambiente onde não existiam pessoas. A satisfação foi percebida quando a temperatura do ambiente e a intensidade de luz foram adaptadas de acordo com as preferências de cada pessoa. A identificação de uma pessoa dentro do edifício é através de um sistema de dispositivo ativo (crachá), que descobre automaticamente em qual sala cada pessoa está e adapta as condições do ambiente de acordo com as condições da pessoa identificada.

Algumas características foram definidas para o sistema proposto por DAVIDSSON (1998), como por exemplo, todos os ambiente sem pessoas mantém condições ambientais padronizadas, para ambientes comuns como corredores, a temperatura se mantém estável sem considerar as pessoas no ambiente e a luz só é acessa quando pelo menos uma pessoa estiver no ambiente. Se uma pessoa que nunca entrou no edifício resolver entrar, as condições ambientais não são afetadas (com exceção da luz que é ligada), para ambientes de reunião, a condição de temperatura é ajustada ao valor médio de todos os participantes e a intensidade da luz com o valor de preferência mais elevada, uma pessoa tem prioridade sobre o sistema, ou seja, ela pode desligar a luz mesmo se a sua preferência for com a luz ligada.

A interação com os dispositivos no nível de hardware, no projeto do DAVIDSSON (1998) é facilitado por uma infra-estrutura baseada na tecnologia LonWorks (ECHELON, 2004). Cada dispositivo elétrico do sistema está conectado por nós de hardwares para o sistema LonWorks, permitindo a troca de informações em cima da rede elétrica, ou seja, os dispositivos interagem e são controlados pelo sistema multiagente. Para que isso seja possível, existe uma interface que traduz mensagens entre o SMA e os comandos entendidos pelo LonWorks e vice-versa.

O SMA proposto por DAVIDSSON (1998), cada agente corresponde a uma entidade particular do edifício, por exemplo, escritório, sala de reuniões, corredor, pessoas, ou dispositivos elétricos. A ocorrência de eventos dentro do edifício, geram mensagens que são enviadas para os agentes. A linguagem de comunicação utilizada é KQML. Uma característica interessante no SMA, é a possibilidade de adicionar novos agentes sem a necessidade de interromper a operação normal do sistema. Foram definidos quatro categorias de agentes:

- **Agentes de Conforto Pessoal (PC):** onde cada agente corresponde a uma pessoa particular, e contém as preferências de cada pessoa;
- **Agentes de Ambiente:** cada agente controla um ambiente com o objetivo de economizar o máximo de energia possível;
- **Agentes de Parâmetro Ambiental (EP):** este agente controla os dispositivos de sensores e atuadores. O objetivo desse agente é alcançar ou manter o valor do parâmetro decidido pelo agente de ambiente;
- **Dispositivo do Agente de Sistema (BSA):** tem a localização de cada pessoa no edifício e mantém um banco de dados dos agentes de PC.

Os resultados obtidos com relação a economia de energia foi de 40%. A implementação física não foi feita, pois é necessário realizar simulações mais sofisticadas antes que o sistema seja testado no edifício comercial. Outros aspectos não estão sendo considerados, como a radiação do sol e variações da temperatura externa. Para que a implementação física seja feita, deve-se implementar a interface entre o sistema multiagente e os dispositivos físicos.

A forma de identificar um ocupante apresentado nesta dissertação é através do sensor de passos (NASCIMENTO, 2002; DELIMA, 2005), ao contrário do que foi apresentado por DAVIDSSON (1998), que utiliza um crachá como forma de identificação. Comparando essas duas formas, o sensor de passos pode ser implementado em qualquer ambiente, por exemplo, escritórios, hospitais, casas, escolas etc. A identificação por crachá é inviável em uma casa, pois uma pessoa não vai ficar de posse de um crachá na sua própria residência. Um outro ponto importante e muito comum, é a possibilidade de esquecer o crachá ou deixar de utilizar mesmo sendo obrigatório. Com a utilização do sensor de passos esses problemas não acontecem, pois o sistema é implementado em cada cômodo do ambiente. Uma outra característica apresentada nesta dissertação é a arquitetura

explicada na Seção 5.1, que também pode ser implementada em qualquer ambiente e utilizar qualquer forma de identificação, já que existe um agente em cada ambiente que pode receber os dados relacionados a identificação. A arquitetura proposta por DAVIDSSON (1998) também permite a implementação em outros ambientes, mas a forma de identificação não seria viável na casa inteligente.

Uma outra característica que não foi tratada por DAVIDSSON (1998), foi a questão da influência externa (luminosidade e temperatura) no cômodo, e isso é um dos critérios muito importantes que deveriam ser utilizados para se ter um resultado do consumo de energia muito maior do que foi apresentado por DAVIDSSON (1998). DAVIDSSON (1998) não tratou a questão da segurança, e isto é um diferencial importante que é tratado neste projeto. Com relação a representação dos ocupantes, DAVIDSSON (1998) trabalha com agentes cognitivos, e o trabalho proposto nesta dissertação tem uma abordagem reativa.

No artigo de LESSER (1999) o ambiente a ser simulado é controlado por agentes inteligentes que são associados a dispositivos particulares como uma cafeteira, aquecedor, ar-condicionado, lava-louças, agentes de outras aplicações, etc, e um robô que tem como objetivo buscar artigos e mover bens físicos de uma posição para outra. O agente de outras aplicações serve como suporte para outros dispositivos atualmente não modelados pelos agentes. Os seguintes agentes foram modelados: chuveiro, máquina de lavar louça, máquina de lavar, secador, aspirador de pó, televisão, aparelho do som, condicionador de ar, aquecedor, cafeteira, tanque com água quente, e os recursos da casa são: eletricidade (custo e máxima potência), água quente (gastos e temperatura) e ruídos. Todos os recursos e suas interações, as interações das tarefas, e as características de desempenho das ações são todas representadas e quantificadas no TÆMS (*Task Analysis, Environmental Modeling, and Simulation*), que é um *framework* independente do domínio, usado para representar formalmente aspectos de coordenação, representando tarefas hierárquicas, planejando ações, atividades candidatas e caminhos de soluções alternativas numa perspectiva quantificada. A casa inteligente proposta por LESSER (1999), consiste de quatro cômodos: um quarto, uma sala de estar, um banheiro e uma cozinha, ligados por um único corredor. A linguagem de comunicação entre os agentes utilizada é KQML. Nesta casa inteligente, parte-se do princípio da existência de uma tecnologia que identifica e monitora os indivíduos que se movem no ambiente, obtendo os perfis dos moradores, enquanto que o apresentado nesta dissertação os indivíduos que entrarem em um determinado cômodo da casa são identificados pelo sensor de passos (NASCIMENTO, 2002;

DELIMA, 2005).

Uma característica importante no trabalho apresentado por LESSER (1999), está no recurso de coordenação e seqüenciamento temporal das atividades dos agentes sobre recursos compartilhados, ou seja, um aquecedor, cafeteira e etc. Esses agentes podem raciocinar sobre as tarefas atribuídas e selecionar possíveis ações que são baseadas nas preferências dos ocupantes e na disponibilidade de recursos. Por exemplo, se a água quente está em falta, o agente lava-louças pode funcionar com água fria, podendo negociar a qualidade da solução para o consumo do recurso, ou o agente pode esperar até que a água quente se torne disponível. Além disso, esses agentes podem coordenar os recursos compartilhados como excesso de ruído, eletricidade, temperatura e a água quente. A arquitetura apresentada nesse artigo está relacionada aos eletrodomésticos ou aparelhos em geral como sendo um agente, ao contrário do que está sendo apresentado nesta dissertação que se preocupa em ter uma arquitetura SMA que possa além de controlar o aparelho de refrigeração e a luminosidade a possibilidade de acrescentar qualquer tipo de aparelho para ser monitorado e controlado, pela arquitetura proposta o agente interface é o responsável por esse controle e monitoramento.

### 3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Neste capítulo apresenta-se as características e funcionalidades para o sistema da casa inteligente.

Na Seção 3.1, faz-se uma descrição geral do sistema e na Seção 3.2, descrevem-se as suas funcionalidades.

#### 3.1 DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA

A casa inteligente possui diversos cômodos, para todos os cômodos, existe um conjunto de agentes autônomos capazes de decidir se uma determinada tarefa deve ser solucionada por um único agente ou em conjunto com outros agentes. O morador é identificado no cômodo em que entrar, assim o sistema realiza uma consulta no banco de dados onde estão armazenadas as suas preferências. Um conjunto de agentes presente na casa possui como função adaptar um determinado cômodo de acordo com as preferências de seus ocupantes. Para um conjunto de moradores que estiverem em um cômodo, o sistema calcula a média entre os moradores que definiram a sua opinião sobre as preferências de temperatura ou luminosidade. A FIG. 3.1 representa uma visão geral do sistema.

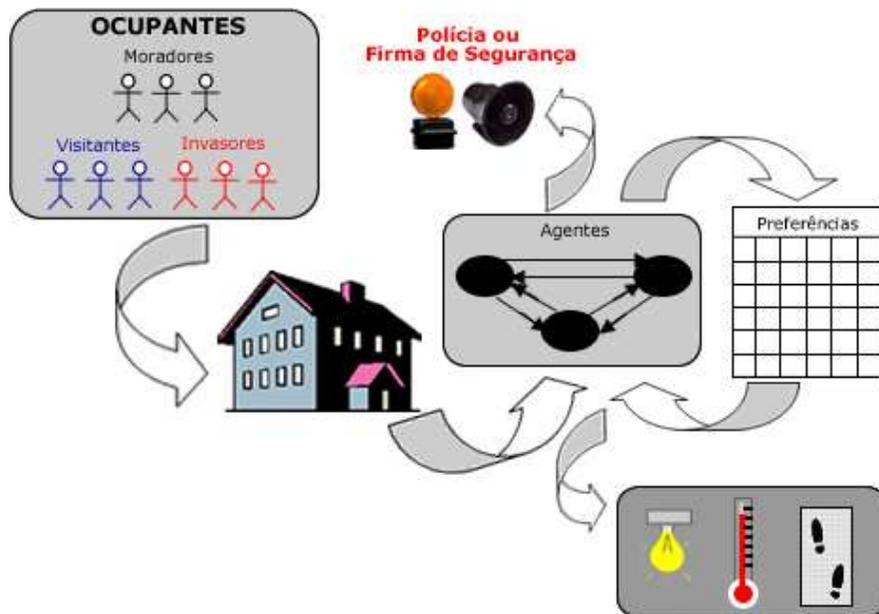


FIG 3.1: Visão Geral do Sistema.

O sistema proposto neste trabalho tem como objetivo principal adaptar um deter-

minado cômodo de acordo com as preferências de temperatura e luminosidade de um conjunto de ocupantes (moradores ou visitantes). Para que isso possa acontecer é necessário identificar e saber a sua localização.

A identificação do ocupante é feita a partir dos sensores de passo localizados nos pisos dos cômodos (NASCIMENTO, 2002; DELIMA, 2005; ROSA, 2004c). Dados das passadas dos ocupantes são coletados e processados por uma rede neural, que associa uma identificação aos dados da passada (NASCIMENTO, 2002; DELIMA, 2005; ROSA, 2004a). No sistema proposto, essa identificação se dá quando o ocupante entra e sai do cômodo, e um ocupante pode ser classificado como um morador, visitante ou invasor. Quando o sistema recebe uma identificação de passada nova, ela é associada a um novo morador, visitante ou invasor de acordo com o modo de segurança definido para o sistema. A firma de segurança atribuí para a casa um sinal de verde, amarelo ou vermelho. Este valor é setado no banco de dados pelo agente externo. Quando um ocupante não identificado entrar em um determinado cômodo, o agente identificação verifica o modo de segurança para identificar o novo ocupante. Se o modo de segurança for verde, a identificação de passadas é associada a um novo morador, amarelo, a um visitante e vermelho, a um invasor.

Para cada cômodo, o sistema adapta a temperatura e luminosidade de acordo com as preferências dos ocupantes pré-definidos no banco de dados, procura manter as suas preferências mesmo com a existência de influências do meio externo, acionando o aquecedor ou refrigerador e a iluminação, atualiza as preferências dos moradores identificados conforme alterações determinadas pelos ocupantes e faz um cálculo do consumo de energia baseado na manutenção da temperatura e da luminosidade.

Quando um ocupante não identificado entra no cômodo, o modo de segurança é solicitado. Se o modo for verde, esse ocupante é tratado como novo morador, sendo assim, ele recebe uma identificação para que, da próxima vez que entrar na casa, o sistema trate como morador identificado. A identificação de um morador é dada por um vetor de zeros e o número um ([100...]). A quantidade de número um (1) está relacionada com a quantidade de moradores no cômodo e cada número é uma identificação de um morador. A forma de identificar um novo morador pode ser observada na FIG. 3.2. Para este novo morador, o cômodo não é adaptado, pois este não possui preferências de temperatura ou luminosidade. Neste mesmo exemplo, se o modo de segurança for amarelo, o morador não identificado é tratado como visitante e se vermelho, é tratado como invasor e uma firma de segurança é acionada.

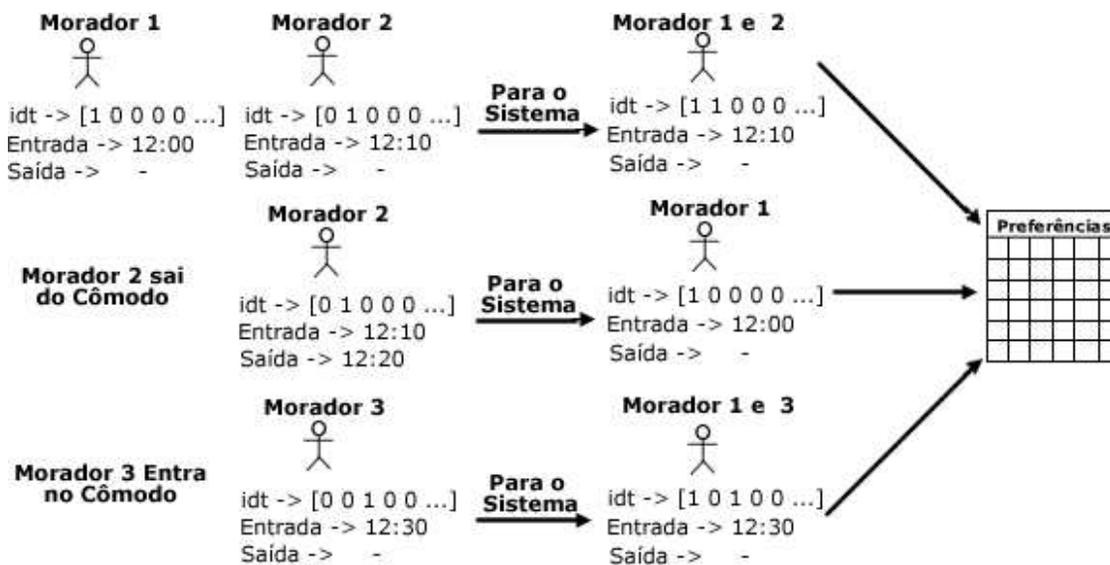


FIG 3.2: Descrição Geral da Identificação do Morador Identificado.

Para os visitantes, o sistema de identificação age diferente do que para o morador, para evitar que suas preferências interfiram na do(s) morador(es). Assim as preferências de luminosidade e temperatura do(s) visitante(s) são padronizadas. Quando um visitante entrar em um determinado cômodo, e não tiver nenhum morador identificado (morador tem preferência sobre um visitante), o sistema realiza uma consulta ao banco de dados com as preferências padrão do(s) visitante(s). A partir do segundo visitante que entrar no cômodo, o sistema não solicita uma nova adaptação, pois como foram definidos valores padrão de temperatura e luminosidade para um visitante e se o primeiro visitante que entrou no cômodo modificar a temperatura ou luminosidade no cômodo, na entrada do segundo os novos valores definidos pelo primeiro visitante seriam perdidos. Na saída do último visitante, e se não houver nenhum morador no cômodo, o sistema de luminosidade e temperatura é desligado. Observa-se na FIG. 3.3 um vetor de zeros e o número dois ([200...]), relacionado com a identificação do visitante. A quantidade de números dois está relacionada com a quantidade de visitantes no cômodo. Ao contrário do morador, a medida que vai saindo um visitante, a última identificação passa a ser zero, isto é, para o sistema não importa qual o visitante que saiu, mas sim a quantidade que está presente no cômodo.

Quando um invasor entrar em um determinado cômodo, o sistema deve acionar a polícia ou uma firma de segurança para que medidas de prevenção sejam tomadas contra o invasor. A identificação do invasor é definida por um vetor de zeros e números três ([3000...]). A quantidade de números três está relacionada com a quantidade de

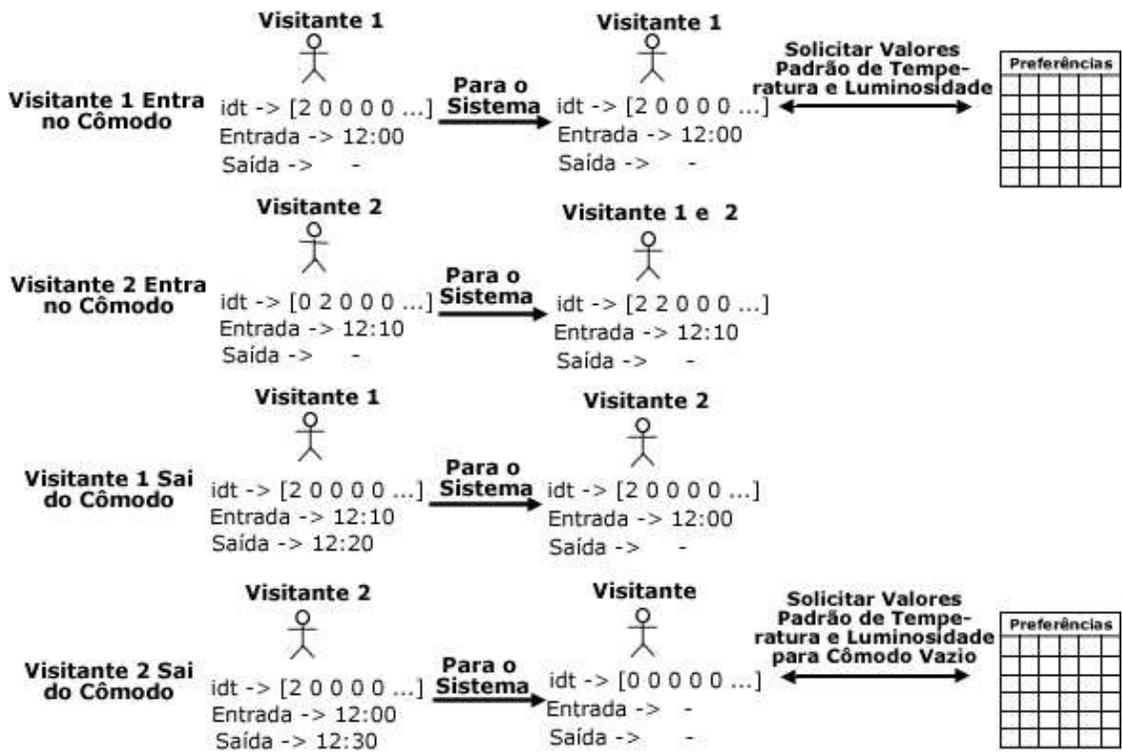


FIG 3.3: Descrição Geral da Identificação do Visitante.

invasores no cômodo. Da mesma forma que foi definido para um visitante, o sistema está considerando somente a quantidade de invasores e a sua localização no cômodo. As ações após a identificação do invasor são diferentes do morador e visitante, como mostra a FIG. 3.4.

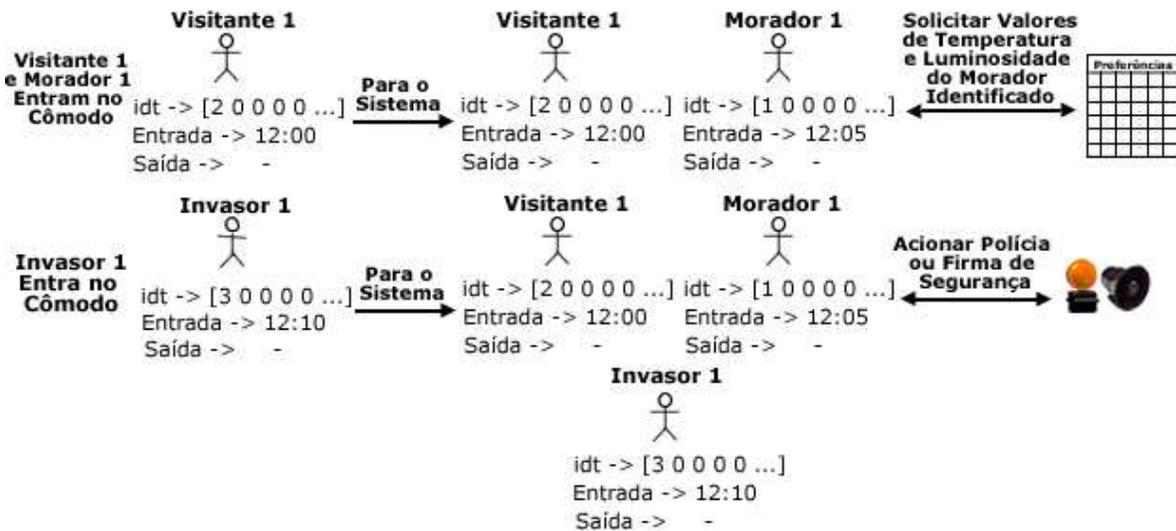


FIG 3.4: Descrição Geral da Identificação do Invasor.

Um morador identificado entra no cômodo em um determinado horário, e supondo

que o morador possua uma preferência de temperatura e luminosidade registrado para este horário, a adaptação é feita tendo como informação a localização e o horário da sua entrada. Supondo que o cômodo já está ocupado por um morador e um segundo morador entre no cômodo, o sistema passa a tratar esses dois moradores como se fosse um único. Neste caso podem ocorrer dois casos relacionados à adaptação:

- se os dois moradores possuem preferências de temperatura e luminosidade, o valor a ser utilizado para adaptar o cômodo é o resultado da média entre a preferências. Esses valores estão associados ao horário da entrada do segundo morador, pois foi com a entrada dele que o sistema passou a tratar esse caso. Então, o sistema solicita a preferência do primeiro morador no horário da entrada do segundo morador no cômodo, com esses dois valores é calculado a média e o cômodo é adaptado. Para este caso, independente do número de moradores identificados, sempre é calculado uma média entre os valores;
- se somente o segundo morador possuir preferência de temperatura ou luminosidade, este é o valor a ser utilizado. Para este caso, pode-se concluir que a média só será feita quando se tem mais de um morador com preferência registrada, ou seja, quem não tem opinião sobre a temperatura e luminosidade é descartado.

Se um morador resolve sair, o sistema verifica quais moradores permanecem no cômodo. Se estiver vazio, a temperatura e luminosidade será desligada. Caso exista um conjunto de moradores deve-se seguir as regras definidas no item anterior.

Influências externas podem modificar a temperatura e luminosidade de um determinado cômodo, por isso o sistema deve verificar os dados do sensor de luminosidade e temperatura. Quando alterações são percebidas, o cômodo deve ser ajustado para que a temperatura ou luminosidade esteja de acordo com as preferências do(s) morador(es) que estão ocupando o cômodo.

Se um morador modificar, por exemplo, a temperatura de um cômodo, os agentes do cômodo deverão atualizar as suas preferências, tendo como informação o horário que foi feita a modificação, para que da próxima vez que entrar essas novas preferências sejam utilizadas.

### 3.2 DESCRIÇÃO DAS FUNCIONALIDADES DO SISTEMA

A seguir segue um detalhamento de cada funcionalidade do sistema.

### 3.2.1 IDENTIFICAÇÃO DOS OCUPANTES

No sistema, a identificação é criada pela rede neural. Para fins de simulação dos casos de uso, a forma que diferencia as identificações dos moradores, visitantes e invasores é explicada na Seção 3.1.

### 3.2.2 ADAPTAÇÃO DOS CÔMODOS

O sistema adapta um determinado cômodo dependendo das preferências dos ocupantes. A adaptação é feita quando um ocupante entra ou sai de um cômodo da casa. Podem ocorrer os seguintes casos:

- **Adaptar o Cômodo à Entrada de Morador:** o sistema recebe a identificação do morador que entrou em um determinado cômodo da casa. Se esse morador definiu a sua preferência de temperatura ou luminosidade, o cômodo é adaptado de acordo com esses valores, caso contrário, o cômodo não é adaptado, pois o morador não definiu a sua opinião de temperatura ou luminosidade. Sempre que existir outros moradores no cômodo, o sistema calcula a média da temperatura ou luminosidade para os moradores que expressaram a sua opinião, conforme descrito na Seção 3.1;
- **Adaptar o Cômodo à Entrada de Novo Ocupante:** quando o sistema recebe a identificação de um novo ocupante, é necessário verificar o modo de segurança, pois dependendo desse modo, o ocupante pode ser tratado como novo morador, visitante ou invasor.
  - **Adaptar Cômodo à Entrada de Novo Morador:** quando o modo de segurança for verde, a identificação de um novo ocupante é associada a um novo morador. Neste caso o cômodo não é adaptado, pois o novo morador não expressou a sua opinião sobre a temperatura ou luminosidade a ser utilizada para adaptar o cômodo. Caso existam outros moradores no cômodo, a temperatura e/ou luminosidade utilizada não é associada ao novo morador. Por exemplo, se em um cômodo existem dois moradores e, em um determinado momento, entra um novo morador, é calculada uma média entre os moradores que já expressaram a sua opinião relacionada à temperatura ou luminosidade, descartando o novo morador;
  - **Adaptar Cômodo à Entrada de Visitante:** se o sistema de segurança definido for amarelo, e não existe(m) morador(es) no cômodo, este é adaptado

de acordo com valores padrão de temperatura e luminosidade definidos para um visitante. A adaptação é feita somente para o primeiro visitante que entrar no cômodo, pois se um visitante modificar a temperatura ou luminosidade e, na entrada de mais um visitante, o cômodo for novamente adaptado, os novos valores definidos antes da entrada do segundo visitante serão perdidos.

- **Adaptar Cômodo à Saída de um Morador:** quando um morador sair de um determinado cômodo o sistema verifica se existe(m) outro(s) morador(es). Neste caso, a adaptação é feita para o(s) morador(es) que permanecem no cômodo, calculando a média entre os moradores que expressaram a sua opinião de temperatura e/ou luminosidade. Se na saída de um morador, o cômodo estiver vazio, o condicionador de ar e o sistema de iluminação são desligados;
- **Adaptar Cômodo à Saída de um Visitante:** a adaptação da temperatura e luminosidade é realizada somente para o último visitante que sair do cômodo e se não existirem moradores. Como foram definidos valores padrão de temperatura e luminosidade para um visitante, e se a cada saída de um visitante o cômodo for adaptado, os novos valores que podem ser definidos pelo visitante que estiver no cômodo serão perdidos. Por isso, não existe a necessidade de adaptar o cômodo cada vez que sair um visitante. Na saída do último visitante o sistema de iluminação e o condicionador de ar são desligados

### 3.2.3 MONITORAR, AJUSTAR A LUMINOSIDADE E TEMPERATURA DE UM CÔMODO E ATUALIZAR AS PREFERÊNCIAS

Os cômodos da casa devem ser monitorados constantemente, pois as condições do ambiente externo podem alterar a temperatura ou luminosidade do cômodo, ou os ocupantes podem alterar os valores desejados para temperatura ou luminosidade no cômodo. No segundo caso, se um morador modificar a sua preferência, os novos valores devem ser atualizados no banco de dados tendo como informação o horário da mudança e a localização do morador. Um visitante também pode fazer essa modificação, mas neste caso o sistema não modifica os valores padrão de temperatura e luminosidade no banco de dados. No primeiro caso, o ambiente externo pode alterar a temperatura ou luminosidade no cômodo, o que é informado pelos sensores de temperatura e luminosidade instalados em cada cômodo. Se alguma mudança for detectada, o sistema é capaz de ajustar a temperatura ou luminosidade para que as preferências do(s) morador(es) que ocupam os

cômodos sejam mantidas.

### 3.2.4 CONSUMO DE ENERGIA

O sistema desenvolvido calcula o consumo de energia relacionado à iluminação e ao condicionamento de ar. Para cada cômodo é calculado o consumo mensal de energia em *kWh*.

#### 3.2.4.1 CONSUMO DE ENERGIA PARA ILUMINAÇÃO

O sistema calcula o consumo associado à iluminação tendo como informação a posição do *dimmer* determinada pelo morador. Por convenção, se a posição do *dimmer* for 100.0 significa que a luminosidade será de 200*lux*, com uma potência de 300*W*. A FIG. 3.5 ilustra a relação entre a posição do *dimmer*, o valor da luminosidade em *lux* e a potência consumida em *watts*.

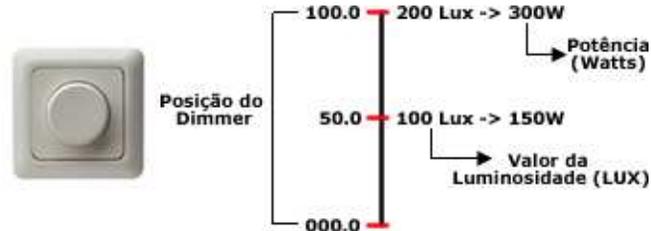


FIG 3.5: Posições do Dimmer.

O cálculo do consumo é definido utilizando a posição do *dimmer* que é transformada em *watts* tendo como informação a relação mostrada na FIG. 3.5, resumido na EQ. 3.1.

$$X = \frac{W \cdot pd}{100}, \quad (3.1)$$

onde: *X*: potência gasta; *W*: potência máxima; *pd*: posição do dimmer (definida pelo morador).

Por exemplo, se a posição do *dimmer* for 10.0 significa que a potência da luminosidade que está sendo gasta é de 30*W*.

Após o cálculo da potência, é necessário obter o tempo de utilização do sistema de luminosidade para uma determinada potência. Para o sistema proposto, o cálculo é obtido cada vez que um morador modificar a sua preferência de luminosidade. Essa mudança significa a necessidade de calcular o consumo para a potência utilizada anteriormente.

Se um determinado morador ou um conjunto de moradores utilizarem uma potência de  $30W$  durante 60 minutos (1 hora), o consumo de energia será calculado multiplicando a potência gasta pelo tempo, obtendo um resultado de  $30Wh$ . Dividindo este valor por 1000, o resultado é obtido em  $kWh$  (quilo.watt.hora). Então, a energia consumida pela luminosidade no período considerado será de  $0,03kWh$ .

### 3.2.4.2 CONSUMO DE ENERGIA PARA CONDICIONADOR DE AR

De forma geral, vários fatores influenciam o consumo de energia relacionado à temperatura, como por exemplo, a bitola da fiação, caso esteja mal dimensionada podendo desperdiçar energia, a quantidade e tipos de janelas, portas, a quantidade de pessoas e equipamentos que sejam fontes de calor, entre outros. Um dos principais fatores é a temperatura ambiente, pois se essa temperatura estiver muito elevada o consumo será bem maior. O consumo de energia também depende do modelo de ar-condicionado, pois existem diversas marcas que estão se preocupando em oferecer um produto de qualidade e com uma boa economia de energia. Dessa forma, esse cálculo se torna complexo (ALVAREZK, 1998).

No presente trabalho o objetivo principal é informar ao morador ou conjunto de moradores o consumo atual de energia associado ao condicionador de ar em um determinado cômodo, podendo ter um melhor controle dos gastos. Não serão levados em consideração todos os fatores citados anteriormente.

O consumo estimado para um sistema de condicionador de ar é calculado pela EQ 3.2:

$$Consumo = \sum_{i=1}^n \frac{c_i \cdot t_i}{1000 \cdot EER_i} [kWh] \quad (3.2)$$

onde: *Consumo*: consumo mensal do condicionador de ar;  $c_i$ : capacidade do aparelho condicionador de ar  $i$  [ $Btu/h$ ];  $t_i$ : tempo de operação, em horas, do aparelho condicionador de ar  $i$ ;  $EER_i$ : eficiência do aparelho condicionador de ar  $i$  [ $Btu/kWh$ ];  $n$ : número de condicionadores de ar da instalação (ALVAREZK, 1998).

Neste trabalho é utilizado um modelo de condicionador de ar Cònsul Classe A 10.000 (CONSUL, 2004). Este tipo de condicionador de ar com ciclo reverso, tem como função refrigerar ou aquecer um ambiente. Observa-se na TAB. 3.1 algumas especificações técnicas do condicionador de ar:

TAB 3.1: Especificações Técnicas do Condicionador de Ar (CONSUL, 2004).

<b>Modelo</b>	CCZ10
<b>Capacidade</b>	9900 <i>BTU/h</i>
<b>Ciclo</b>	Reverso
<b>Tensão:</b>	220V
<b>Frequência</b>	60 <i>Hz</i>
<b>Consumo</b>	920 <i>W</i>
<b>Compressor</b>	Rotativo
<b>EER</b>	11,35 <i>kJ/Wh</i>

Para esse modelo são especificados limites de temperatura de operação. Se a temperatura externa for de  $5^{\circ}C$ , a temperatura máxima no cômodo pode chegar a  $26^{\circ}C$  (acionando o sistema de aquecimento). Se a temperatura externa máxima chegar a  $43^{\circ}C$  a temperatura mínima do cômodo pode chegar a  $20^{\circ}C$  (acionando o sistema de refrigeração).

### 3.2.5 ACIONAMENTO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO OU AQUECIMENTO

Quando um morador entrar em um determinado cômodo da casa, o sistema tem como principal objetivo adaptar de acordo com as preferências de luminosidade e temperatura de um conjunto de moradores ou visitantes. Isso significa que, dependendo dos valores de temperatura pode-se acionar o sistema de refrigeração (ar-condicionado) ou aquecimento (aquecedor). Por exemplo, se o sensor de temperatura acusa  $26^{\circ}C$  e a preferência do morador é de  $23^{\circ}C$ , isso significa que para a temperatura atingir o valor desejado, é necessário acionar o sistema de refrigeração. Se a temperatura desejada for maior do que informada pelo sensor, o sistema de aquecimento deve ser acionado. Na FIG. 3.6 ilustra quando é necessário acionar o sistema de refrigeração ou aquecimento.

### 3.2.6 ACIONAMENTO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Quando um ocupante entrar em um cômodo, o sistema de iluminação é acionado para que a luminosidade esteja de acordo com a preferência do ocupante. Por exemplo, um morador tem uma preferência de luminosidade de  $120lux$ , e as informações do sensor são de  $110lux$ , isso significa que para o cômodo atingir o valor desejado basta aumentar

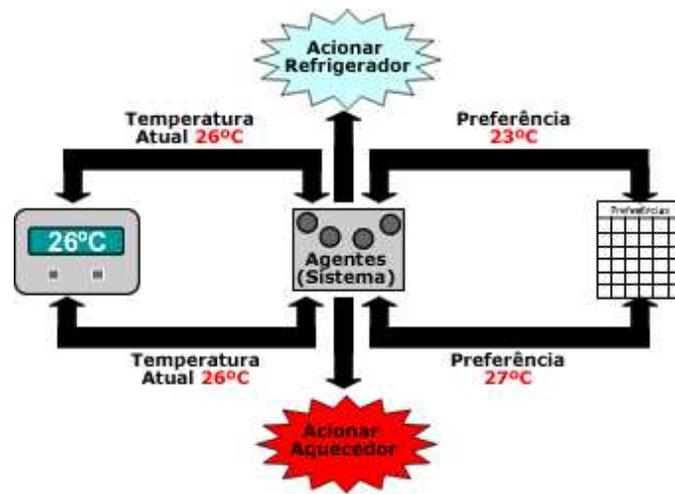


FIG 3.6: Acionar Sistema de Refrigeração ou Aquecimento.

a luminosidade atual em  $10lux$ . Usando a convenção definida na FIG. 3.5, significa que a posição do *dimmer* deve ser modificada para 5.

### 3.2.7 MODIFICAR O MODO DE SEGURANÇA

Na FIG. 3.7, ilustra o funcionamento do sistema quando um morador solicitar a modificação do modo de segurança para a firma de segurança.



FIG 3.7: Modificar Modo de Segurança.

Existem três modos de segurança, que são utilizados quando um ocupante não identificado entrar em um determinado cômodo da casa:

- **Verde:** o ocupante que entrar no cômodo será identificado como novo morador;
- **Amarelo:** o ocupante é tratado como um visitante, as preferências de temperatura e luminosidade serão padronizadas para todos os visitantes que entrarem na casa quando esse modo de segurança estiver definido;

- **Vermelho:** para esse modo de segurança um ocupante que entrar na casa é tratado como invasor, o sistema aciona a polícia ou uma firma de segurança para que a casa seja preservada.

## 4 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL DISTRIBUÍDA

Desde o início da década de 70, os estudos que tentam resolver problemas de modo cooperativo vêm crescendo rapidamente dentro da área de Inteligência Artificial (IA). A partir desse período surgiu o termo Inteligência Artificial Distribuída (IAD), que é uma subárea da IA, na qual são combinadas as funcionalidades dos sistemas distribuídos com técnicas de IA.

A IA clássica tem ênfase na representação do conhecimento e métodos de inferências, enquanto que a IAD baseia seu modelo de inteligência no comportamento social sendo a ênfase transposta para as ações e interações entre entidades denominadas agentes (DERZENDE ROCHA, 2003). O foco principal da IAD está relacionado com a integração entre os agentes, as quais cooperam entre si a fim de alcançar um objetivo comum.

A IAD surge da junção entre as área de IA e Sistemas Distribuídos. Na IA a unidade de análise e desenvolvimento é um processo computacional com um único local de controle, um único foco de atenção e uma fase de conhecimento, enquanto que a IAD analisa o desenvolvimento de grupos sociais de agentes que trabalham de forma cooperativa, objetivando resolver um determinado problema (MARIETTO, 2000).

A área de IAD é dividida em duas grande áreas, Sistemas Multiagentes (SMA) e Resolução Distribuída de Problemas (RDP). Nesses dois casos o problema é resolvido de forma cooperativa e distribuída, utilizando agentes.

A modelagem da casa inteligente do presente trabalho, foi desenvolvida para um sistema multiagente reativo, ou seja, baseia-se em eventos externos e em “pistas” deixadas pelos moradores, o que se analisam são os comportamentos externos dos agentes (ações).

Neste capítulo será apresentada uma visão geral sobre IAD. Na Seção 4.1, o termo agente é conceituado. Na Seção 4.2, a Resolução Distribuída de Problemas (RDP) é apresentada. Na Seção 4.3, os sistemas multiagentes reativos e cognitivos são apresentados. Na Seção 4.4, a linguagem KQML (*Knowledge Query and Manipulation Language*) utilizada na comunicação entre os agentes será apresentada juntamente com os protocolos de comunicação. Na Seção 4.5, será apresentado a ferramenta SACI (*Simple Agent Communication Infrastructure*), que foi utilizada para a comunicação entre os agentes.

## 4.1 AGENTES

Segundo RUSSELL (2004), um agente é tudo o que pode ser considerado capaz de perceber seu ambiente por meio de sensores e de agir sobre esse ambiente por intermédio de atuadores. Um agente humano tem olhos, ouvidos e outros órgãos como sensores, e tem mãos, pernas, boca e outras partes do corpo que servem como atuadores. Um agente robótico poderia ter câmeras e detectores da faixa de infravermelho funcionando como sensores e vários motores como atuadores. Observa-se na FIG. 4.1, uma ilustração de como os agentes interagem com ambientes por meio de sensores e atuadores.

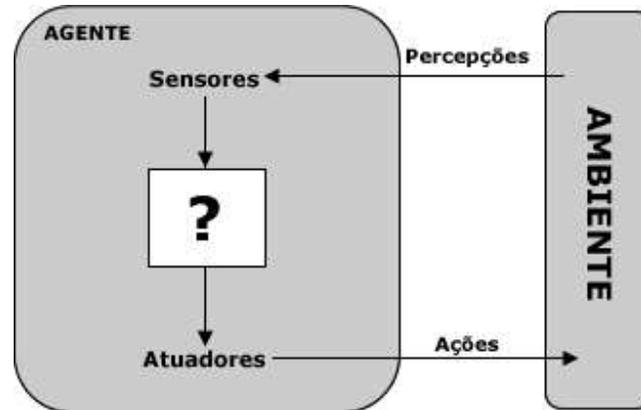


FIG 4.1: Agentes Interagem com o Ambientes por Meio de Sensores e Atuadores.

Na literatura não existe um único conceito para o termo agente. De acordo com MARIETTO (2000) essa dificuldade pode ser explicada pelas seguintes razões:

- A interdisciplinariedade e a abrangência dos campos de pesquisa e comercial, nos quais a teoria de agentes pode ser estudada e aplicada;
- Agentes estão presentes no mundo real. Geralmente, os conceitos envolvidos com ambientes nos quais os agentes estão inseridos são imprecisos e incompletos. Esta característica torna difícil a categorização dos ambientes, e como consequência, também a categorização dos agentes que os representam.

Na tentativa de padronizar o conceito de agente, WOOLDRIDGE (1995) apresentaram uma proposta de adoção das noções fracas e fortes de agência. Na noção fraca considera-se um conjunto de propriedades/atributos que um *software* ou *hardware* deve apresentar para ser considerado agente. WOOLDRIDGE (1995) definiu as seguintes propriedades:

- **Autonomia:** Com esta propriedade agentes operam sem a intervenção direta de seres humanos ou outros sistemas, e têm algum tipo de controle sobre suas ações e estados internos;
- **Habilidade Social:** Com esta propriedade agentes interagem com outros agentes através de algum tipo de linguagem de comunicação de agentes;
- **Reatividade:** Com esta propriedade agentes percebem seu ambiente (mundo físico, a Internet, outros agentes, etc), e respondem a mudanças que ocorrem neste ambiente;
- **Iniciativa** (*pro-activeness*;) Com esta propriedade agentes não agem simplesmente em resposta a seus ambientes, mas tomam iniciativa e por isto são capazes de exibir comportamento orientado a objetivos.

A noção forte considera, além das propriedades definidas na noção fraca, características humanas. Por exemplo os estados mentais (conhecimento, crença, intenção, obrigação), emoção, etc.

Neste trabalho será adotada a definição de agentes proposta por DURFEE (1989), que considera agentes como:

*“...resolvedores de problemas que podem trabalhar em conjunto para resolver problemas que estão além de suas capacidades individuais”* (DURFEE, 1989).

Nas próximas seções serão explicados os agentes reativos e cognitivos.

#### 4.1.1 AGENTES REATIVOS

Os agentes reativos escolhem as suas ações baseados unicamente nas percepções que têm do ambiente, ou seja, esse agente percebe o ambiente externo e baseado nos estímulos do ambiente, ele reage de forma pré-determinada. Esse modelo de agente não possui um histórico das suas ações passadas nem pode fazer previsão dos atos futuros por não possuir estrutura de memória.

Devido a arquitetura baseada em estímulo-resposta, os agentes reativos não precisam de sofisticados mecanismos de coordenação e comunicação. O comportamento inteligente do sistema advém da interação dos comportamentos básicos de cada agente. O comportamento do sistema é explicado pela existência de uma inteligência emergente, pois não pode ser explicada pela arquitetura dos agentes nem pelas estruturas de comunicação e cooperação (que são baseadas em estímulo-resposta). Explica-se este comportamento

inteligente pela interação de comportamentos básicos exibidos pelos agentes reativos, considerando-se que desta interação emerge a inteligência do sistema. Assim, geralmente uma sociedade formada por agentes reativos possui um número elevado de agentes (centenas ou milhares) (MARIETTO, 2000).

Observa-se na FIG. 4.2 um modelo reativo de agente, onde o comportamento do agente é determinado unicamente pela percepção do ambiente e por um conjunto fixo de regras. Normalmente pode-se dizer “o agente percebe y e portanto fez x” (HÜBNER, 2003a).

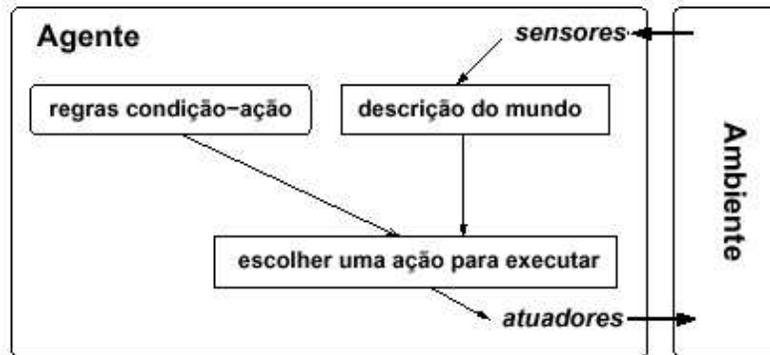


FIG 4.2: Arquitetura de um Agente Reativo.

#### 4.1.2 AGENTES COGNITIVOS

Os agentes cognitivos são capazes de raciocinar a respeito de suas intenções e conhecimentos, criar planos de ação e executá-los. Possuem modelos explícitos do mundo externo, estruturas de memória que permitem manter um histórico de ações passadas e fazer previsões de ações futuras. Esse tipo de modelo tem a capacidade de alterar seu funcionamento para adaptar melhor ao seu ambiente, ou seja, ele tem autonomia funcional.

Na FIG. 4.3, observa-se um modelo cognitivo de agente. O conhecimento (um tipo de estado mental) que o agente possui é formado a partir de sua percepção do ambiente e da comunicação com outros agentes. Dado este conhecimento e uma meta (outro tipo de estado mental), o agente gera um conjunto de possíveis planos que atingem esta meta. Dadas estas possibilidades, o agente delibera sobre o melhor plano a ser executado. Neste caso pode dizer que “o agente fez x porque tem por objetivo y e x faz parte de um plano que leva à satisfação de y” (HÜBNER, 2003a).

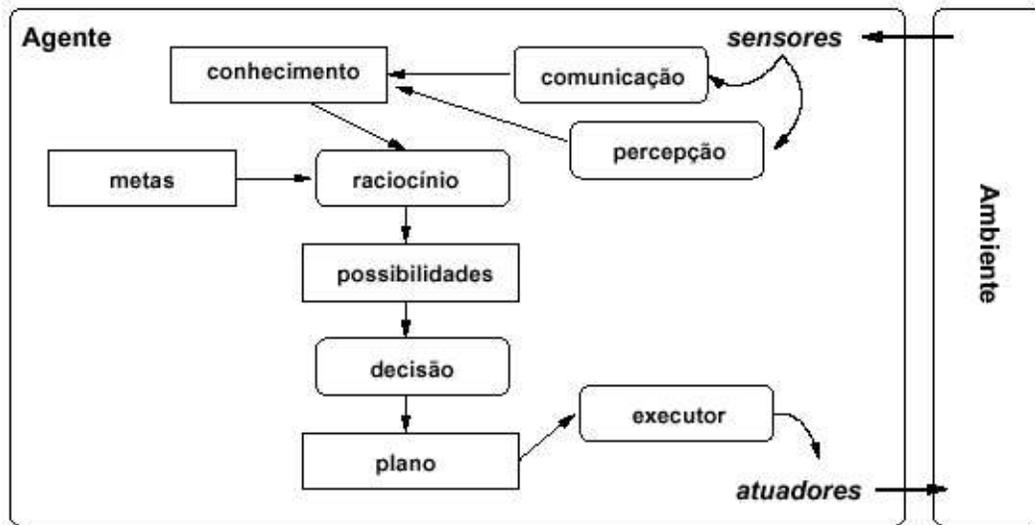


FIG 4.3: Arquitetura de um Agente Cognitivo.

## 4.2 RESOLUÇÃO DISTRIBUÍDA DE PROBLEMAS (RDP)

Na RDP os agentes são desenvolvidos para atuarem de acordo com o problema previamente estruturado, ou seja, são projetados para resolver um tipo específico de problema, dificilmente podem ser utilizados em outros problemas.

A arquitetura do agente fica com as características do problema, impedindo tanto o uso destes agentes para a solução de outros problemas quanto a inclusão automática de outros agentes na arquitetura da agência. Por este motivo normalmente o número de agentes em uma RDP é fixo, levando à criação de uma comunidade fechada (SICHMAN, 1997).

Observa-se na FIG. 4.4 um esquema de modelagem por RDP.



FIG 4.4: Modelagem RDP (MARIETTO, 2000).

Pode-se citar algumas características de RDP:

- problema resolvido por um conjunto de agentes que solucionam um problema particular;
- noção de um controle global, na maioria dos casos, implícito nos agentes, garantindo um comportamento global.

### 4.3 SISTEMAS MULTIAGENTES (SMA)

Um dos ramos da IAD são os SMAs. A área de Sistemas Multiagentes (SMA) é influenciada pela sociologia e tem, como objetivo de estudo, a coletividade. O enfoque principal em SMA é prover mecanismos na criação de sistemas a partir de entidades de software autônomas, denominadas agentes, que interagem através de um ambiente que é compartilhado por todos os agentes presentes na sociedade. Para cada agente presente em um ambiente é necessário prover mecanismos para a interação e coordenação. Estes agentes possuem um conjunto de capacidades específicas, seus próprios objetivos em relação aos estados do ambiente que querem atingir, e em algumas vezes os agentes precisam interagir com outros agentes para que o seu objetivo seja cumprido.

A área de SMA estuda o comportamento de um grupo organizado de agentes autônomos, que cooperam na resolução de problemas que estão além das capacidades de resolução de cada um individualmente. Duas propriedades são fundamentais para os SMA: a autonomia dos agentes e a sua organização. O atributo autônomo significa o fato de que um agente é capaz de resolver um determinado problema sem a ajuda de um outro agente. Por outro lado, a organização estabelece restrições aos comportamentos dos agentes, procurando estabelecer um comportamento grupal coeso. Muitas das propriedades desejadas nos SMA advém do equilíbrio destes dois opostos, portanto, compreender como estas duas propriedades interagem é uma questão interessante no contexto dos SMA (HÜBNER, 2003a).

Ao contrário da RDP, os SMA são projetados para resolver uma gama maior de problemas. Isso ocorre porque os agentes desenvolvidos em um SMA são entidades autônomas com conhecimento da sua própria existência e da existência de outros agentes, por isso que existe uma colaboração entre os agentes em um mesmo ambiente. A FIG. 4.5 ilustra-se um esquema de modelagem SMA.

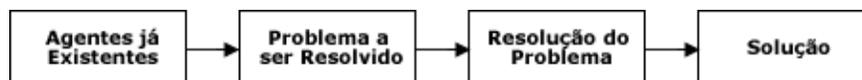


FIG 4.5: Modelagem SMA (MARIETTO, 2000).

Em SICHMAN (1997) foram definidas algumas considerações importantes para a abordagem dos SMAs:

- os agentes devem ser capazes de decompor as tarefas baseando-se no conhecimento que eles possuem de si próprios e dos outros agentes;

- pela autonomia dos agentes, eles podem possuir metas próprias e decidir o que fazer, a qualquer momento;
- os agentes possuem capacidade para resolver seus problemas e os problemas que surgirem no ambiente;
- os agentes podem entrar e sair do ambiente a qualquer momento. Portanto, em SMA, os agentes devem ser capazes de modificar o conhecimento que possuem dos outros agentes do ambiente;
- devem ser capazes de reconhecer modificações no ambiente quando estas ocorrerem, alterando sua representação interna do ambiente.

Nas próximas subseções apresenta-se os Sistemas Multiagentes Reativos e Cognitivos.

#### 4.3.1 SISTEMAS MULTIAGENTES REATIVOS

Os agentes reativos não possuem representação de seu ambiente. Em uma sociedade de agentes reativos a comunicação se dá através do ambiente externo. Um exemplo de sistema multiagente reativo é uma colônia de formigas, onde cada formiga é uma entidade simples. Uma colônia pode procurar por alimentos, transportar alimentos, defesa, etc.

Pode-se citar algumas características de agentes e sistemas multiagentes reativos:

- Não há representação explícita de conhecimento. O conhecimento dos agentes é implícito e se manifesta através do seu comportamento;
- Não há representação do ambiente. O seu comportamento se baseia no que é percebido a cada instante do ambiente, mas sem uma representação explícita deste;
- Não há memória das ações. Os agentes reativos não mantêm um histórico de suas ações, de forma que o resultado de uma ação passada não exerce nenhuma influência sobre suas ações futuras;
- Organização etológica. A forma de organização dos agentes reativos é similar a de animais como insetos e microorganismos, em oposição à organização social dos sistemas cognitivos;
- Grande número de membros. Os sistemas multiagentes reativos têm, em geral, um grande número de agentes, da ordem de dezenas, centenas ou mesmo milhões de agentes.

### 4.3.2 SISTEMAS MULTIAGENTE COGNITIVOS

Os agentes cognitivos possuem estados mentais: crenças, conhecimento, desejos, intenções, obrigações etc. Os estados mentais são representados internamente nos agentes.

Os SMAs cognitivos são baseados em modelos organizacionais humanos, como grupos, hierarquias e mercados. Pode-se citar algumas características dos sistemas multiagentes cognitivos:

- Mantém uma representação explícita de seu ambiente e de outros agentes da sociedade;
- Podem manter um histórico das interações e ações passadas;
- A comunicação entre agentes é feita através do envio e recebimento de mensagens;
- Seu mecanismo de controle é deliberativo, ou seja, tais agentes raciocinam e decidem sobre quais objetivos devem alcançar;
- Seu modelo de organização é baseado em sistemas sociológicos, como as organizações humanas;
- Uma sociedade contém tipicamente poucos agentes (SICHTMAN, 1997).

Na próxima seção é explicado como que é feita a comunicação, e qual a linguagem utilizada para realizar a comunicação entre os agentes.

## 4.4 COMUNICAÇÃO EM SISTEMAS MULTIAGENTES

Em uma sociedade, os agentes se comunicam para atingir os seus objetivos. As ações dos agentes podem ser utilizadas para coordenar ou competir (negociar). Muitos trabalhos de SMA utilizam a teoria dos atos de fala que será apresentada na Subseção 4.4.1.

### 4.4.1 ATOS DE FALA

Os estudos da área relativos à comunicação são, da mesma forma, inspirados em trabalhos tradicionais da filosofia da linguagem, em especial, a teoria dos atos da fala. De acordo com essa teoria, a linguagem humana é entendida com ação. A teoria foi desenvolvida em contraposição aos trabalhos de semântica lógica preocupados apenas

com questões relacionadas aos valores e condições de verdade da linguagem (BORDINI, 2001).

Os protocolos de interação que servem para estruturar as trocas de mensagens entre os agentes são freqüentemente abordados nos atos de fala. A linguagem KQML (*Knowledge Query and Manipulation Language*) é uma linguagem baseada em atos de fala e formada por um conjunto de performativas que determinam as interações entre os agentes.

#### 4.4.2 KQML

KQML (*Knowledge Query and Manipulation Language*) é a linguagem de comunicação entre os agentes (*Agent Communication Language - ACL*), desenvolvida pelo projeto *Knowledge Sharing Effort* (KSE), que é financiado pela agência americana ARPA. Foi a primeira tecnologia para comunicação entre agentes de *software* bem difundida (BORDINI, 2001).

A estrutura da linguagem é composta por três níveis: conteúdo, mensagem e comunicação. Observa-se na FIG. 4.6 a estrutura de camadas onde o conteúdo é encapsulado em uma camada de mensagem, que por sua vez está encapsulada em uma camada de comunicação (MARIETTO, 2000).

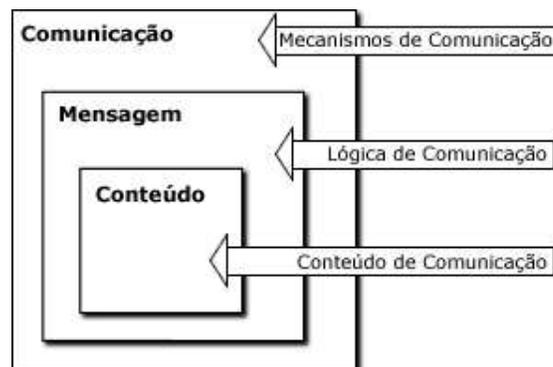


FIG 4.6: Camadas da Linguagem KQML.

**Camada de Conteúdo:** Nesta camada está embutido o conteúdo da mensagem. Como a linguagem KQML não faz restrições a esta camada, pode-se usar qualquer tipo de linguagem de representação do conhecimento.

**Camada de Mensagem:** Para esta camada estão associados os tipos de mensagens que são enviados entre os agentes durante a comunicação e informa os atos de fala (afirmação, pergunta, resposta, erro e negação). Nesta camada é adicionada características

que descrevem o conteúdo, por exemplo, a linguagem na qual esta expresso, ontologia, etc.

**Camada de Comunicação:** Nesta camada os agentes realizam troca de pacotes, onde são especificados alguns atributos de comunicação em baixo nível, tais como: a identidade do emissor e do destinatário, e se a comunicação será síncrona ou assíncrona.

As plataformas são chamadas de facilitadores, que são utilizados para que os agentes possam saber quais os agentes estão disponíveis na sociedade, as suas habilidades etc. Com isso é permitido que os agentes entrem ou saiam da sociedade, e através de consultas ao facilitador, os agentes podem localizar outros agentes para interagir.

Os agentes desenvolvidos no SACI se comunicam utilizando a linguagem KQML. KQML é uma especificação de linguagem e protocolo de comunicação, com objetivo de ser um meio de troca de informação e conhecimento entre agentes. Esta linguagem possui algumas características importantes:

- Qualquer linguagem pode ser usada para escrever o conteúdo das mensagens (por exemplo: LISP, Prolog, SQL, etc);
- As informações necessárias para entender o conteúdo das mensagens estão incluídas na própria comunicação;
- Quando os agentes trocam mensagens KQML, o mecanismo de transporte é transparente (TCP/IP, RMI, etc.), isto é, como as mensagens saem do agente emissor e chegam no receptor;
- O formato das mensagens é simples, fácil de ler por pessoas e de ser analisado por um *parser*.

O formato das mensagens KQML é baseado na sintaxe da linguagem LISP, os argumentos são identificados por palavras chaves que começam com dois pontos (:). O modelo de uma mensagem KQML pode ser observado na FIG. 4.7.

A camada de mensagem contém informações que ajudam o receptor a entender o conteúdo da mensagem. O campo *performative* identifica a intenção do emissor com a mensagem (*inform*, *query*, *ask*, ...), o conteúdo da palavra-chave *:language* é a linguagem em que a mensagem é enviada, e o conteúdo da *:ontology* é o vocabulário usado para as *palavras* na mensagem. Na camada de comunicação são especificados alguns atributos de comunicação em baixo nível, tais como: a identidade do emissor e receptor e uma única

```

(performative
  :language   palavra
  :ontology   palavra
  :sender      palavra
  :receiver    palavra
  :reply-with palavra
  :content     expressão
  ...)

```

} Camada de Mensagem  
 } Camada de Comunicação  
 } Camada de Conteúdo

FIG 4.7: Estrutura de uma Mensagem KQML.

```

(ask-one
  :ontology   AcioAquecedor
  :receiver    AgenteQuarto
  :sender      Ag_Temperatura
  :reply-with  AcAquec
  :content     "Acionar o Sistema de Aquecimento")

```

FIG 4.8: Mensagem KQML - Performativa *ask-one*.

identificação para a mensagem (*:reply-with palavra*) (HÜBNER, 2000). Por exemplo, a mensagem mostrada na FIG. 4.8:

Agente *Ag\_Temperatura* está perguntando alguma coisa ao agente *AgenteQuarto*, a pergunta é escrita sob a ontologia *AcioAquecedor*. O agente *AgenteQuarto* responde com a mensagem mostrada na FIG. 4.9:

```

(tell
  :ontology   AcioAquecedor
  :receiver    Ag_Temperatura
  :sender      AgenteQuarto
  :in-reply-to AcAquec
  :content     "Sistema de Aquecimento Acionado")

```

FIG 4.9: Mensagem KQML - Performativa *tell*.

Esse exemplo mostra o uso de somente uma performativa *ask-one*. Performativas definem as operações possíveis de serem executadas pelos agentes. As performativas são divididas em grupos de acordo com suas funções. Observa-se na TAB. 4.1 os grupos de performativas.

TAB 4.1: Tabela de *performativas*.

<b>Performativas</b>	<b>Identificadores</b>
Informação	TELL, DENY, UNTELL
Banco de Dados	INSERT, DELETE, DELETE-ONE, DELETE-ALL
Respostas	ERROR, SORRY
Consultas	EVALUATE, REPLY, ASK-IF, ASK-ABOUT ASK-ONE, ASK-ALL, ASK-IN
Multi-Resposta	STREAM-ABOUT, STREAM-ALL, EOS, STREAM-IN
Convencimento	ACHIEVE, UNACHIEVE
Pacotes	STANDBY, READY, NEXT, REST DISCARD, GENERATOR
Definição de Capacidade	ADVERTISE, IMPORT, EXPORT
Notificação	SUBSCRIBE, MONITOR
Rede	REGISTER, UNREGISTER, FORWARD, BROADCAST PIPE, BREAK, TRANSPORT-ADDRESS, ROUTE
Facilitação	BROKER-ONE, BROKER-ALL, RECOMMEND-ONE RECOMMEND-ALL, RECRUIT-ONE, RECRUIT-ALL

A linguagem KQML possui um conjunto de parâmetros chaves reservados, sendo útil para estabelecer graus de uniformidade dos parâmetros e suporte para que os programas entendam performativas desconhecidas mas com parâmetros conhecidos. Foram definidos os seguintes parâmetros reservados e seus significados:

- *:content*: Informação sobre a qual a performativa expressa uma atitude;
- *:force*: Se o transmissor irá sempre negar o significado da performativa;
- *:in-reply-to*: O rótulo esperado em resposta;
- *:language*: O nome da linguagem usada no parâmetro *:content*;
- *:ontology*: O nome da ontologia usada no parâmetro *:content*;
- *:receiver*: O receptor atual da performativa;
- *:reply-with*: Se o transmissor espera uma resposta, caso sim, um rótulo para a resposta;

- *:from*: Indica o agente emissor original, usado quando há agentes intermediários;
- *:to*: Indica o agente receptor final, usado quando há agentes intermediários;
- *:sender*: O atual transmissor da performativa.

### 4.4.3 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO

Um protocolo é um conjunto de regras que são utilizadas para dar suporte à comunicação em uma rede. Existem algumas regras conhecidas, chamadas de protocolos que são utilizados quando a comunicação entre agentes se dá por passagem de mensagens sem memória compartilhada.

#### 4.4.3.1 TIPOS DE PROTOCOLOS

Os protocolos estabelecidos nesta subseção, especificam regras pelas quais os agentes interagem. Estes protocolos definem seqüências de mensagens, incluindo aquelas que iniciam e concluem um protocolo, e possíveis respostas para cada mensagem recebida.

Pode-se citar como interações entre os agentes os seguintes protocolos (MARIETTO, 2000):

- Protocolo de Registro;
- Protocolo de Anúncio;
- Protocolo de Consulta;
- Protocolo de Contrato de uma Tarefa/Ação;
- Protocolo de Desempenho de uma Tarefa/Ação.

Estes protocolos estão armazenados de forma distribuída, sendo que cada agente tem uma cópia desta base de conhecimento. Nas próximas subseções os protocolos são definidos com mais detalhes, com duas figuras, a primeira representa ações do agente que iniciou o protocolo, a segunda representa ações do agente receptor. Em cada diagrama mostrado poderão ocorrer três estados:

- **Estado Enviando Mensagem:** o agente deve decidir qual das possíveis performativas ou mensagens irá enviar;

- **Estado Esperando Mensagem:** o agente fica esperando uma comunicação externa;
- **Estado Final:** quando uma mensagem chega ao estado final significa que essa mensagem foi enviada ou recebida.

**Protocolos de Registro** O protocolo de registro permite a um agente informar aos demais agentes da sociedade a sua existência, isso quer dizer que o agente pode receber performativas e/ou mensagens.

Um agente envia a performativa REGISTER ao launcher do SACI, passando no parâmetro :CONTENT suas capacidades (as ações que pode executar). Se um dos parâmetros não for fornecido, o agente não poderá ser inserido na sociedade. Receberá como resposta uma mensagem REJECT, indicando que o :SENDER não aceita sua inscrição. Se todos os parâmetros estiverem preenchidos, o agente recebe como resposta a mensagem OK.

Caso um agente não seja capaz de receber performativas e mensagens, será enviada uma performativa UNREGISTER. A solicitação de retirada de um agente da sociedade só poderá ser feita pelo próprio agente. Caso isto ocorra, o agente receberá como resposta uma mensagem OK. Caso não, ou seja, se um agente solicita a retirada de outro, receberá como resposta a mensagem REJECT. Este protocolo está representado na FIG. 4.10.

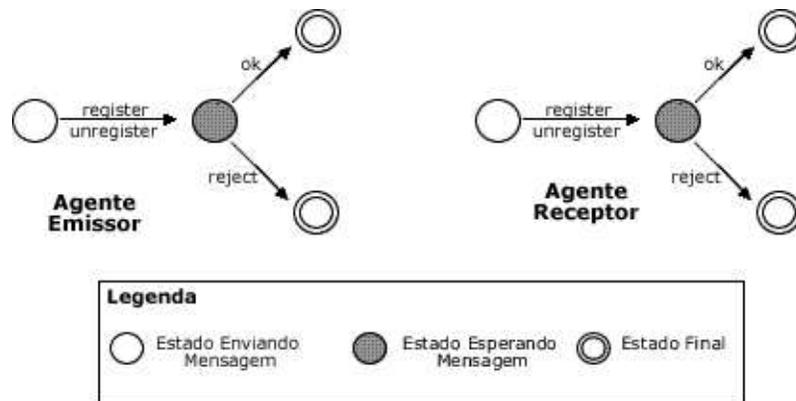


FIG 4.10: Protocolo de Registro.

Uma performativa são mensagens KQML, mas é possível mandar uma mensagem sem estar em KQML, então mensagens são outras mensagens que não podem usar o protocolo KQML.

**Protocolo de Anúncio** Se um agente está disposto a informar a outros agentes da sociedade serviços/ações/tarefas que está disposto a oferecer, esse protocolo oferece essa

habilidade ao agente.

O agente que está oferecendo o serviço envia uma performativa ADVERTISE, com o parâmetro :CONTENT especificando as ações que pode realizar. Recebe como resposta a mensagem OK, caso :CONTENT seja validado. Ocorrendo a validação, as informações do novo agente será armazenada. Caso contrário, receberá como resposta a mensagem REJECT. A FIG. 4.11 ilustra o diagrama desse protocolo.

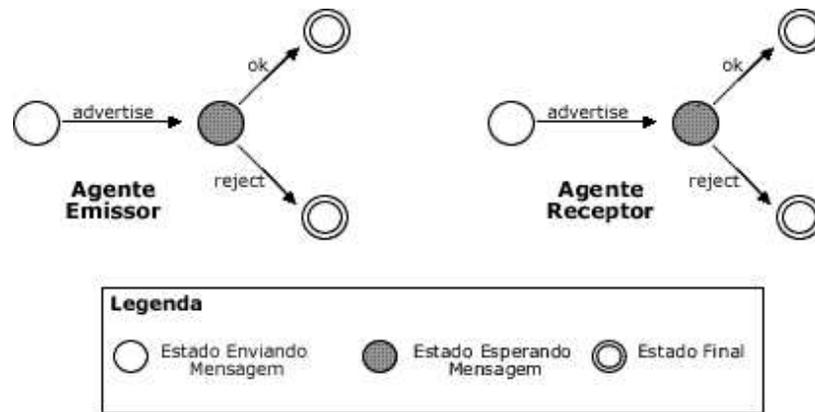


FIG 4.11: Protocolo de Anúncio.

**Protocolo de Consulta** O protocolo de consulta permite que um agente faça consulta a outro agente, podendo ser realizada das seguintes formas:

- Uma pergunta geral sobre a base de conhecimento de outro agente;
- Uma solicitação para identificar um agente;
- Uma solicitação para avaliar uma afirmação.

Para fazer uma consulta geral, o agente envia uma performativa ASK-ABOUT, com o parâmetro :CONTENT contendo uma descrição da informação que é desejada. Se o agente receptor compreender a consulta, responderá com a performativa REPLY, e o :CONTENT será atualizado com a informação desejada. Se o agente receptor não entender a pergunta, responderá com a performativa SORRY. Caso o agente receptor não queira fornecer a informação, responderá com a performativa REJECT.

Caso o agente queira obter uma recomendação, pode enviar uma das seguintes performativas: RECOMMEND-ONE ou RECOMMEND-ALL. Se o agente receptor souber recomendar um ou mais agentes para realizar determinada ação, envia a performativa REPLY com o :CONTENT indicando o(s) agente(s). Caso não tenha entendido a consulta,

responde com a performativa SORRY. Por último, caso não queira passar a informação, responde com a performativa REJECT.

Se o agente deseja ter uma expressão calculada, ele envia a performativa EVALUATE para o agente receptor. Se o agente receptor é capaz de avaliar/calcular a expressão, envia um REPLY contendo o resultado. Se o agente receptor não é capaz de avaliar a expressão, envia a performativa SORRY. Caso não queira avaliar a expressão, envia a performativa REJECT. A FIG. 4.12 apresenta o seu diagrama.

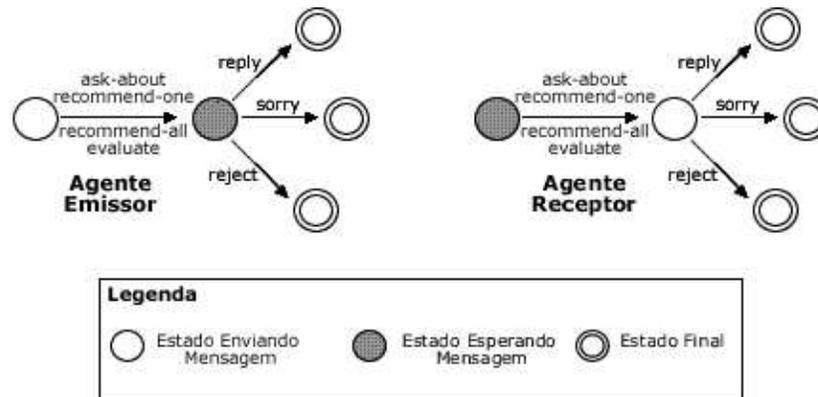


FIG 4.12: Protocolo de Consulta.

**Protocolo de Contrato de uma Tarefa** Este protocolo permite a um agente contratar uma tarefa de outro agente. Para um agente contratar um outro agente, o contratante envia uma mensagem ANNOUNCE para os contratados em potencial informando a abertura de um processo de licitação. É necessário verificar quais os contratados com potencial para executar a ação desejada. Se não tem nenhuma informação sobre os contratados com potencial, será enviada uma mensagem em *broadcast* para a agência.

Para que um contratado em potencial possa aceitar participar do processo de licitação, é necessário enviar ao contratante uma mensagem BID (licitação). Nesta mensagem o contratante receberá uma proposta de licitação. Nesse mensagem pode-se incluir uma modificação da tarefa original. Um contratado em potencial pode não aceitar participar de uma licitação, para isso é necessário enviar uma mensagem REJECT ao contratante. O contratante pode aceitar (ACCEPT) ou rejeitar (REJECT) uma proposta de licitação. No caso de aceite, haverá apenas um agente vencedor. O contratante pode também apresentar uma contra-oferta, enviando uma mensagem BID para os contratados em potencial. A FIG. 4.13 apresenta o diagrama desse protocolo.

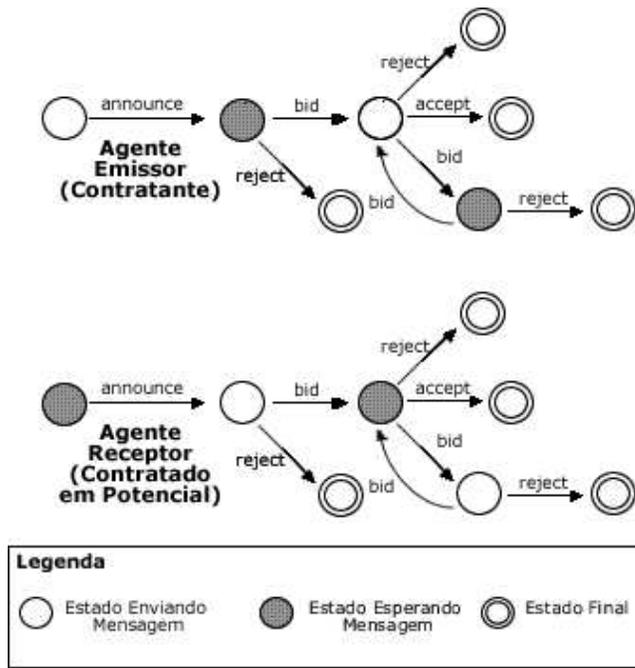


FIG 4.13: Protocolo de Contrato de uma Tarefa.

**Protocolo do Desempenho de uma Tarefa** Este protocolo permite que um agente comunique os resultados de uma tarefa a outro agente. Se um contratado completa uma tarefa é necessário notificar ao contratante o término e, se necessário, informar os resultados obtidos.

Pode-se utilizar dois métodos para comunicar os resultados de uma tarefa, sendo que o método mais apropriado estará indicado na descrição da tarefa. O primeiro método é simplesmente enviar uma performativa TELL para o contratante, passando após o término os resultados da tarefa. O segundo método envolve reportar de forma incremental os resultados, estabelecendo uma seqüência de mensagens entre o contratante e o contratado. O contratado envia uma performativa READY para o contratante, quando estiver pronto para enviar o resultado. O contratante envia uma performativa NEXT, informando ao contratado para enviar o primeiro resultado. O contratado envia uma performativa REPLY contendo o resultado. O contratante e o contratado continuam a troca de NEXTs e REPLYs até que um dos dois eventos ocorra. O primeiro é quando o contratado não tem mais resultados a comunicar. Neste caso, envia uma performativa EOS ao invés de REPLY. O segundo caso é quando o contratante não precisa mais de informações adicionais sobre a tarefa. Neste caso, envia uma performativa DISCARD, informando ao contratado para não mais enviar mensagens. A FIG. 4.14 ilustra o diagrama desse protocolo.

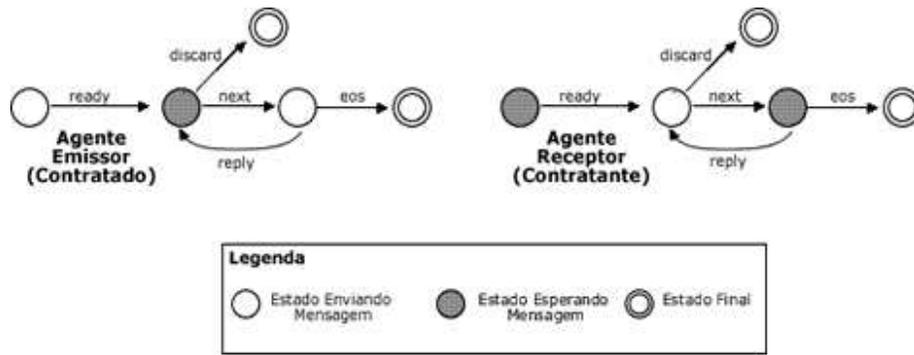


FIG 4.14: Protocolo do Desempenho de uma Tarefa.

No sistema da casa inteligente foram utilizados os protocolos de anúncio (*advertise*), consulta (*ask-about* e *recommend-all*) e o protocolo de contrato de uma tarefa. Em particular, no protocolo de contrato de uma tarefa foi utilizado com algumas simplificações, pois os agentes são benevolentes.

#### 4.5 SACI

Esta seção explica o funcionamento do SACI (*Simple Agent Communication Infrastructure*), uma ferramenta utilizada neste projeto para prover a comunicação entre os agentes. Esta seção foi baseado no manual do SACI, denominado “*SACI Programming Guide*”, escrito por HÜBNER (2003b).

O desenvolvimento de Sistemas Multiagentes (SMA) normalmente requer uma comunicação entre agentes em um ambiente distribuído, o que não é uma tarefa elementar, pois é necessário conhecimento sobre protocolos de rede, portas TCP/IP, programação distribuída e algumas outras tecnologias. O SACI é uma ferramenta desenvolvida no intuito de facilitar a comunicação entre agentes distribuídos. Trata-se de um conjunto de classes e facilidades que podem ser usadas para ajudar no desenvolvimento de sociedades de agentes distribuídos. Possui como principais características:

- Procedimentos para a composição, envio e recebimento de mensagens KQML;
- Pelo fato dos agentes serem identificados por um nome, eles podem enviar mensagens para outros agentes apenas utilizando o nome do receptor. Este serviço é conhecido como *serviço de páginas brancas* ou *serviço de nome de agente*;
- Agentes podem conhecer outros através do *serviço de páginas amarelas*, onde podem registrar seus serviços com um facilitador e solicitar ao mesmo encontrar quais

serviços são oferecidos por cada agente;

- Os agentes podem ser implementados como *applets* e rodarem em browsers;
- Os agentes podem ser ativados remotamente;
- Os agentes podem ser monitorados em eventos sociais, tais como: entrada, saída, envio e recebimento de mensagens.

#### 4.6 MODELO DE SOCIEDADE DO SACI

O SACI provê uma forma para um conjunto de agentes se conhecerem e se comunicarem. Para permitir que os agentes conheçam quem são os outros em sua sociedade, suas identificações são disponibilizadas para todos os outros agentes. Entretanto, às vezes é necessário que um agente conheça mais do que a identificação de outro agente, ele precisa saber a habilidade de resolução de problema do mesmo.

A estrutura da sociedade é definida como uma *quádrupla*, como mostra a EQ. 4.1:

$$Soc = \langle A, S, l, \delta \rangle \quad (4.1)$$

onde:

$A = \{\alpha \mid \alpha \text{ é a identificação do agente dentro do sociedade}\}$ ,

$S = \{\sigma \mid \sigma \text{ é uma habilidade anunciada na sociedade}\}$ ,

$l$  é a linguagem na sociedade, e

$\delta : A \rightarrow \mathbb{P}(S)$  é uma função parcial que mapeia os agentes para suas habilidades, tal que  $\delta(\alpha) = \{\sigma \mid \sigma \text{ é uma habilidade de } \alpha \}$ .

Para o SACI, o funcionamento interno do agente não importa, podendo este ser reativo, cognitivo ou qualquer outro. Existe apenas uma restrição para o ambiente de um agente, ele precisa ter um ciclo de vida tal como ilustrado pela FIG. 4.15.

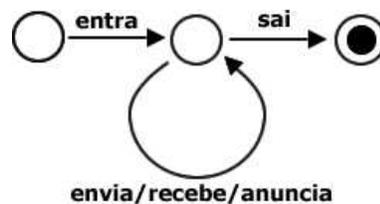


FIG 4.15: Ciclo de Vida de um Agente.

Onde:

- **entra:** O agente entra na sociedade e pega sua identificação social;
- **anuncia:** O agente anuncia sua habilidade para a sociedade;
- **envia/recebe mensagens:** O agente envia ou recebe mensagens para/de outros agentes na mesma sociedade;
- **sai:** O agente sai da sociedade e perde sua identidade dentro da mesma.

## 4.7 ARQUITETURA DO SACI

### 4.7.1 ENTRANDO E SAINDO DE SOCIEDADES

Toda sociedade SACI possui um agente facilitador que mantém: a identidade, a localização e os serviços oferecidos pelos agentes na sociedade. A FIG. 4.16 mostra um exemplo de um ambiente SACI onde existem duas sociedades (*SocA* e *SocB*) com dois agentes e um facilitador em cada uma. Quando um agente deseja entrar na sociedade, ele deve entrar em contato com o facilitador da sociedade e registrar seu nome. O facilitador, por sua vez, irá relacionar o nome do agente com a sua localização e dar uma única identificação para o mesmo. Ao deixar a sociedade, o agente deve notificar o facilitador da sociedade a qual pertence.

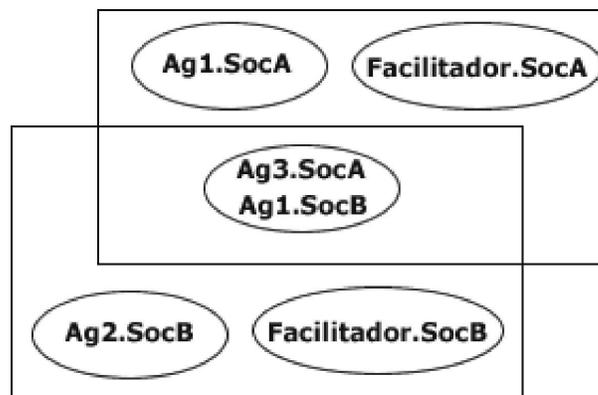


FIG 4.16: Exemplo de Ambiente SACI.

### 4.7.2 ENVIANDO E RECEBENDO MENSAGENS

No SACI, a caixa postal, ou *mailbox* (*MBox*) é um componente que serve como uma interface entre um agente e uma sociedade. Esta é a principal forma de se realizar uma comunicação. Os agentes utilizam os métodos da classe *MBox* que enviam e recebem mensagens, anunciam habilidades, dentre outros. Um agente pode ter mais de um objeto

*MBox*, onde cada um corresponde a uma sociedade em que o agente se encontra. Na FIG. 4.17, primeiramente os agentes *Ag1* e *Ag2* se registram na sociedade *SocA* (linhas 1 e 2). Logo após, o agente *Ag2* da sociedade precisa se comunicar com o agente *Ag1*. Neste caso, o agente *Ag2* conhece o nome do agente *Ag1*. O *MBox* do *Ag2* precisa saber a localização do *Ag1*, então ele pergunta para o facilitador da sociedade a localização (linha 3). Obtendo a resposta (linha 4), o *Ag2* começa a comunicação com o *Ag1* através do *MBox* (linha 5). Esta relação agente e hospedeiro (*host*) armazenada pelo facilitador é denominada de *Serviço de Páginas Brancas*.

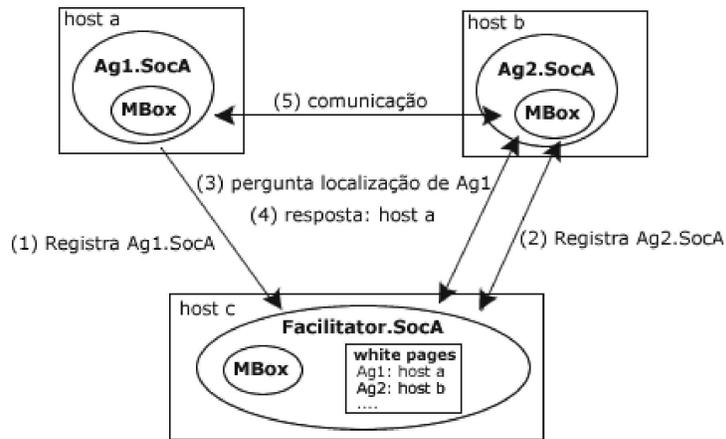


FIG 4.17: Serviço de Páginas Brancas.

### 4.7.3 ANUNCIANDO HABILIDADES

Nas sociedades do SACI, os agentes podem anunciar suas habilidades ao facilitador da sociedade para fins de se conhecer quem está dentro da sociedade e o que faz. Esta relação entre agente e habilidade armazenada pelo facilitador é denominada de *Serviço de Páginas Amarelas*. Quando um agente precisa que um outro agente realize uma tarefa para ele mas não sabe seu nome, ele pode solicitar ao facilitador um conjunto de nomes de agentes que correspondam à habilidade desejada, para que depois possa decidir a qual agente irá solicitar a realização da tarefa. Na FIG. 4.18, o agente *Ag2* anunciou uma habilidade ( $ask(x)$ ) que o agente *Ag1* precisa (linha 1). Posteriormente o *Ag1* pergunta ao facilitador o nome de todos os agentes que tenham como habilidade “ $ask(x)$ ” (linha 2), o facilitador dá como resposta o nome de *Ag2* (linha 3). Agora o agente *Ag1* pode iniciar a comunicação com o agente *Ag2* (linha 4).

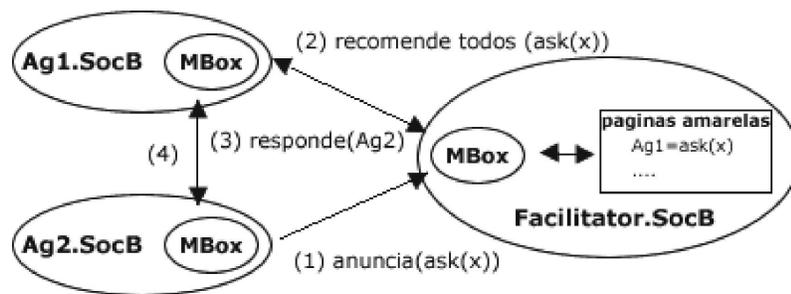


FIG 4.18: Serviço de Páginas Amarelas.

## 5 ARQUITETURA SMA PARA A CASA INTELIGENTE

Neste capítulo apresenta-se a arquitetura SMA e uma descrição de todos os agentes desenvolvidos para o sistema da casa inteligente.

Na Seção 5.1, a arquitetura do sistema é apresentada, juntamente com as funções de cada agente.

### 5.1 ARQUITETURA DA CASA INTELIGENTE

A arquitetura proposta neste trabalho tem como característica principal a possibilidade de implementação de uma estrutura de agentes em qualquer tipo de ambiente, ou seja, casas, hotéis, escolas, etc. A arquitetura desenvolvida é de duas camadas, na camada inferior é definida a interface para cada cômodo e na camada superior existe dois grupos de agentes. No primeiro grupo, estão os agentes (rede neural, identificação, luminosidade, temperatura e consumo de energia) que controlam as ações informadas pelo agente da camada inferior. No segundo grupo, existe o agente externo que não se comunica com o agente da primeira camada, mas interage com o agente identificação que está no primeiro grupo.

A FIG. 5.1 ilustra uma planta de uma casa, e dois grupos de agentes. Na primeira camada foram definidos um conjunto de agente interfaces, que tem como função receber ou modificar os dados relacionados a temperatura ou luminosidade e informações sobre a entrada ou saída de um ocupante. Para o sistema deste trabalho, foram criados os seguintes agente interfaces: sala, quarto, cozinha e banheiro. Na segunda camada estão os agente serviços. As funções dos agentes nessa camada são: identificar um ocupante, acionar o sistema de aquecimento ou refrigeração, etc. Para o SMA da casa inteligente foram definidos os seguintes agente serviços: rede neural, identificação, temperatura, luminosidade, consumo de energia e externo.

A FIG. 5.2 ilustra um cômodo denominado *quarto* com um sensor de luminosidade, um sensor de temperatura, um *dimmer* (controla a luminosidade), um termostato (controla a temperatura), uma luminária, um sensor de passos e um condicionador de ar. Os sensores servem para informar a temperatura, luminosidade e a entrada ou saída de um ocupante no ambiente.

A seguir serão explicadas com mais detalhes todas as funções definidas para cada

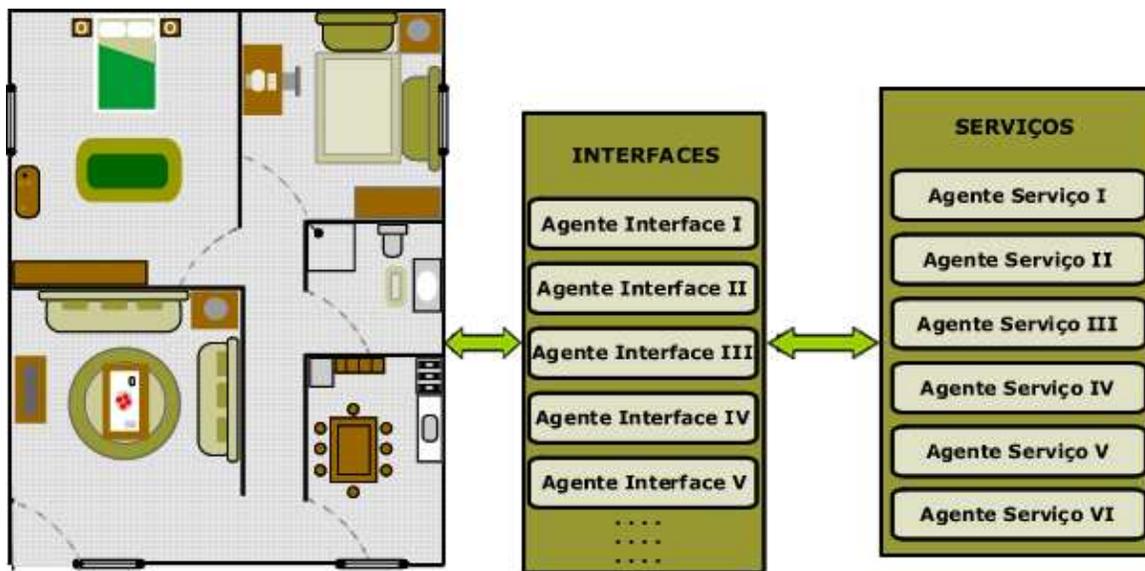


FIG 5.1: Arquitetura SMA - Sociedade de Agentes.

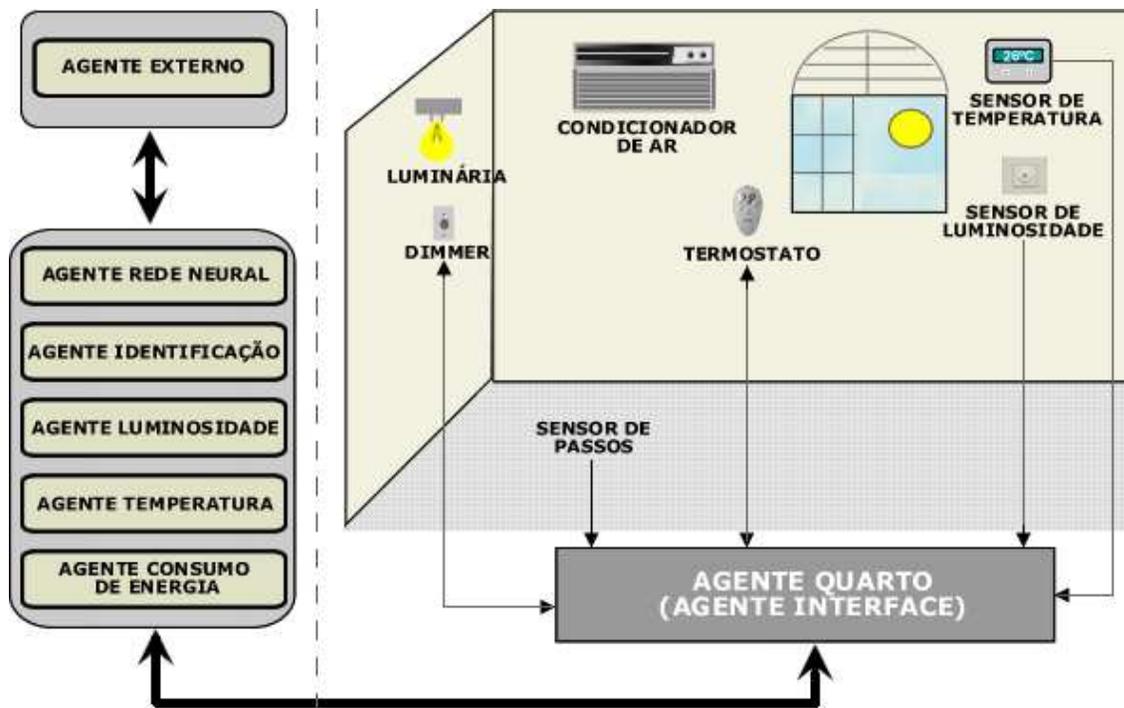


FIG 5.2: Arquitetura SMA - Agente Quarto.

agente desenvolvido no sistema.

### 5.1.1 AGENTE INTERFACE DO CÔMODO (AG\_INTERFACE)

Para cada cômodo da casa é criado um agente interface, ou seja, se em uma casa tem um quarto, o sistema cria o agente quarto. Algumas funções foram definidas para esse

agente:

- informar os dados capturados pela malha sensora na entrada e saída dos ocupantes no cômodo para o Ag\_RedNeural. No sistema real, o sistema recebe informações relacionadas à passada do morador. Para a criação dos cenários do sistema, esses dados são substituídos por uma identificação que é gerada à medida que um morador identificado ou não, entrar ou sair de um determinado cômodo;
- informar o valor capturado pelo sensor de luminosidade para o Ag\_Luminosidade e o de temperatura para o Ag\_Temperatura. Nesta função os dados informados pelos sensores são utilizados para verificar se a luminosidade e/ou temperatura atual estão de acordo com as preferências do(s) morador(es) e para verificar se o ambiente externo modificou a luminosidade e/ou temperatura ambiente;
- receber o valor do *dimmer* e do termostato para que o ambiente seja adaptado de acordo com as preferências de temperatura ou luminosidade do(s) ocupante(s);
- atuar no *dimmer* e termostato respectivamente, quando o ocupante alterar suas preferências de temperatura e luminosidade, o Ag\_Interface informa a posição do *dimmer* modificado para o Ag\_Luminosidade e o valor do termostato para o Ag\_Temperatura;
- acionar o sistema de refrigeração ou aquecimento, essas requisições são feitas pelo Ag\_Temperatura;
- acionar a luminária quando o Ag\_Luminosidade requisitar.

#### 5.1.1.1 AGENTE REDE NEURAL (AG\_REDENEURAL)

O agente rede neural recebe os dados relacionados com a identificação do(s) ocupante(s) informado pelo Ag\_Interface. Para esse agente, poderão surgir os seguintes casos:

- informar a identificação e a localização de um morador identificado para o agente identificação (Ag\_Identificacao);
- solicitar o modo de segurança para o Ag\_Identificacao, quando um ocupante não é identificado. Dependendo do modo, o morador não identificado pode ser um visitante, novo morador ou invasor;

- receber a identificação do novo morador quando este entrar ou sair de um determinado cômodo.

#### 5.1.1.2 AGENTE IDENTIFICAÇÃO (AG\_IDENTIFICACAO)

Quando um ocupante entrar ou sair de um determinado cômodo da casa, o agente identificação (Ag\_Identificação) recebe as identificações do agente rede neural (Ag\_Redeneural). Para todas as entradas e saídas de moradores identificados ou não, são criados registros com a sua identificação, localização, o horário e data da entrada e o horário e a data da saída.

Toda consulta ao banco de dados por informações sobre as preferências do(s) morador(es) é feita tendo como principais informações a identificação do morador, a sua localização e o horário da sua entrada ou saída no cômodo. O horário é importante, pois se um morador entrar no cômodo às oito horas e cinco minutos (08:05) a sua preferência estará armazenada na coluna entre as oito horas e um minuto (08:01) até as oito horas e trinta minutos (08:30), ou seja, as preferências dos moradores podem ser armazenado para cada meia hora redonda do dia. Para esse agente podem surgir os seguintes casos:

- quando recebe a identificação do Ag\_Redeneural de um morador identificado:
  - verifica se esse morador já entrou no cômodo, pois para um morador identificado pode ser a primeira vez a entrar nesse cômodo. Caso isso seja verdade é necessário criar um registro no banco de dados de preferências do morador com valores nulos, pois considera-se que em sua primeira entrada o morador não expressou suas preferências de temperatura e luminosidade;
  - se o morador identificado já entrou no cômodo, o Ag\_Identificacao verifica o horário da sua entrada e faz uma busca no banco de dados para verificar qual a preferência de temperatura e luminosidade para este horário. Se o valor da luminosidade ou temperatura armazenado for nulo, significa que para o horário da sua entrada não foi expressado a sua preferência com relação a temperatura e/ou luminosidade. O Ag\_Identificacao solicita que o cômodo seja adaptado, informando o valor da luminosidade para o Ag\_Luminosidade e a temperatura para o Ag\_Temperatura.
- a identificação é de um conjunto de moradores identificados:
  - o Ag\_Identificacao recebe a identificação desse conjunto de moradores e separa para cada morador do conjunto para verificar as preferências de temperatura

e luminosidade de cada um. Feito isso, o `Ag_Identificacao` verifica quais os moradores que não tem opinião sobre a sua preferência, pois esses serão descartados no cálculo da média das preferências. Para o cálculo podem acontecer os seguintes casos:

- \* se um conjunto de três moradores entrarem no quarto, e um dos moradores não tem preferência de temperatura, no cálculo será realizado a soma de duas temperaturas e dividindo por dois, pois o morador que não tem opinião é descartado;
  - \* se no mesmo conjunto de três moradores todos tem preferência de luminosidade, o cálculo será feito somando todas os valores e dividindo pela quantidade de moradores que tem opinião sobre a luminosidade, neste caso são três.
- sempre que a identificação for para um conjunto de moradores, o sistema calcula a média, dos moradores que já definiram preferências de temperatura ou luminosidade.
- se a identificação informada pelo `Ag_RedNeural` é de um ocupante não identificado, o `Ag_Identificacao` verifica o modo de segurança:
    - se o modo de segurança for vermelho, o `Ag_Identificacao` solicita que a polícia ou firma de segurança seja acionada, e insere no banco de dados a entrada de um invasor em um determinado cômodo;
    - se for amarelo, o `Ag_Identificacao` verifica no banco de dados as preferências para um visitante, informa os valores da temperatura e luminosidade para o `Ag_Temperatura` e `Ag_Luminosidade` solicitando adaptação. Essa adaptação só será realizada quando não existir moradores identificados no cômodo, pois um morador tem preferência sobre um visitante. Independente da quantidade de visitantes, a adaptação será feita para o primeiro visitante;
    - se for verde, o `Ag_Identificacao` cria uma identificação para o novo morador, registra a identificação no banco de dados para que na próxima vez que este morador entrar na casa, seja identificado. Os valores da luminosidade e temperatura serão nulos, pois considera-se que um novo morador não expressou ainda suas preferências de temperatura e luminosidade para o cômodo.
  - se o cômodo estiver vazio, valores padrão serão utilizados para adaptar a luminosidade

dade e temperatura, isto é, sistema de refrigeração e de iluminação desligados.

#### 5.1.1.3 AGENTE LUMINOSIDADE (AG\_LUMINOSIDADE)

Todas as informações relacionadas à luminosidade são informadas para esse agente.

- o Ag\_Identificacao solicita que um cômodo seja adaptado quando um ocupante entrar ou sair de um cômodo. Esse agente informa a preferência da luminosidade em *lux* a ser adaptada. O Ag\_Luminosidade recebe esses dados e calcula a diferença entre os valores, para saber se é necessário ajustar a posição do *dimmer* para a luminosidade ficar de acordo com a preferência do morador;
- se o morador modificar a sua preferência de luminosidade, o Ag\_Luminosidade recebe do Ag\_Interface a nova posição do *dimmer* ajustado pelo morador;
- se a luminosidade do cômodo modificar, o Ag\_Interface comunica a mudança do valor para o Ag\_Luminosidade. Esse agente calcula a diferença entre a preferência do morador com o valor informado pelo sensor e verifica qual o valor da posição do *dimmer* a ser ajustada, para que a luminosidade no cômodo esteja de acordo com as preferências do morador;
- sempre que o Ag\_Luminosidade solicitar que um cômodo seja adaptado será informado para o agente consumo de energia (Ag\_ConsEnergia) o valor da luminosidade, e o cômodo a ser adaptado, para que se possa calcular o consumo.

#### 5.1.1.4 AGENTE TEMPERATURA (AG\_TEMPERATURA)

Este agente tem todas as informações relacionadas com a temperatura. Tem as mesmas características que o Ag\_Luminosidade, com algumas observações:

- o Ag\_Identificacao solicita a adaptação de um cômodo, quando um ocupante entrar ou sair de um ambiente. Uma das funções desse agente é informar a preferência de temperatura em  $^{\circ}C$  (graus Celsius) do ocupante (morador identificado, novo morador ou visitante);
- quando um morador modificar a sua preferência de temperatura, o Ag\_Temperatura recebe o novo valor, e atualiza o valor armazenado no banco de dados;
- quando o Ag\_Temperatura solicitar a adaptação de um cômodo, o Ag\_ConsEnergia é solicitado para calcular o consumo de energia.

#### 5.1.1.5 AGENTE CONSUMO DE ENERGIA (AG\_CONSENERGIA)

Tem como função calcular o consumo de energia relacionado à manutenção da temperatura e da luminosidade de cada cômodo. As fórmulas utilizadas para o cálculo estão demonstradas na Subseção 3.2.4.

#### 5.1.1.6 AGENTE EXTERNO (AG\_EXTERNO)

Quando um ocupante não for identificado, o sistema de segurança é acionado. Se o modo de segurança for vermelho, o Ag\_Identificacao terá que solicitar ao Ag\_Externo que acione a polícia ou firma de segurança. O Ag\_Identificacao informa ao Ag\_Externo a localização do invasor, para que a firma de segurança tenha informações sobre os cômodos que o invasor entrou e saiu na casa. A firma de segurança atribui para a casa o modo de segurança. Esse modo é informado para o Ag\_Externo, que seta o novo valor no banco de dados.

## 6 METODOLOGIAS ORIENTADAS A AGENTES

As metodologias orientadas a agentes permitem desenvolver o sistema a partir de uma especificação inicial em alto nível, onde todos os serviços executados pelo sistema são identificados e posteriormente detalhados, para que desta forma todos os agentes necessários à construção do sistema possam ser identificados, bem como as relações entre eles.

Existem diversas metodologias que facilitam a construção de sistemas multiagentes, como por exemplo: MaSE (DELOACH, 2001b,c; DAM, 2003), GAIA (WOOLDRIDGE, Seattle - WA, 1999, 2000), Message (CAIRE, 2001a,b), Prometheus (PADGHAM, 2001a,b, 2002, 2003) e Tropos (GIUNCHIGLIA, 2002; BRESCIANI, 2002).

Neste capítulo serão apresentados algumas metodologias orientadas a agentes. Na Seção 6.1, a metodologia Prometheus é apresentada. A metodologia Tropos, é apresentada na Seção 6.2, por fim, na Seção 6.3, é apresentada a metodologia MaSE, que será utilizada neste projeto.

### 6.1 PROMETHEUS

Pode-se citar algumas propriedades dessa metodologia:

- Suporta o desenvolvimento de agentes inteligentes que usam objetivos, crença, planos e eventos. Outras metodologias tratam os agentes como um simples processo de software que interagem com outros agentes;
- Fornece suporte desde o início até o final da implementação do sistema de agente inteligente;
- Fornece mecanismos de estrutura hierárquica que permitem executar projetos em múltiplos níveis de abstração;
- Usa um processo iterativo de engenharia de software. Embora os processos sejam descritos seqüencialmente, a intenção não é executar puramente em seqüência.

Essa metodologia consiste de três etapas: especificação do sistema, projeto arquitetural e projeto detalhado.

A primeira etapa é a *especificação do sistema*, que envolve duas atividades: determinação do ambiente e determinação dos objetivos e funcionalidades do sistema. O ambiente do sistema é definido em termos de percepção (informações de chegada ao ambiente) e ações (os meios pelos quais um agente atinge seu ambiente). A percepção corresponde a dados iniciais disponíveis para um sistema de agente que possa requerer um processo para identificar os eventos que possibilita uma reação do agente. Ações podem ser mais complexas, exigem um projeto importante e um desenvolvimento externo na área de raciocínio do sistema. As funcionalidades do sistema são definidas identificando os objetivos que são realizados pela definição de cada cenário nos casos de uso. Esses cenários descrevem exemplos do sistema em operação. Um cenário típico, inclui uma seqüência de passos que descrevem a entrada de percepção, envio de mensagens, atividades e ações. O desenvolvimento de objetivos, funcionalidades dos cenários de casos de uso são normalmente repetitivos. Cada um desses conceitos foi elaborado utilizando a forma de descritores. O descritor de funcionalidades produzido contém um nome, uma pequena *descrição* da linguagem natural, uma lista de *ações*, uma lista de *percepções* relevantes, *dados usados e produzidos* e uma breve descrição de *interações* com outras funcionalidades.

A segunda etapa, que é o projeto *arquitetural*, envolve três atividades: a definição do tipo de agente, um esboço completo da estrutura do sistema e as interações entre os agentes. Os tipos de agentes são produzidos pela união de funcionalidades, que são identificadas com a ajuda de um diagrama que junta os dados e relaciona os agentes a serem descritos, usando um agente descritor cuja função é descrever o ciclo de vida de um tipo de agente (como e quando são inicializados e destruídos), suas funcionalidades, os dados usados e produzidos, seus objetivos, os eventos que devem ser respondidos, suas ações e os outros tipos de agentes que interagem com outros agentes. A estrutura do sistema é elaborada com uma visão geral do diagrama do sistema. A visão geral do diagrama provê aos projetistas e implementadores uma visão geral de como um sistema funcionará como um todo, mostra o tipo de agente, a comunicação entre eles, os dados, o limite do sistema e o seu ambiente (ações, percepções e dados externos). Enquanto que o diagrama geral, captura a sua estrutura estática, o protocolo de interação captura o comportamento dinâmico do sistema, através da definição de seqüências validas de mensagens intencionais entre os agentes.

A qualidade interna de cada agente e como será realizada a sua tarefa dentro de um sistema global são endereçados na fase detalhada do projeto. Isso focaliza nas definições

das capacidades, eventos internos, planos e estrutura de dados detalhada para cada tipo de agente que foi identificado no passo anterior. Primeiramente, as capacidades de um agente são descritas por um descritor de capacidades que contém informações de como os eventos são gerados e recebidos. O descritor de capacidades também inclui uma descrição da capacidade, detalhes envolvendo interações com outras capacidades e referências para dados de leitura e escrita. No segundo passo, em um nível mais baixo de detalhamento, existem outros tipos de descritores: descritores de *planos individuais*, de *eventos* e *dados*. Estes descritores provêm os detalhes, de forma que eles podem ser usados na fase de implementação. A fase detalhada do projeto também envolve a construção do diagrama geral dos agentes, pois são muito parecidos com o diagrama geral do sistema em termos de estilo, mas dão uma visão superior de cada agente interno, especialmente na descrição de um sistema como um todo. O diagrama geral do agente junto com as capacidades dos descritores, provê uma visão de alto nível dos componentes com a arquitetura interna do agente como também as suas ligações (interações), eles mostram no nível superior as habilidades dos agentes, a razão das tarefas entre essas capacidades e os seus dados internos.

## 6.2 TROPOS

Tropos é uma metodologia de desenvolvimento de software orientada a agentes. Uma das diferenças mais significativas entre Tropos e as outras metodologias é o seu forte foco na análise dos requisitos iniciais, onde o domínio de gerência e as suas intenções são identificadas e analisadas.

O processo de desenvolvimento do software consiste de cinco fases: requisitos iniciais, requisitos finais, projeto arquitetural, projeto detalhado e implementação.

**Requisitos Iniciais:** Essa fase é influenciada pela modelagem da estrutura de software de Eric Yu. Essa metodologia utiliza o conceito de ator e objetivos, para modelar os gerentes no domínio designado e nas suas respectivas intenções. Tropos divide as metas em dois diferentes tipos. As metas fortes conduzem a condições funcionais, enquanto que as metas fracas relacionam as condições não funcionais. Existem dois modelos que representam objetivos e atores. No primeiro modelo, o diagrama do ator descreve os gerentes e suas relações no domínio, que são conhecidos como “dependências sociais” que refletem as dependências dos autores nos objetivos a serem completados, planos para serem executados e recursos para serem supridos. No segundo, o objetivo do diagrama é mostrar a análise de objetivos e planos, com respeito a um ator específico que tem a

responsabilidade de alcançá-los. Objetivos e planos são analisados baseados em varias técnicas de raciocínio como proposto pela metodologia, tal como: análise parcial, decomposição e/ou análise de contribuição. Estas técnicas ajudam na análise estrutural dos objetivos nos sistemas, identificar objetivos fracos, planos e recursos que provém os meios para realizar um objetivo e capturar objetivos que promovem ou interferem na realização de outras metas.

**Requisitos Finais:** Esta fase envolve o aumento dos modelos que foram criados no passo anterior. A importância dessa fase é a modelagem do sistema alvo dentro desse ambiente. O sistema é modelado com um ou mais atores. Essas interdependências com outros atores contribuíram para a realização das metas dos gerentes. Estas dependências definem as exigências alvos funcionais e os sistemas não funcionais do sistema requisitado.

**Projeto Arquitetônico:** Esta metodologia define três passos que os projetistas de sistemas podem aplicar para proceder por esta fase. No primeiro passo, novos autores são incluídos e descritos no diagrama. Esses novos atores são derivados na escolha de um estilo arquitetônico. Eles podem existir, para exigências não funcionais completas ou para apoiar subobjetivos decompostos nos passos anteriores. O segundo e terceiro passos identificam as capacidades e grupos para então formar os tipos de agente, onde cada tipo de agente é formado pela união de algumas capacidades.

**Projeto Detalhado:** A metodologia Tropos detalhou a fase de projeto que envolve a especificação dos agentes no baixo nível. Existem três diferentes tipos de diagramas que os projetistas necessitam para produzir e descrever suas capacidades, os planos dos agentes e as interações entre eles. A metodologia Tropos utiliza os diagramas UML para representar capacidades e planos no nível detalhado. Diagrama de Planos são representações mais detalhadas de cada nó nos diagramas de capacidade. A interação entre os agentes do sistema é representada através dos diagramas de interação entre os agentes, que na realidade são diagramas de interação UML.

**Implementação:** terminada a fase do projeto detalhado, pode-se direcionar para o passo final desse método que será a fase de implementação. Para a implementação dos agentes, Tropos escolhe uma plataforma BDI (*Belief, Desire, Intention*), especificamente os agentes inteligentes Jack, para a implementação dos agentes. Jack provê cinco elementos principais de construção: agentes, capacidades, relações de banco de dados, eventos e planos. Nesta fase os desenvolvedores precisam traçar cada conceito na fase de projeto para as cinco idéias que serão utilizada pelo Jack. Tropos provê várias diretrizes e heurísticas para traçar conceitos Tropos para BDI e conceitos BDI para a construção

dos agentes inteligentes Jack.

### 6.3 MASE

A metodologia MaSE (*Multi Agent System Engineering*) (DELOACH, 2001b,c) usa modelos gráficos no desenvolvimento dos tipos de agentes em um sistema e suas relações com outros agentes. O processo consiste em duas fases: *Análise* e *Projeto*. Na fase da Análise serão identificados os objetivos menores (sub objetivos), que serão necessários para realização dos objetivos principais. Cada objetivo é associado a uma regra e a um conjunto de agentes de classes responsáveis pelo seu cumprimento. Na fase de Projeto ocorre a implementação propriamente dita do sistema.

A primeira fase da metodologia MaSE, Análise, é composta por três passos: *captura de objetivos*, *aplicações de casos de uso* e *refinamento das funções*. A captura de objetivos descreve que a partir das especificações iniciais do sistema pode-se transformá-las em uma hierarquia de objetivos. Nesta fase, é necessário identificar e estruturar os objetivos do sistema. No segundo, a aplicação dos casos de uso é um passo crucial na tradução dos objetivos em regras e na associação de tarefas. Os casos de uso são descrições narrativas de uma sucessão de eventos que definem os comportamentos do sistema desejado. No último passo, é necessário assegurar que todas as funções foram identificadas, para desenvolver as tarefas que definem os comportamentos das funções e os padrões de comunicação. As funções são identificadas a partir do diagrama de seqüências desenvolvido durante o passo da aplicação dos casos de uso. Na segunda fase existem outros quatro passos: *criação das classes dos agentes*, *construção das conversações*, *montagens das classes dos agentes* e *projeto do sistema*. O primeiro passo consiste na criação do diagrama de classes, que descreve o sistema como um todo, mostrando os agentes criados, suas funções e as ligações entre as classes (comunicação). O segundo passo define um protocolo de coordenação entre os agentes. Uma comunicação consiste de dois diagramas de classes de conversação, uma para cada iniciador e outra para o que responde. No terceiro passo é necessário definir a arquitetura dos agentes e os componentes que constroem essa arquitetura. Finalmente, o último passo envolve a construção de um diagrama de desenvolvimento que especifica a localização dos agentes no sistema. As fases e os passos dessa metodologia podem ser visualizados na FIG. 6.1.

A metodologia orientada agentes utilizada neste projeto é a MaSE. Somente a primeira fase (análise) foi desenvolvida, considerou suficiente para implementar o sistema. Uma das vantagens dessa metodologia é o software AgentTool (DELOACH, 2001a) que

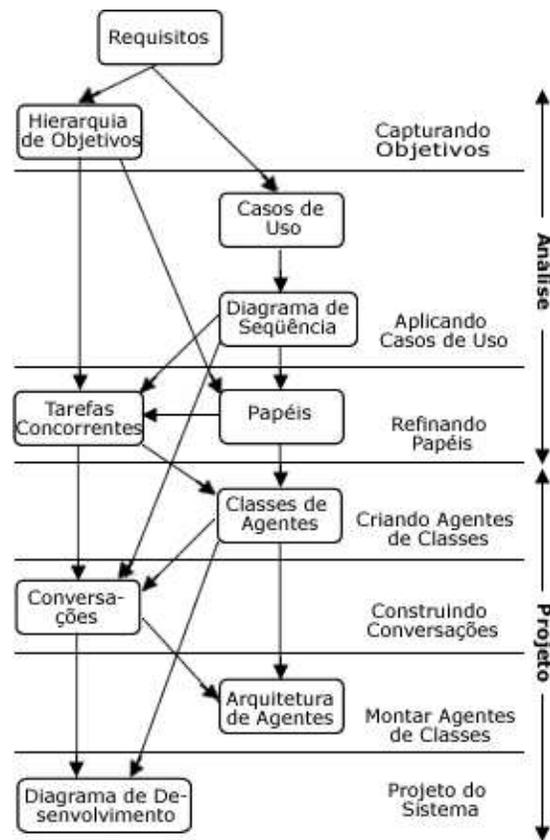


FIG 6.1: Fases e Passos da Metodologia MaSE (WOOLDRIDGE, Seattle - WA, 1999).

é utilizado para desenvolver as duas fases definidas na MaSE. No próximo capítulo os diagramas de caso de uso da UML, e a fase de análise da MaSE desenvolvidos para o sistema da casa inteligente será apresentado.

Foram apresentadas no Capítulo 6 diversas metodologias orientadas a agentes como a MaSE (DELOACH, 2001b,c), Prometheus (PADGHAM, 2001a,b, 2002, 2003) e Tropos (GIUNCHIGLIA, 2002; BRESCIANI, 2002)). Neste projeto é utilizada a metodologia MaSE por ser bastante difundida e de dispor de uma ferramenta chamada AgentTool (DELOACH, 2001a), que facilita o desenvolvimento das fases (análise e projeto) definidas na metodologia e na construção dos diagramas de forma eficiente e rápida.

Antes de utilizar a metodologia MaSE, foi definido os diagramas de caso de uso da UML (*Unified Modeling Language*) para se ter uma visão geral do sistema. Das fases da metodologia MaSE, explicadas na Seção 6.3, somente a fase de análise é utilizada na modelagem do sistema multiagente para a casa inteligente (ROSA, 2005c). Nesta fase, não foi utilizada a estrutura de caso de uso da MaSE. Durante o desenvolvimento da primeira fase, observou-se que seria suficiente para implementar o sistema, por isso a segunda fase não foi utilizada.

A Seção 7.1, traz os diagramas de caso de uso, o diagrama de objetivos é apresentado na Seção 7.2. A etapa aplicando casos de uso é apresentada na Seção 7.3, e por fim a última etapa da fase de análise é apresentada na Seção 7.4.

### 7.1 DIAGRAMA DE CASO DE USO

Para um melhor entendimento do sistema serão mostrados e explicados os casos de uso para a casa inteligente. Um caso de uso é uma interação típica entre um usuário e um sistema, um modo específico de utilização a partir de um ponto de vista segmentado de funcionalidade. Podem ser empregados para especificação de necessidades e funcionalidade oferecidas de uma classe. A classe especificada pode ser um sistema ou qualquer elemento de modelo que contém comportamento em um modelo de sistema (FURLAN, 1998).

Os casos de uso para a casa inteligente são listados em seguida. Nas subseções seguintes, descrevem-se cada um dos casos de uso listados abaixo.

- a) Adaptar Cômodo à Entrada de Morador Identificado;
- b) Adaptar Cômodo à Entrada de Novo Morador;

- c) Adaptar Cômodo à Entrada de Visitante;
- d) Acionar Segurança à Entrada de Invasores;
- e) Monitorar Ações do Ambiente Externo e Ajustar Temperatura ou Luminosidade;
- f) Monitorar Ações do Morador e Atualizar Preferências de Temperatura e Luminosidade;
- g) Monitorar Ações do Visitante e Alterar o Valor da Luminosidade ou Temperatura;
- h) Modificar Modo de Segurança;
- i) Controle do Consumo de Energia por Cômodo;
- j) Acionar o Sistema de Refrigeração ou de Aquecimento;
- k) Adaptar Cômodo à Saída de Morador;
- l) Adaptar Cômodo à Saída de Visitante;
- m) Informar Saída de Invasor.

#### 7.1.1 ADAPTAR CÔMODO À ENTRADA DE MORADOR IDENTIFICADO

No diagrama de caso de uso mostrado na FIG. 7.1, são apresentados os atores (agentes) e os casos de uso que devem ser tratados, na identificação do morador ao entrar em um determinado cômodo para adaptar a temperatura e luminosidade de acordo com as suas preferências.

Os seguintes casos de uso serão apresentados:

- a) **Informar Dados do Sensor de Passos ou a Identificação para Associação e a Localização do Ocupante:** neste caso de uso podem ocorrer:
  - em cada cômodo da casa existe um sensor de passos (NASCIMENTO, 2002; DELIMA, 2005) responsável por capturar a frequência de passos do morador. Os dados relativos a sua passada e a sua localização deverão ser informados a uma rede neural capaz de identificar um morador a partir desses dados.
- b) **Informar Ocupante Identificado e a Sua Localização:** dois casos podem acontecer:

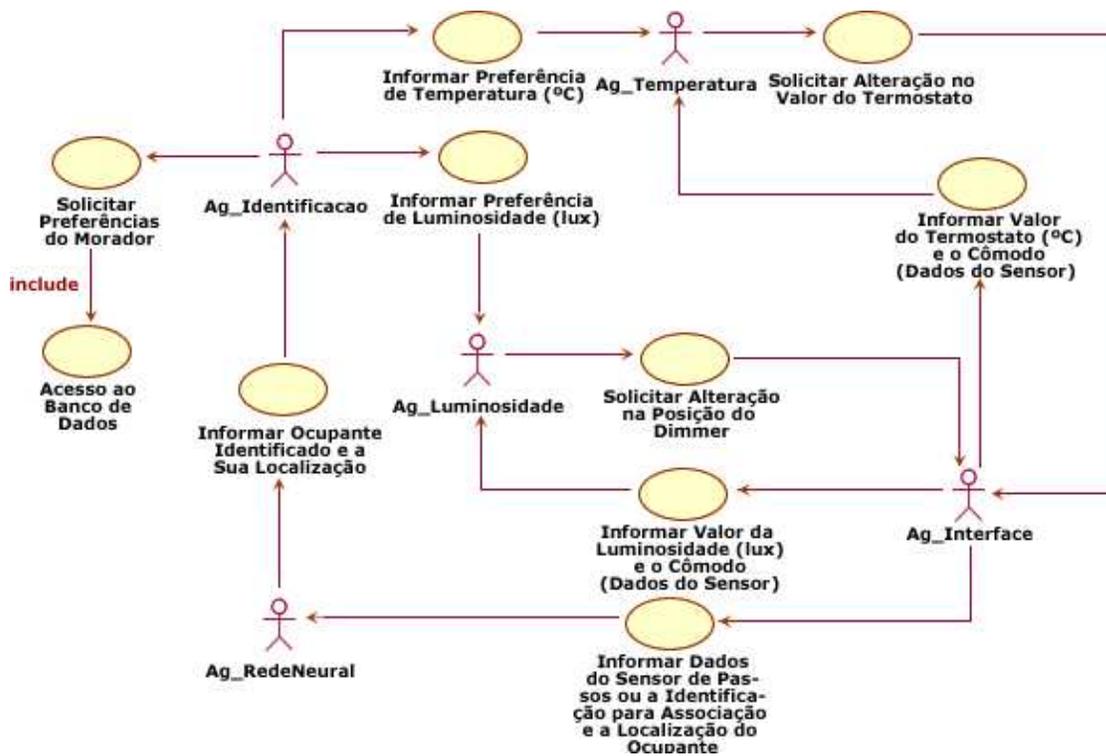


FIG 7.1: Diagrama de Caso de Uso - Adaptar Cômado à Entrada de Morador Identificado.

- se os dados informados forem a passada do morador, a rede neural realiza a adaptação da frequência dos passos para identificar o morador que entrou no cômado;
- se for uma identificação para associação, o sistema associa a um morador identificado.

Para ambos os casos, deve-se informar o morador identificado e a sua localização na casa para o Ag\_Identificacao;

- c) **Solicitar Preferências do Morador:** após a identificação e localização do morador, é necessário obter as suas preferências de luminosidade e temperatura para que se possa adaptar o cômado que o morador está ocupando;
- d) **Acesso ao Banco de Dados:** As preferências estão armazenadas em um banco de dados, onde cada morador identificado pode ter registrado os valores de temperatura e/ou luminosidade, caso tenha definido uma opinião sobre esses dados. No Capítulo 8, demonstra-se o banco de dados do projeto e na Seção 8.3, explica-se a forma de armazenar as preferências do(s) morador(es);

- e) **Informar Preferência de Temperatura ( $^{\circ}C$ ):** a temperatura é adaptada de acordo com o valor do termostato armazenado no banco de dados com as preferências do morador identificado;
- f) **Informar Preferência de Luminosidade ( $lux$ ):** o valor da luminosidade em  $lux$  armazenado no banco de dados com as preferências do morador é informado para que a luminosidade seja adaptada;
- g) **Informar Valor do Termostato ( $^{\circ}C$ ) e o Cômodo (Dados do Sensor):** a temperatura atual do cômodo capturada pelo sensor de temperatura é informada para o Ag\_Temperatura. Esta informação é necessária para comparar com a preferência do grupo de moradores, ou seja, se a temperatura do sensor for maior do que a preferência, significa que o sistema de refrigeração é acionado, caso contrário é o de aquecimento, para que o cômodo seja adaptado as preferências de temperatura do morador;
- h) **Informar Valor da Luminosidade ( $lux$ ) e o Cômodo (Dados do Sensor):** a luminosidade atual do cômodo capturada pelo sensor de luminosidade é informada para o Ag\_Luminosidade. Esse agente decide qual a posição do *dimmer* que deve ser utilizada para adaptar o cômodo. Ele recebe a preferência da luminosidade do morador, calcula a diferença entre esse valor com o informado pelo sensor para saber quantos *luxes* são necessários para adaptar o cômodo, levando em consideração a luminosidade externa. Calculado a diferença, o valor é convertido para a posição do *dimmer* utilizando os valores definidos na FIG. 3.5;
- i) **Solicitar Alteração no Valor do Termostato ( $^{\circ}C$ ):** o valor do termostato utilizado para adaptar um determinado cômodo deve ser informado para o agente interface pois ele é o responsável pela alteração da temperatura no cômodo;
- j) **Solicitar Alteração na Posição do *Dimmer*:** a luminosidade é adaptada de acordo com a informação da luminosidade em  $lux$  convertida para a posição do *dimmer*, que foi calculada utilizando a conversão da FIG. 3.5. Para que o cômodo seja adaptado o valor do *dimmer* é informado para o agente interface.

### 7.1.2 ADAPTAR CÔMODO À ENTRADA DE NOVO MORADOR

No diagrama da FIG. 7.2, são identificados todos os atores e casos de uso responsáveis por adaptar um cômodo à entrada de um novo morador. Neste caso, uma nova assinatura

de passadas é identificada pela rede neural, e o modo de segurança verde determina que esse ocupante seja tratado como novo morador. É criada uma identificação pelo sistema, para que da próxima vez que o mesmo morador entrar em um determinado cômodo, o sistema seja capaz de identificar e adaptar de acordo com as suas preferências.

Para este caso, não é necessário informar o valor capturado pelo sensor de luminosidade e de temperatura, pois como o sistema está tratando de um novo morador, o cômodo é adaptado com valores nulos (temperatura e luminosidade). Esses valores significam que o morador não definiu suas preferências.

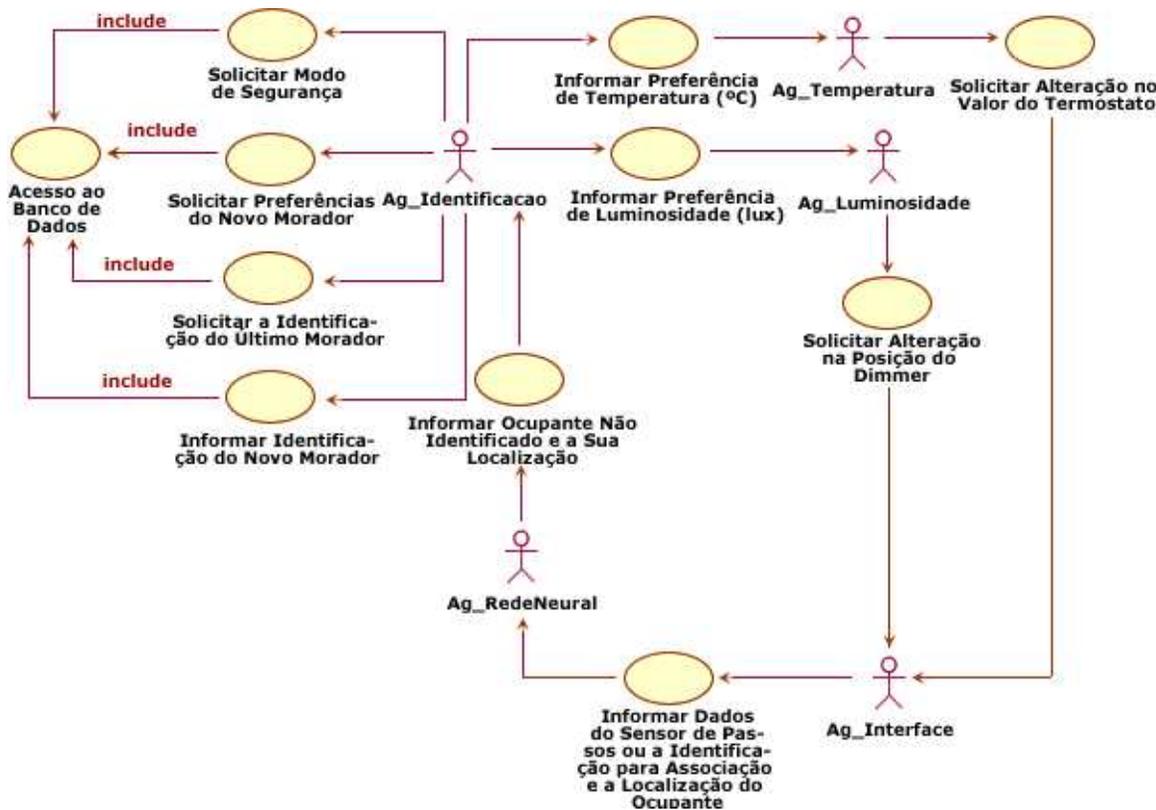


FIG 7.2: Diagrama de Caso de Uso - Adaptar Cômodo à Entrada de Novo Morador.

Os casos de uso apresentados na FIG. 7.2 são:

a) **Informar Dados do Sensor de Passos ou a Identificação para Associação e a Localização do Ocupante:** neste caso de uso podem ocorrer dois casos:

- os dados relativos a sua passada e a sua localização deverão ser informados a uma rede neural capaz de identificar um morador a partir dos dados da sua passada;
- a identificação ([0]) na interface para a criação dos cenários, é utilizada para a

entrada de um novo ocupante. Neste caso de uso, essa identificação é associada a um novo morador.

- b) **Informar Ocupante Não Identificado e a Sua Localização:** Para esse caso o ocupante não foi identificado e o sistema de segurança é acionado para que o morador seja tratado de acordo com o modo de segurança (verde, amarelo, vermelho) atual. Após o Ag\_Identificacao receber a mensagem que o morador não foi identificado, o sistema de segurança é acionado.
- c) **Solicitar Modo de Segurança:** quando um ocupante não for identificado o sistema de segurança é acionado. Neste caso o modo de segurança definido é verde, para que determine uma identificação própria para a frequência dos passos capturada pela malha sensora ou a uma identificação criada para associar a um morador não identificado;
- d) **Solicitar Preferências do Novo Morador:** no banco de dados com as preferências do(s) morador(es), são definidos valores nulos de luminosidade e temperatura para que o cômodo seja adaptado;
- e) **Solicitar a Identificação do Último Morador:** para esse caso de uso, o sistema deve definir uma identificação para o novo morador. O agente solicita a identificação do último morador para que o número que identifica o novo morador seja inserido na posição correta no vetor que define os moradores identificados pelo sistema;
- f) **Informar Identificação do Novo Morador:** depois que a identificação do último morador for informada, o sistema pode definir a identificação para o novo morador;
- g) **Acesso ao Banco de Dados:** Para este caso de uso os acessos necessários ao banco de dados do sistema são:
  - o modo de segurança está definido na tabela *Modo\_Seguranca*;
  - as preferências de temperatura e luminosidade para um novo morador estão registrados na tabela *Preferencias\_Ocup*;
  - todas as identificações dos moradores estão armazenadas na tabela *Moradores*;
  - para identificar um novo morador é necessário verificar qual a última identificação na tabela *Moradores*, e assim criar uma nova seguindo o critério demonstrado na FIG. 3.2 e depois que criado armazenar nessa mesma tabela.

Na Seção 8.3, estão explicadas todas as tabelas mencionadas.

- h) **Informar Preferência de Temperatura ( $^{\circ}C$ ) e de Luminosidade ( $lux$ ):** no banco de dados com as preferências dos moradores são definidos valores nulos de luminosidade em  $lux$  e temperatura em  $^{\circ}C$ ;
- i) **Solicitar Alteração no Valor do Termostato ( $^{\circ}C$ ):** o agente interface é o responsável pela modificação da temperatura em um determinado cômodo da casa, o agente temperatura informa o valor nulo do termostato para o agente interface manter o condicionador de ar desligado;
- j) **Solicitar Alteração na Posição do *Dimmer*:** o agente interface deve ser informado sobre o novo valor nulo da posição do *dimmer* para que a luminosidade do cômodo mantenha desligada.

### 7.1.3 ADAPTAR CÔMODO À ENTRADA DE VISITANTE

No caso de uso da FIG. 7.3, o ocupante não é identificado, mas quando o agente de identificação (Ag\_Identificacao) verifica no banco de dados que o modo de segurança é amarelo, o sistema trata qualquer morador não identificado como um visitante. No banco de dados de preferências, valores padrão de temperatura ( $^{\circ}C$ ) e luminosidade ( $lux$ ) são definidos para um visitante. O visitante ou qualquer morador tem autonomia perante o sistema, se ele não gostar dos valores padrão definidos para adaptar o cômodo ele pode modificar para que o ambiente seja adaptado ao seu gosto. As preferências do visitante não são atualizadas na base de dados, e o morador possui prioridade sobre os visitantes num cômodo. Se um segundo visitante entrar no mesmo cômodo, o valor do termostato e da luminosidade não serão atualizados, porque já existe um primeiro visitante, que possivelmente pode ter trocado os valores padrão. Se o sistema atualizasse esses valores para o segundo ocupante, o primeiro ocupante terá que fazer novamente a modificação. Para cada visitante que entrar na casa o sistema informa a identificação, seguindo os critérios definidos na Seção 3.1.

Na FIG. 7.3, são apresentados os seguintes casos de uso:

- a) **Informar Dados do Sensor de Passos ou a Identificação para Associação e a Localização do Ocupante:** para este caso de uso é definida a mesma idéia apresentada no diagrama de caso de uso apresentado na Subseção 7.1.1. O sensor de passos é responsável por capturar a frequência de passos do ocupante;

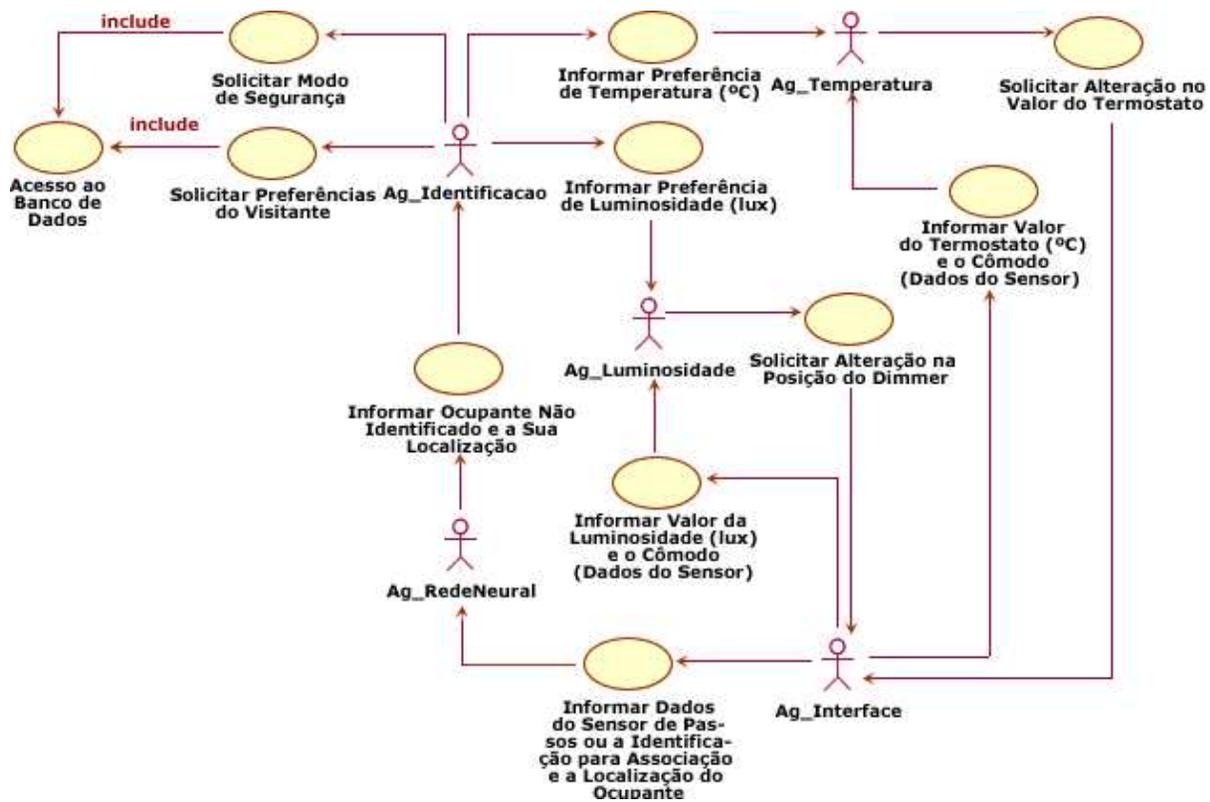


FIG 7.3: Diagrama de Caso de Uso - Adaptar Cômulo à Entrada de Visitante.

- b) **Informar Ocupante Não Identificado e a Sua Localização:** a rede neural não identifica o ocupante que entrou no cômulo ou a identificação que é utilizada para a simulação é de um morador não identificado, conseqüentemente o modo de segurança é acionado;
- c) **Solicitar Modo de Segurança:** o sistema de segurança é acionado quando um ocupante não for identificado pela rede neural. Para este caso de uso o modo de segurança está definido como amarelo, ou seja, o ocupante não identificado é um visitante;
- d) **Solicitar Preferências do Visitante:** no banco de dados está definido valores padrão de temperatura e luminosidade para serem utilizados quando o modo de segurança é amarelo;
- e) **Acesso ao Banco de Dados:** alguns acessos são necessários para esse caso de uso:
- como o ocupante que entrou no cômulo não foi identificado, o sistema tem a necessidade de verificar na tabela *Modo\_Seguranca*, qual o modo definido na

entrada desse ocupante;

- para um visitante foram definidos valores padrão de temperatura e luminosidade que estão registrados na tabela *Preferencias\_Ocup.*

Na Seção 8.3, estão explicadas todas as tabelas mencionadas.

- f) **Informar Valor do Termostato ( $^{\circ}C$ ) e o Cômodo (Dados do Sensor):** este caso de uso tem a mesma idéia do diagrama de caso de uso apresentado na Subseção 7.1.1, onde o valor da temperatura capturada pelo sensor de temperatura é informada para o *Ag\_Temperatura*;
- g) **Informar Valor da Luminosidade (lux) e o Cômodo (Dados do Sensor):** este caso de uso tem a mesma idéia do diagrama de caso de uso apresentado na Subseção 7.1.1, onde o *Ag\_Luminosidade* recebe o valor informado pelo sensor de luminosidade, e pelo *Ag\_Identificacao* para decidir a posição do *dimmer* necessária para adaptar o cômodo de acordo com as preferências do visitante;
- h) **Informar Preferência de Temperatura ( $^{\circ}C$ ) e de Luminosidade (lux):** antes de informar o valor do termostato e da luminosidade, o *Ag\_Identificacao* verifica se existe um visitante presente no cômodo, pois a adaptação só deve ser feita para o primeiro que entrar, neste caso são utilizados valores padrão;
- i) **Solicitar Alteração no Valor do Termostato ( $^{\circ}C$ ) e na Posição do *Dimmer*:** neste caso o valor do termostato e a posição do *dimmer* são solicitados para a alteração quando no cômodo não há nenhum morador ou visitante, ou seja, o primeiro visitante que entrar o sistema deve solicitar a alteração desses valores para o *Ag\_Interface*.

#### 7.1.4 ACIONAR SEGURANÇA À ENTRADA DE INVASORES

No caso de uso mostrado na FIG. 7.4, o ocupante não foi identificado e o modo de segurança solicitado é vermelho, isto é, todo ocupante não identificado é considerado um invasor. O sistema aciona a polícia ou firma de segurança para que medidas de segurança sejam tomadas. Para esse caso é necessário identificar o invasor para saber a quantidade de invasores presentes em um determinado cômodo da casa.

Os casos de uso identificados são:

- a) **Informar Dados do Sensor de Passos ou a Identificação para Associação e a Localização do Ocupante:** para este caso de uso é definida a mesma idéia

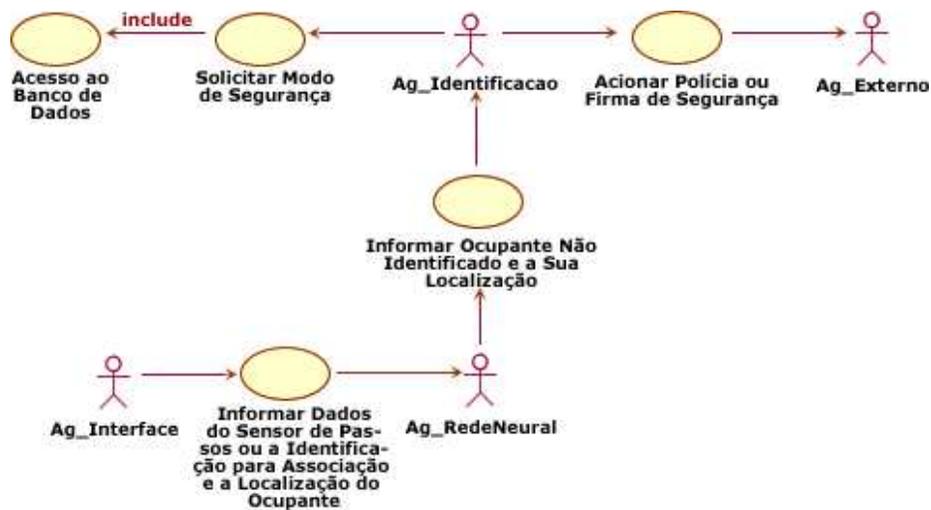


FIG 7.4: Diagrama de Caso de Uso - Acionar Segurança à Entrada de Invasores.

apresentada no diagrama de caso de uso apresentado na Subseção 7.1.1. Quando um ocupante entrar em um cômodo da casa, existe uma malha sensora responsável por capturar a sua frequência de passos;

- b) **Informar Ocupante Não Identificado e a Sua Localização:** a rede neural não identifica o ocupante que entrou no cômodo ou a identificação que é utilizada para a simulação é de um morador não identificado, conseqüentemente o modo de segurança é acionado;
- c) **Solicitar Modo de Segurança:** neste caso de uso o modo de segurança está definido como vermelho, o sistema aciona a polícia ou firma de segurança;
- d) **Acesso ao Banco de Dados:** o modo de segurança é armazenado na tabela *Modo\_Seguranca*. Essa tabela vai ser pesquisada para verificar qual o modo atual para tratar o morador não identificado. Na Seção 8.3, explica todo o funcionamento do banco de dados utilizado neste projeto;
- e) **Acionar Polícia ou Firma de Segurança:** como o modo de segurança está definido como vermelho, o sistema aciona a polícia ou firma de segurança para que medidas sejam tomadas na captura do invasor.

#### 7.1.5 MONITORAR AÇÕES DO AMBIENTE EXTERNO E AJUSTAR TEMPERATURA OU LUMINOSIDADE

No diagrama de casos de uso apresentado na FIG. 7.5, o *Ag\_Temperatura* é informado quando alguma modificação é percebida no sensor de temperatura e o *Ag\_Luminosi-*

dade no sensor de luminosidade. As modificações, para fim de simulação podem ser inseridas pelo administrador do sistema. O Ag\_Temperatura é o responsável por comparar os dois valores (preferência de temperatura do morador e o valor atual informado pelo sensor) relacionados à temperatura e verificar a necessidade de acionar o sistema de refrigeração ou de aquecimento. Na Subseção 7.1.10 é explicado com mais detalhes como o Ag\_Temperatura decide em aumentar ou diminuir a temperatura para que o cômodo seja adaptado de acordo com a preferência do morador ou visitante. Com relação a luminosidade, o Ag\_Luminosidade decide se a posição do *dimmer* deve ser modificada, comparando o valor da preferência do grupo de ocupantes com o informado pelo sensor de luminosidade. A decisão e a forma de calcular a posição do *dimmer* pode ser observada na Subseção 3.2.6.

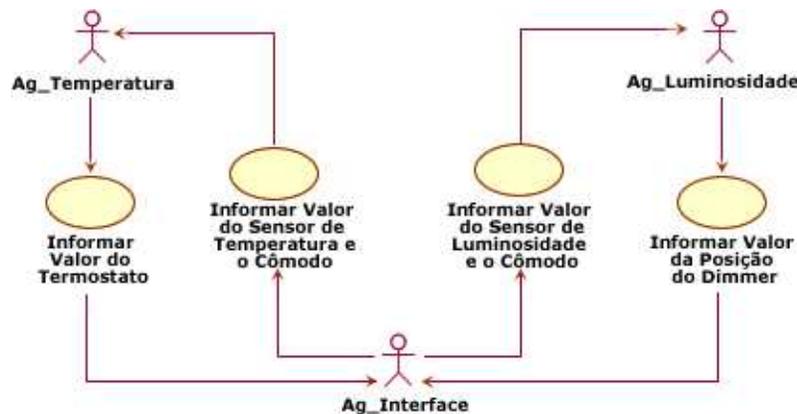


FIG 7.5: Diagrama de Caso de Uso - Monitorar Ações do Ambiente Externo e Ajustar Temperatura ou Luminosidade.

Os seguintes casos de uso foram definidos:

- a) **Informar Valor do Sensor de Temperatura:** o valor capturado pelo sensor de temperatura é informado para o Ag\_Temperatura;
- b) **Informar Valor do Termostato:** se o ambiente externo modificar a temperatura do cômodo, o Ag\_Temperatura recebe a temperatura atual no cômodo e verifica se é necessário informar a temperatura para o Ag\_Interface, para que a temperatura esteja de acordo com a preferência do(s) morador(es);
- c) **Informar Valor do Sensor de Luminosidade:** o valor capturado pelo sensor de luminosidade é informado para o Ag\_Luminosidade;
- d) **Informar Valor da Posição do *Dimmer*:** se o ambiente externo modificar a luminosidade do cômodo, o Ag\_Luminosidade verifica qual a posição do *dimmer*

que deve ser utilizada para que a luminosidade do cômodo esteja de acordo com a preferência do(s) morador(es). Esse valor é informado para o Ag\_Interface.

### 7.1.6 MONITORAR AÇÕES DO MORADOR E ATUALIZAR PREFERÊNCIAS DE TEMPERATURA E LUMINOSIDADE

O morador pode modificar as suas preferências, se isso acontecer o Ag\_Interface deve informar o novo valor da temperatura para o Ag\_Temperatura e a posição do *dimmer* para o Ag\_Luminosidade. Na FIG. 7.6 observa-se o diagrama de caso de uso.

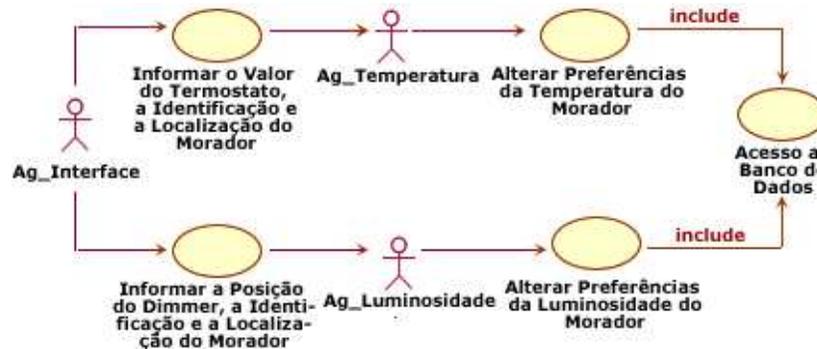


FIG 7.6: Diagrama de Caso de Uso - Monitorar Ações do Morador e Atualizar Preferências de Temperatura e Luminosidade.

Os casos de uso definidos foram:

- a) **Informar o Valor do Termostato, a Identificação e a Localização do Morador:** o sistema informa o valor do termostato modificado, a identificação do morador e a sua localização para o Ag\_Temperatura;
- b) **Informar a Posição do *Dimmer*, a Identificação e a Localização do Morador:** a posição do *dimmer* é modificada e informada juntamente com a identificação e localização do morador para o Ag\_Luminosidade;
- c) **Alterar Preferências da Temperatura:** a temperatura modificada pelo morador é atualizada no banco de dados;
- d) **Alterar Preferências da Luminosidade:** a luminosidade modificada pelo morador é atualizada no banco de dados;
- e) **Acesso ao Banco de Dados:** para este caso de uso, o acesso ao banco de dados é na tabela onde está armazenado todas as preferências de luminosidade e temperatura de um morador. As modificações feitas pelo morador são atualizadas na

tabela *Preferencias* no banco de dados desenvolvido para o sistema. Na Seção 8.3, pode-se verificar todas as informações relacionadas ao banco de dados utilizado no sistema da casa inteligente.

### 7.1.7 MONITORAR AÇÕES DO VISITANTE E ALTERAR O VALOR DA LUMINOSIDADE OU TEMPERATURA

Um ou mais visitantes podem modificar a temperatura ou luminosidade, mas ao contrário do morador, o sistema não atualiza as suas preferências. Este caso de uso é válido quando em um cômodo só há visitantes. Na FIG. 7.7 ilustra o diagrama de caso de uso.

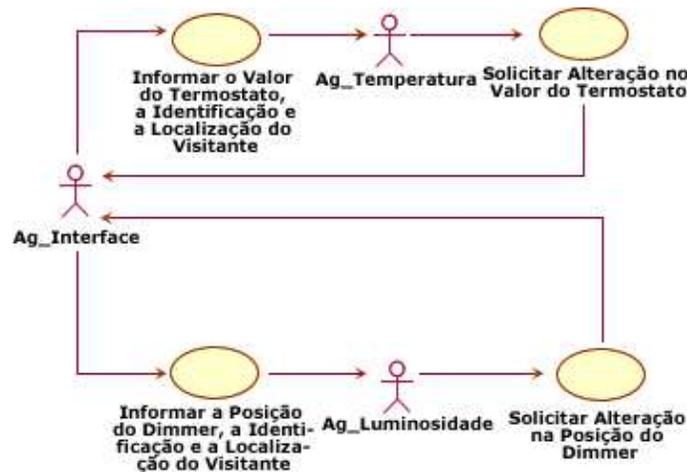


FIG 7.7: Diagrama de Caso de Uso - Monitorar Ações do Visitante e Alterar o Valor da Luminosidade e/ou Temperatura.

- a) **Informar o Valor do Termostato, a Identificação e a Localização do Visitante:** o Ag\_Interface informa o valor do termostato modificado pelo(s) visitante(s) a sua identificação e localização para o Ag\_Temperatura;
- b) **Solicitar Alteração no Valor do Termostato:** se o visitante modificar o valor da temperatura, o Ag\_Interface recebe a solicitação com o novo valor do termostato para alterar a temperatura no cômodo;
- c) **Informar a Posição do *Dimmer*, a Identificação e a Localização do Visitante:** o Ag\_Luminosidade recebe a posição do *dimmer* modificada pelo visitante, a sua identificação e localização;

- d) **Solicitar Alteração na Posição do *Dimmer***: se o visitante modificar a posição do *dimmer*, o Ag\_Luminosidade solicita a alteração e informa a posição do *dimmer* para o Ag\_Interface.

### 7.1.8 MODIFICAR MODO DE SEGURANÇA

No diagrama da FIG. 7.8, o sistema é informado através da firma de segurança o modo de segurança do sistema. Assume-se que o modo de segurança é estabelecido por um morador em contato com a firma de segurança.

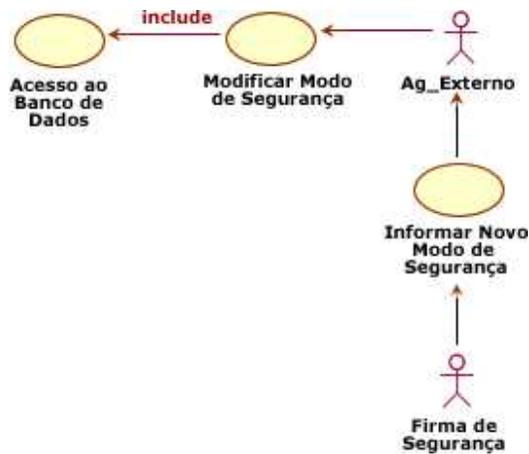


FIG 7.8: Diagrama de Caso de Uso - Modificar Modo de Segurança.

Para o diagrama apresentado foram definidos os seguintes casos de uso:

- Informar Novo Modo de Segurança:** a firma de segurança informa ao Ag\_Externo o novo modo de segurança;
- Modificar Modo de Segurança:** o Ag\_Externo recebe o novo modo de segurança e solicita a sua mudança atualizando no banco de dados;
- Acesso ao Banco de Dados:** a tabela *Modo\_Seguranca* no banco de dados do sistema é atualizada para que o sistema possa tratar o morador não identificado. Na Seção 8.3, é explicado todo o banco de dados definido para a casa inteligente.

### 7.1.9 CONTROLE DO CONSUMO DE ENERGIA POR CÔMODO

O processo de controle do consumo de energia inicia quando ocorre qualquer alteração na temperatura ou luminosidade de um cômodo. Especificamente isto ocorre quando:

- a) um morador entrar em um cômodo e a temperatura e luminosidade é ajustada de acordo com as suas preferências armazenadas no banco de dados;
- b) influências externas modificarem a temperatura ou luminosidade ambiente;
- c) morador ou visitante alterar os valores da temperatura ou luminosidade.

No diagrama mostrado na FIG. 7.9, o agente consumo de energia (Ag\_ConsEnergia) tem como objetivo calcular o gasto de energia tendo como informação os valores do termostato e da posição do *dimmer* utilizados pelos moradores. A posição do *dimmer* é convertida para potência utilizando a conversão definida na FIG. 3.5. O cálculo do consumo da temperatura e luminosidade é realizado da forma que foi explicado na subseção 3.2.4.

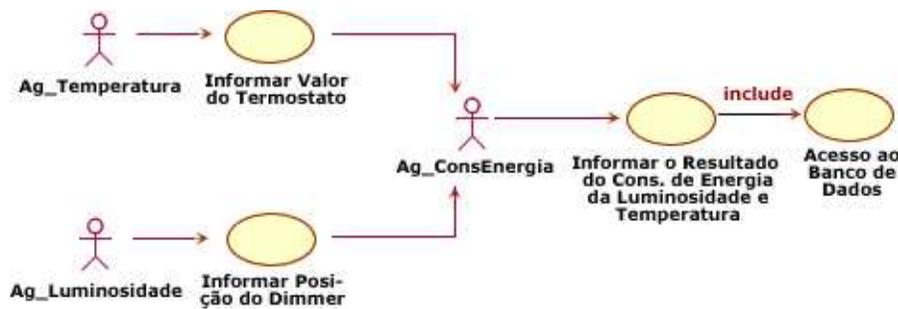


FIG 7.9: Diagrama de Caso de Uso - Controle do Consumo de Energia por Cômodo.

Os casos de uso definidos são:

- a) **Informar Valor do Termostato:** o Ag\_Temperatura informa o valor do termostato para o Ag\_ConsEnergia;
- b) **Informar Valor da Posição do Dimmer:** o Ag\_Luminosidade informa o valor da posição do *dimmer* para o Ag\_ConsEnergia;
- c) **Informar o Resultado do Consumo de Energia da Luminosidade e Temperatura:** o Ag\_ConsEnergia efetua o cálculo tendo como informações o valor do termostato e a posição do *dimmer*;
- d) **Acesso ao Banco de Dados:** o consumo de energia é armazenado no banco de dados para que se possa calcular um consumo mensal da temperatura e luminosidade em cada cômodo. Na Seção 8.3, é explicado cada tabela definida para o sistema, inclusive as relacionadas com o consumo de energia da luminosidade (*ConsEnergia\_Lumin*) e temperatura (*ConsEnergia\_Temp*).

### 7.1.10 ACIONAR O SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO OU DE AQUECIMENTO

Para este caso de uso, o sistema de refrigeração ou de aquecimento é acionado quando:

- a temperatura é modificada pelo morador;
- influências externas modificarem a temperatura ambiente;
- quando um morador identificado, que já deu a sua opinião sobre a temperatura, entrar em um determinado cômodo;
- um ou mais visitantes que estiverem no cômodo modificarem a temperatura;
- quando o primeiro visitante entrar no cômodo e não tiver nenhum morador identificado: o sistema é acionado se o valor da temperatura padrão definido para um visitante for diferente da temperatura informada pelo sensor;
- quando tiver um conjunto de moradores no cômodo e um morador resolver sair: se a preferência para o conjunto de moradores que ficaram for diferente do sensor, o sistema de refrigeração ou de aquecimento é acionado.

O sistema de refrigeração é solicitado para ser acionado pelo Ag\_Temperatura para o Ag\_Interface, quando o valor do sensor de temperatura for maior do que definido para um morador, conjunto de moradores ou visitantes, caso contrário o aquecimento é acionado. O diagrama de caso de uso pode ser observado na FIG. 7.10.



FIG 7.10: Diagrama de Caso de Uso - Acionar o Sistema de Refrigeração ou de Aquecimento.

### 7.1.11 ADAPTAR CÔMODO À SAÍDA DO MORADOR

O diagrama apresentado na FIG. 7.11, identifica todos os atores e casos de uso que devem ser tratados para adaptar um determinado cômodo à saída de um morador. Para este diagrama pode acontecer dois casos:

- para o morador que sair do cômodo, o Ag\_Interface informa os dados da sua passada ou uma identificação para que o Ag\_Redeneural possa identificar e informar ao Ag\_Indentificacao qual o morador que está saindo do cômodo. O Ag\_Indentificacao atualiza o banco de dados informando o horário da sua saída;
- depois que um morador sair do cômodo, o Ag\_Interface informa o(s) morador(es) que estão no cômodo para o Ag\_Redeneural. Se tiver um conjunto de moradores esse agente informa ao Ag\_Indentificacao a identificação definida de acordo com a FIG. 3.2.

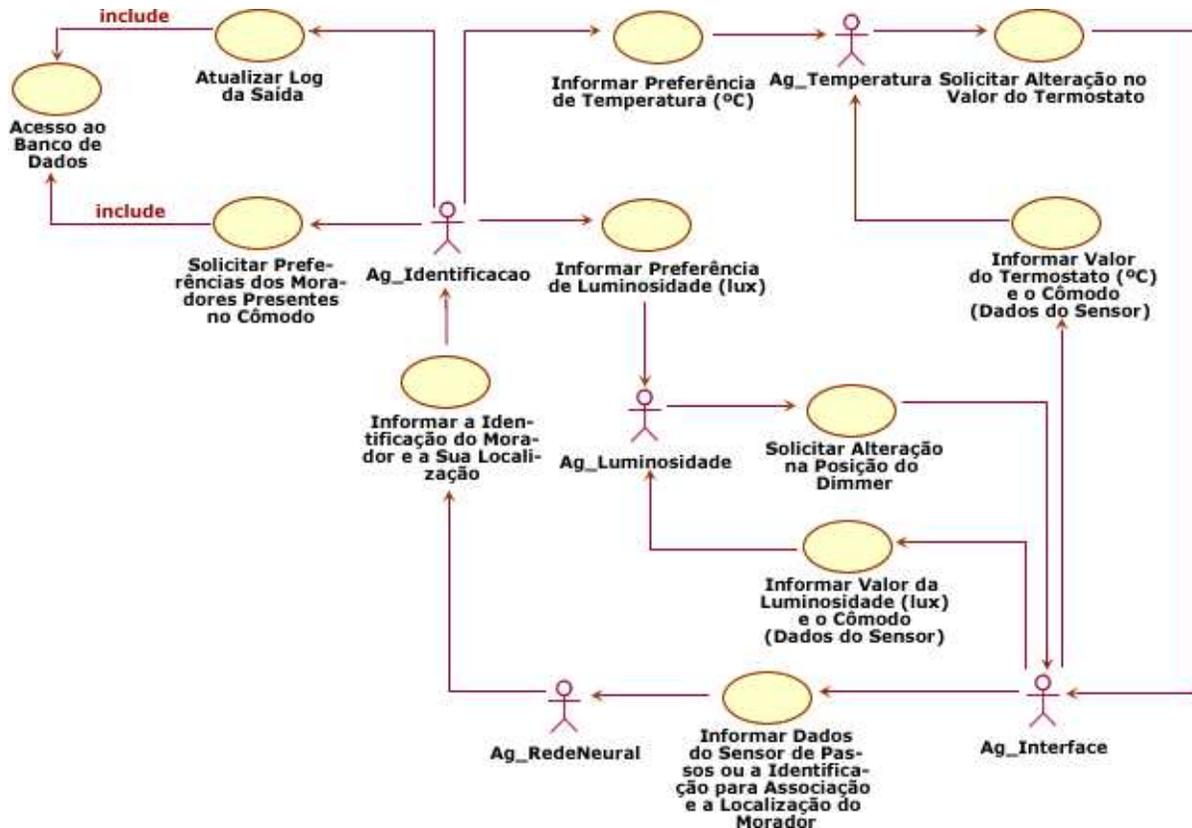


FIG 7.11: Diagrama de Caso de Uso - Adaptar Cômodo à Saída de Morador.

Para o diagrama da FIG. 7.11 foram apresentados os seguintes casos de uso:

- Informar Dados do Sensor de Passos ou a Identificação para Associação e a Localização do Morador:** para este caso de uso é definida praticamente a mesma idéia apresentada no diagrama de caso de uso apresentado na Subseção 7.1.1. O que diferencia é que os dados da passada de um morador são capturadas na saída do cômodo. No diagrama mostrado na FIG. 7.11, é necessário informar a

- identificação na saída de um morador para atualizar o banco de dados e a identificação formada após a saída do morador para o cômodo ser adaptado de acordo com as preferências dos que estão no ambiente da casa;
- b) **Informar a Identificação do Morador e a Sua Localização:** a rede neural recebe os dados capturados pela placa de aquisição ou uma identificação que é associada a um morador;
  - c) **Atualizar Log de Saída:** com a identificação do morador que saiu de um cômodo da casa o sistema informa o horário da sua saída para que o cômodo seja adaptado para os morador(es) ainda presente;
  - d) **Solicitar Preferências dos Moradores Presentes no Cômodo:** quando um morador sair, o sistema deve adaptar um determinado cômodo de acordo com as novas preferências para os moradores que ficaram presentes, ou se o cômodo estiver vazio a luminosidade e temperatura terá os seus valores zerado. Se no cômodo estiver um conjunto de moradores, a preferência utilizada é calculada pela média das opiniões de cada morador;
  - e) **Acesso ao Banco de Dados:** as preferências de temperatura e luminosidade estão armazenadas para cada morador identificado e o horário da saída do morador é atualizado na tabela com os registros dos moradores que entraram no cômodo. Na Seção 8.3, demonstra o banco de dados do projeto;
  - f) **Informar Preferência de Temperatura (°C):** a temperatura é adaptada de acordo com o valor armazenado no banco de dados e informado pelo Ag\_Identificacao;
  - g) **Informar Preferência de Luminosidade (lux):** o cômodo é adaptado de acordo com o valor da luminosidade (lux) armazenado no banco de dados;
  - h) **Informar Valor do Termostato (°C) e o Cômodo (Dados do Sensor):** este caso de uso tem a mesma idéia do diagrama de caso de uso apresentado na Subseção 7.1.1, onde o valor da temperatura capturada pelo sensor de temperatura é informada para o Ag\_Temperatura;
  - i) **Informar Valor da Luminosidade (lux) e o Cômodo (Dados do Sensor):** este caso de uso tem a mesma idéia do diagrama de caso de uso apresentado na Subseção 7.1.1, onde o Ag\_Luminosidade recebe o valor informado pelo sensor de

luminosidade, e pelo Ag\_Identificacao para decidir a posição do *dimmer* necessária para adaptar o cômodo;

- j) **Solicitar Alteração do Valor do Termostato e na Posição do *Dimmer*:**  
o valor do termostato e a posição do *dimmer* é solicitado para a alteração, pois um morador saiu de um determinado cômodo e novos valores são utilizados para adaptar o cômodo. A posição do *dimmer* é calculada tendo como informação o valor da luminosidade em *lux* armazenado no banco de dados e a conversão definida na FIG. 3.5.

### 7.1.12 ADAPTAR CÔMODO À SAÍDA DE VISITANTE

Na saída de um visitante o sistema identifica qual o visitante que está saindo, e adapta somente quando for o último visitante e se não houver morador no cômodo. Como o cômodo só é adaptado para o último visitante que sair, a luminosidade e temperatura atual são desconsideradas, pois a adaptação será feita zerando o valor do termostato e a posição do *dimmer*.

Observa-se na FIG. 7.12 o diagrama de caso de uso adaptar cômodo à saída de visitante.

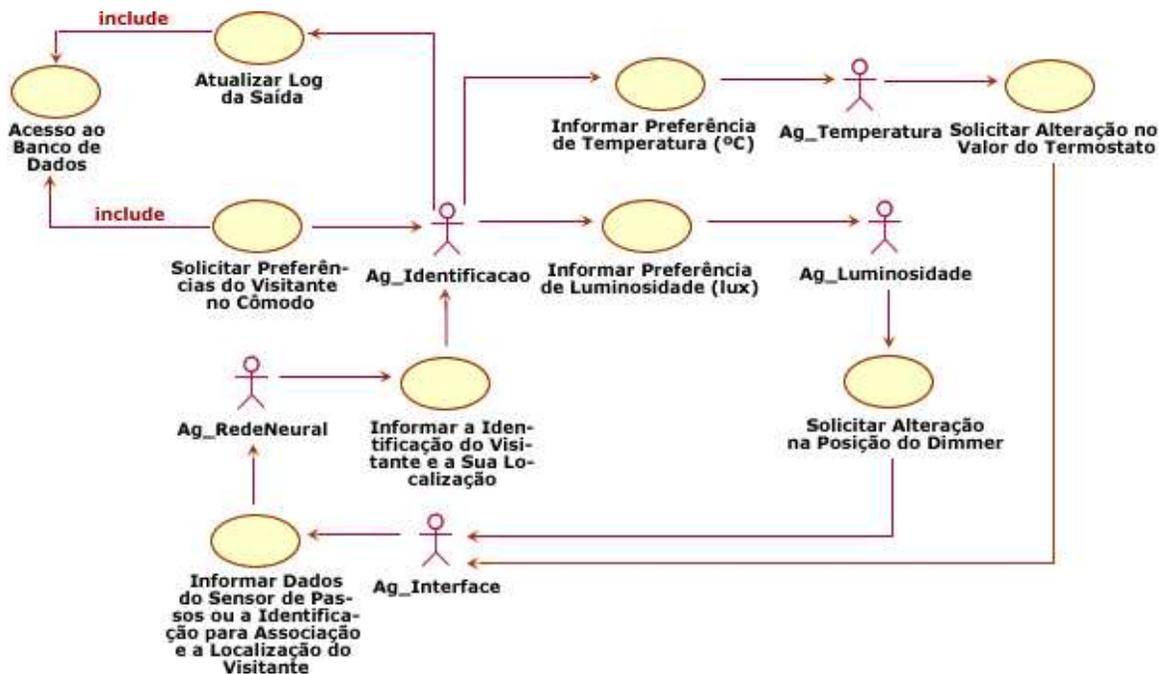


FIG 7.12: Diagrama de Caso de Uso - Adaptar Cômodo à Saída de Visitante.

Foram identificados os seguintes casos de uso:

- a) **Informar Dados do Sensor de Passos ou a Identificação para Associação e a Localização do Visitante:** para este caso de uso é definida, praticamente a mesma idéia apresentada no diagrama de caso de uso apresentado na Subseção 7.1.1. O que diferencia é que os dados são relacionados a saída de um visitante;
- b) **Informar a Identificação do Visitante e a sua Localização:** capturado e informado as freqüências de passos de um ocupante para a rede neural, ela é capaz de adaptar esses dados e informar para o Ag\_Identificacao que um visitante está saindo de um determinado cômodo da casa ou associar uma identificação a um visitante;
- c) **Atualizar Log de Saída:** o horário da saída do visitante é atualizado no banco de dados;
- d) **Solicitar Preferências do Visitante no Cômodo:** no banco de dados são definidos valores padrão de temperatura e luminosidade;
- e) **Acesso ao Banco de Dados:** o horário da saída do visitante é inserido na tabela onde está registrado todas as vezes que um visitante entrar no cômodo, e as preferências foram definidas em uma tabela com todos os valores padrão de temperatura e luminosidade. Na Seção 8.3, explica as funcionalidades de cada tabela desenvolvida para o projeto;
- f) **Informar Preferência de Temperatura (°C) e de Luminosidade (lux):** os valores do termostato e da luminosidade só serão informados se não tiver nenhum visitante no cômodo. Se em um determinado cômodo tiver dois visitantes e um deles modificar as suas preferências, o ambiente será ajustado de acordo com as suas novas preferências, mas se em algum instante um visitante deixar o cômodo o Ag\_Identificacao não precisa informar os valores do termostato para o Ag\_Temperatura e da luminosidade para o Ag\_Luminosidade. Se isso acontecer a preferência definida anteriormente será modificada e o visitante que ainda está no cômodo terá que modificar novamente a temperatura ou luminosidade. Para que isso não ocorra esse valor só será informado se não tiver nenhum visitante no cômodo;
- g) **Solicitar Alteração no Valor do Termostato e na Posição do Dimmer:** os valores do termostato e dimmer são solicitados para a alteração, pois o último visitante presente no cômodo saiu e a posição do *dimmer* e do termostato é nulo.

### 7.1.13 INFORMAR SAÍDA DE INVASOR

No diagrama da FIG. 7.13 são apresentados os atores e casos de uso para adaptar um determinado cômodo à saída de um invasor. O Ag\_Identificacao tem como objetivo informar para a firma de segurança todas as ações do invasor, ou seja, cada cômodo que ele entrar ou sair.

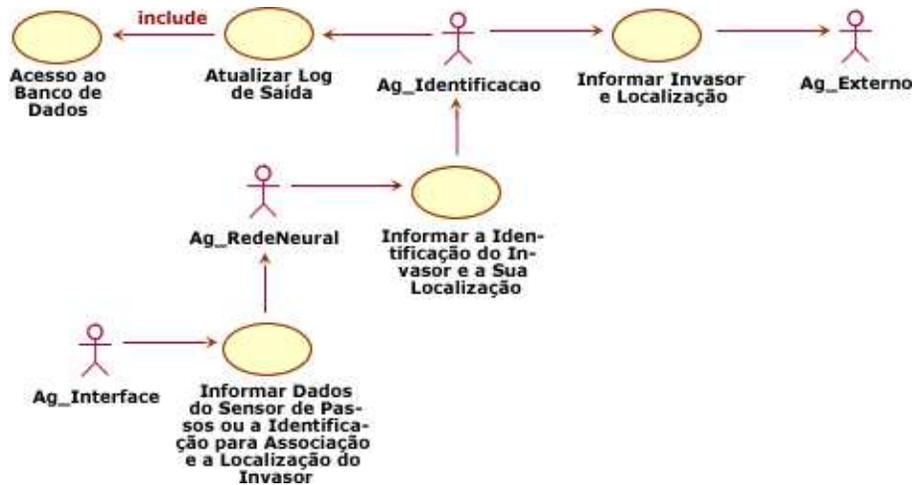


FIG 7.13: Diagrama de Caso de Uso - Informar Saída de Invasor.

Para esse caso foram identificados os seguintes casos de uso:

- Informar Dados do Sensor de Passos ou a Identificação para Associação e a Localização do Invasor:** para este caso de uso é definida, praticamente a mesma idéia apresentada no diagrama de caso de uso apresentado da Subseção 7.1.12. O que diferencia é que os dados são relacionados a saída de um invasor;
- Informar a Identificação do Invasor e a sua Localização:** a rede neural adapta os dados e identifica o invasor que saiu do cômodo ou a identificação informada para o Ag\_RedNeural é associada a um invasor;
- Atualizar Log de Saída:** o log de saída é atualizado para que se tenha armazenado as informações da saída do invasor no cômodo;
- Acesso ao Banco de Dados:** o horário da saída do invasor é registrado na tabela que armazena as entradas e saídas de invasores em um cômodo. Na Seção 8.3, explica as funcionalidades de cada tabela desenvolvida para o projeto;
- Informar Invasor e Localização:** a identificação do invasor e a sua localização são informadas para a firma de segurança, com o objetivo de verificar se o invasor

está presente na casa.

Nesta seção foi definido o diagrama de caso de uso UML, que está fora da metodologia MaSE, mas foi útil para ter uma visão geral do sistema da casa inteligente. Na próxima seção será apresentada a primeira etapa da fase de análise da metodologia MaSE.

## 7.2 DIAGRAMA DE OBJETIVOS

O diagrama de objetivos é a primeira fase da metodologia MaSE (DELOACH, 2001b,c), onde se capturam as especificações iniciais do sistema transformando num conjunto de objetivos estruturados descritos no diagrama chamado *hierarquia de objetivos*, onde os objetivos são organizados de acordo com o seu grau de importância.

Para o sistema da casa inteligente, primeiramente foram identificados os objetivos principais e seus sub objetivos. O objetivo raiz é decomposto nos seguintes sub objetivos:

- Identificar e Localizar Ocupantes;
- Adaptar um Determinado Cômodo de Acordo com as Preferências dos Ocupantes;
- Monitorar um Determinado Cômodo;
- Informar Consumo de Energia de um Determinado Cômodo;
- Definir ou Modificar o Modo de Segurança da Casa;
- Acionar Polícia ou Firma de Segurança.

Cada sub objetivo do objetivo raiz é refinado em um conjunto hierárquico de sub objetivos de forma semelhante da decomposição do objetivo raiz. A título de ilustração, a decomposição do sub objetivo “identificar e localizar ocupantes” é apresentada a seguir. Os outros sub objetivos são decompostos de forma semelhante e estão no APÊNDICE 11.1, juntamente com os digramas de cada sub objetivos.

O primeiro sub objetivo da FIG. 7.14 é **1.1 Identificar e Localizar Ocupantes nos Cômodos**. O sistema de identificação é acionado quando um ocupante entrar em um determinado cômodo da casa. Para este caso, os sub objetivos definidos são:

- **1.1.1 Informar Dados do Sensor de Passos ou a Identificação para Associação e Localização do Ocupante:** o sistema de identificação é acionado e os dados capturados pela malha sensora são informados para que o morador seja

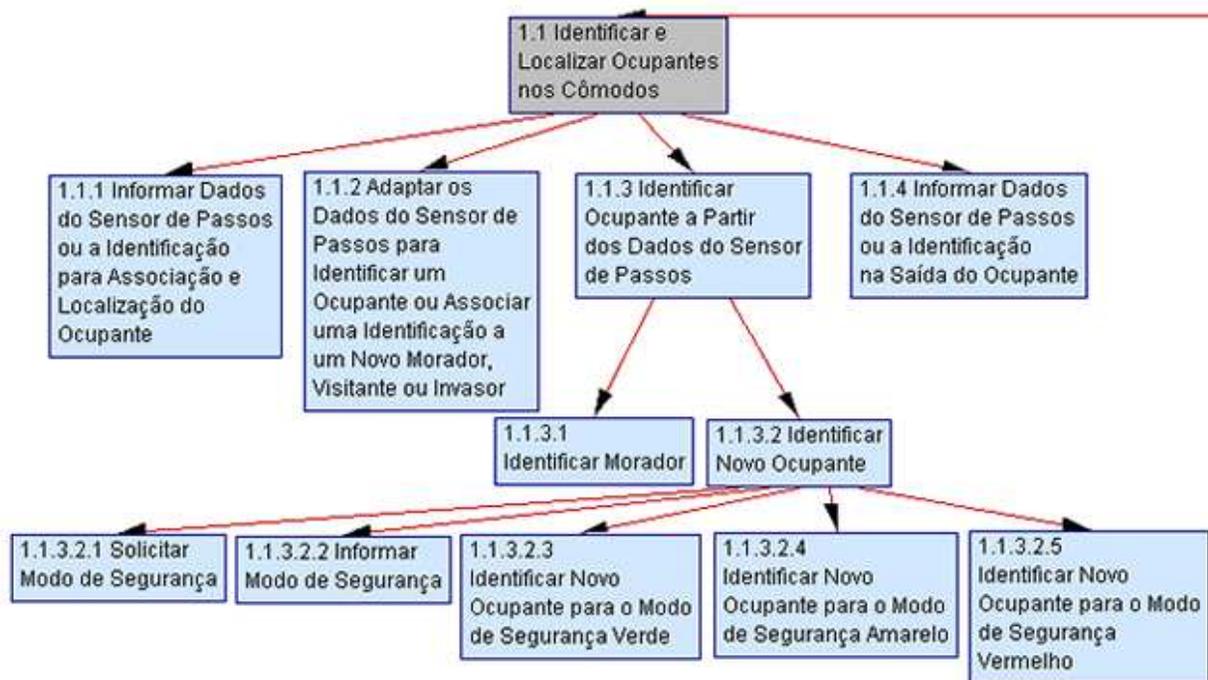


FIG 7.14: Diagrama de Objetivos - 1.1 Identificar e Localizar Ocupantes nos Cômodos.

identificado ou uma identificação é informada para associação, e a localização do morador. A associação substitui os dados do sensor de passos e é utilizado para simular a entrada de um ocupante na casa;

- **1.1.2 Adaptar os Dados do Sensor de Passos para Identificar um Ocupante ou Associar uma Identificação a um Novo Morador, Visitante ou Invasor:** os dados capturados pela malha sensora devem ser adaptados para que o morador seja identificado ou a identificação é associada a um novo morador, visitante ou invasor;
- **1.1.3 Identificar Ocupante a Partir dos Dados do Sensor de Passos:** para esse objetivo pode acontecer os seguintes casos:
  - **1.1.3.1 Identificar Morador:** neste caso o morador foi identificado e o cômodo é adaptado de acordo com as suas preferências.
  - **1.1.3.2 Identificar Novo Ocupante:** o ocupante que entrou em um determinado cômodo não foi identificado. Para esse caso definiu-se a seguinte hierarquia de objetivos:
    - \* **1.1.3.2.1 Solicitar Modo de Segurança:** o modo de segurança é solicitado;

- \* **1.1.3.2.2 Informar Modo de Segurança:** o modo de segurança deve ser informado quando um morador não for identificado;
  - \* **1.1.3.2.3 Identificar Novo Ocupante para o Modo de Segurança Verde:** se o modo de segurança for verde o morador identificado é um novo morador;
  - \* **1.1.3.2.4 Identificar Novo Ocupante para o Modo de Segurança Amarelo:** o cômodo é adaptado com valores padrão de luminosidade e temperatura definidos quando o ocupante não for identificado e o modo de segurança amarelo;
  - \* **1.1.3.2.5 Identificar Novo Ocupante para o Modo de Segurança Vermelho:** morador não identificado e o modo de segurança vermelho, o sistema aciona a firma de segurança para que medidas sejam tomadas contra o invasor.
- **1.1.4 Informar Dados do Sensor de Passos ou a Identificação na Saída do Ocupante:** os dados do sensor de passos devem ser informados para que o sistema saiba que um determinado ocupante saiu de um cômodo.

### 7.3 APLICAÇÃO DOS CASOS DE USO

A aplicação dos casos de uso consiste na transformação dos objetivos em papéis e tarefas associadas. Os casos de uso são reestruturados nos diagramas de seqüências que facilitam a definição das comunicações do sistema multiagente. Para um conjunto de papéis são definidas seqüências de eventos que definem o comportamento do sistema em um determinado caso de uso. Esta etapa da modelagem auxilia na montagem dos protocolos e trocas de mensagens, e este processo é interativo, ou seja, em algumas vezes é necessário voltar e modificar algumas informações que foram definidas nos passos anteriores.

Um diagrama de seqüência apresenta a interação de seqüência de tempo dos objetos que participam no caso de uso. As duas dimensões de um diagrama de seqüência consistem na dimensão vertical (tempo) e na dimensão horizontal (objetos diferentes). O diagrama de seqüência mostra a colaboração dinâmica entre os objetos e o aspecto importante desse diagrama é mostrar a seqüência de mensagens enviadas entre objetos (FURLAN, 1998).

Para o sistema da casa inteligente foram definidos os diagramas de seqüências cor-

respondentes aos casos de uso listados na Seção 7.1.

A título de ilustração, o diagrama de seqüência correspondente ao caso de uso *Adaptar Cômodo à Entrada de Morador Identificado* é apresentado na Subseção 7.3.1. Os outros diagramas de seqüências desenvolvidos para o sistema estão no APÊNDICE 11.2.

### 7.3.1 ADAPTAR CÔMODO À ENTRADA DE MORADOR IDENTIFICADO

Quando um morador entra em algum cômodo da casa, o *Ag\_Interface* pergunta ao *Ag\_RedNeural* se este está disponível para identificar o ocupante. O *Ag\_RedNeural* questiona então se os dados são para serem adaptados pela rede neural. Se a resposta for sim, o *Ag\_RedNeural* solicita o envio dos dados das passadas do ocupante capturados pela malha sensora e a sua localização. Caso contrário é solicitada a identificação do morador identificado e a localização do morador. Com essas informações o *Ag\_RedNeural* informa a identificação e a localização do morador para o *Ag\_Identificacao*. O *Ag\_Identificacao* solicita as preferências do morador identificado armazenados no banco de dados. O valor do termostato é informado para o *Ag\_Temperatura* e da luminosidade para o *Ag\_Luminosidade*. Esses dois agentes solicitam a adaptação do cômodo, o primeiro, informando o valor do termostato, e o segundo, a posição do *dimmer*, sendo essas duas solicitações são enviadas para o *Ag\_Interface*. Antes de enviar as solicitações para adaptar a luminosidade e temperatura, o *Ag\_Interface* informa os valores capturados pelos sensores de luminosidade e de temperatura. Os valores dos sensores de temperatura e de luminosidade são necessários para comparar com a preferência do morador identificado e decidir no caso da temperatura, a necessidade de acionar o sistema de refrigeração ou de aquecimento e a luminosidade para calcular a posição do *dimmer*. O diagrama de seqüências pode ser observado na FIG. 7.15.

## 7.4 REFINAMENTO DE PAPÉIS

O terceiro passo é ter certeza que foram identificados todos os papéis necessários e desenvolvidas todas as tarefas que definem o comportamento desses papéis e os padrões de comunicações entre eles. Papéis são identificados no diagrama de seqüências, desenvolvido durante o passo de aplicação dos casos de uso e também nos objetivos do sistema. É necessário ter certeza que todos os objetivos são considerados ao se associar cada objetivo a um papel específico. Um papel é uma descrição abstrata de uma função esperada de um agente, que é similar à noção de ator em uma peça ou o escritório de uma determinada organização. Cada objetivo é normalmente mapeado para um único papel, mas existem

Adaptar Cômodo à Entrada de Morador Identificado

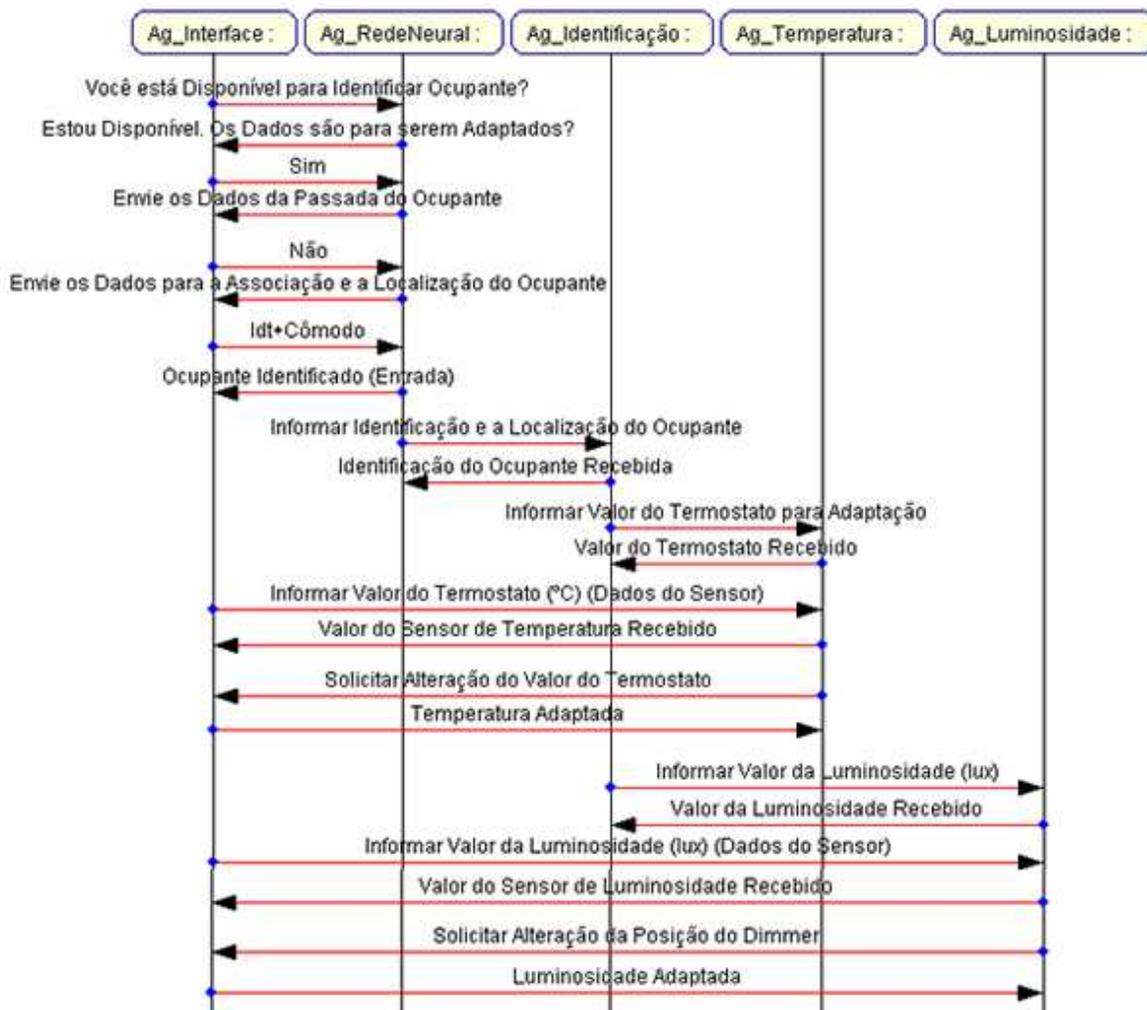


FIG 7.15: Diagrama de Seqüência - Adaptar Cômodo à Entrada de Morador Identificado.

situações onde é útil combinar múltiplos objetivos por comodidade ou eficiência. O diagrama de papéis para o SMA da casa inteligente encontra-se no ANEXO 11.3.

Para cada papel definido são criadas tarefas que podem ser transformadas em funcionalidades específicas de agentes. Essas funcionalidades ajudam a definir componentes internos de agentes e também detalhes das conversações entre eles.

Para um melhor entendimento do diagrama de papéis, as figuras ovais são as tarefas que os papéis possivelmente executam. As linhas entre os nós indicam protocolos entre as tarefas. Esses protocolos definem uma série de mensagem entre as tarefas que permitem o trabalho cooperativo. As setas nas linhas de protocolos apontam do iniciador do protocolo para a tarefa que responde. As linhas pontilhadas representam uma comunicação interna entre tarefas no mesmo papel. Na FIG. 7.16, observa-se que existem dois diagramas

de papéis (Ag\_Identificacao e Ag\_Temperatura). Para o papel Ag\_Identificacao foram definidos algumas tarefas como por exemplo, *Solicitar Preferências do(s) Ocupante(s)*, *Receber Identificação do Ocupante e a Localização*, *Informar o Valor do Termostato* e *Solicitar Modo de Segurança*, para o Ag\_Temperatura pode-se citar a seguinte tarefa, *Receber o Valor do Termostato (Preferência)*. Observa-se que existe um protocolo entre uma tarefa do Ag\_Identificacao e Ag\_Temperatura e alguns protocolos internos entre duas tarefas definidas no Ag\_Identificacao. Para cada diagrama de papéis deve-se selecionar pelo menos um objetivo desenvolvido na captura de objetivos no primeiro passo da metodologia MaSE.

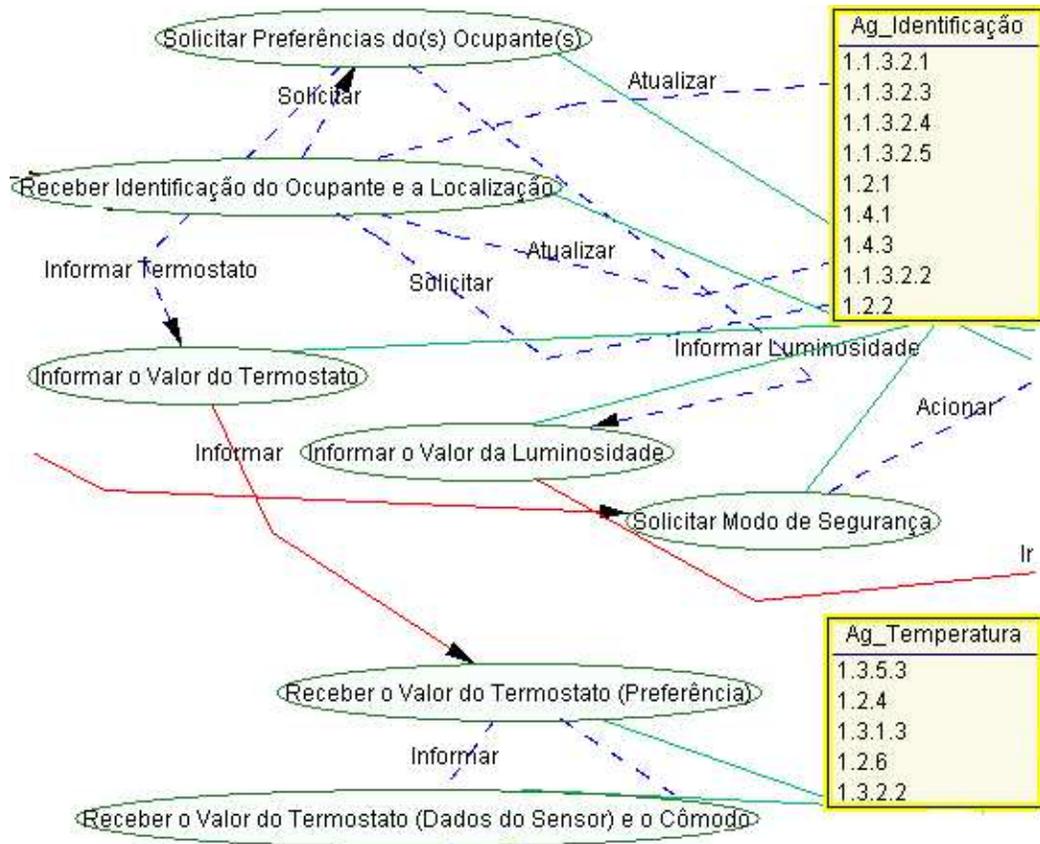


FIG 7.16: Extrato do Diagrama de Papéis.

As tarefas concorrentes podem ser definidas como um autômato de estados finitos que especificam mensagens enviadas entre papéis e tarefas. Tarefas concorrentes também permitem especificar processamento interno através das atividades nos estados. Usando tarefas concorrentes, pode-se definir em alto nível protocolos de interações complexos que requerem a coordenação entre múltiplos agentes (DELOACH, 2001b).

Com os diagramas de objetivos e seqüências é possível levantar para cada agente os objetivos e papéis em que estão envolvidos. A título de ilustração, mostra-se os papéis e

objetivos do Ag\_Identificacao e do Ag\_Temperatura a seguir:

- **Ag\_Identificacao;**

- **Tarefas:**

- \* Solicitar Preferências do(s) Ocupante(s);
    - \* Receber Identificação do Ocupante e a Localização;
    - \* Informar o Valor do Termostato;
    - \* Informar o Valor da Luminosidade;
    - \* Solicitar Modo de Segurança;
    - \* Solicitar Identificação do Último Morador;
    - \* Informar Identificação do Novo Morador;
    - \* Acionar Polícia ou Firma de Segurança;
    - \* Solicitar Preferências do(s) Ocupante(s) Presentes no Cômodo;
    - \* Atualizar *Log* de Saída;
    - \* Informar Invasor e a Sua Localização.

- **Objetivos:**

- \* 1.1.3.2.1. Solicitar Modo de Segurança;
    - \* 1.1.3.2.3. Identificar Novo Ocupante para o Modo de Segurança Verde;
    - \* 1.1.3.2.4. Identificar Novo Ocupante para o Modo de Segurança Amarelo;
    - \* 1.1.3.2.5. Identificar Novo Ocupante para o Modo de Segurança Vermelho;
    - \* 1.2.1. Solicitar as Preferências de Luminosidade e Temperatura;
    - \* 1.4.1. Informar Valor do Termostato;
    - \* 1.4.3. Informar a Posição do Dimmer;
    - \* 1.1.3.2.2. Informar Modo de Segurança;
    - \* 1.2.2. Informar Preferências.

- **Ag\_Temperatura:**

- **Tarefas:**

- \* Receber o Valor do Termostato (Preferência);
    - \* Receber o Valor do Termostato (Dados do Sensor) e o Cômodo;
    - \* Solicitar Alteração no Valor do Termostato;

- \* Solicitar o Acionamento do Sistema de Refrigeração ou Aquecimento;
- \* Solicitar Atualização das Preferências de Temperatura;
- \* Informar o Valor do Termostato.

– **Objetivos:**

- \* 1.3.5.3. Solicitar Alteração no Valor do Termostato;
- \* 1.2.4. Solicitar os Dados do Termostato Capturado pelo Sensor de Temperatura;
- \* 1.3.1.3. Informar Valor do Termostato;
- \* 1.2.6. Solicitar Alteração no Valor do Termostato para Adaptar a Temperatura;
- \* 1.3.2.2. Alterar Preferências do(s) Morador(es).

Os papéis, tarefas e objetivos dos outros agentes são obtidos de forma semelhante, a lista completa encontra-se no APÊNDICE 11.4.

A título de ilustração, mostra-se somente um diagrama de tarefas concorrentes relacionado a uma tarefa definida para o Ag\_Identificacao, ilustrado na FIG 7.17. Neste diagrama, quando o Ag\_RedNeural informar que o morador não foi identificado, o sistema de segurança é consultado no banco de dados. Todos os outros diagramas foram definidos de forma semelhante e encontra-se no APÊNDICE 11.5.



FIG 7.17: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Solicitar Modo de Segurança.

## 8 RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Neste capítulo tem-se uma apresentação do sistema implementado para a criação dos cenários da casa inteligente. A Seção 8.1, traz uma visão geral do sistema, já a Seção 8.3 descreve o banco de dados desenvolvido, na Seção 8.2 ilustra alguns cenários que são utilizados na interface desenvolvida, por fim, na Seção 8.4 mostra um exemplo de uma comunicação entre o agente quarto com o Ag\_RedNeural utilizando o serviço de páginas amarelas.

### 8.1 SISTEMA DA CASA INTELIGENTE

Na FIG. 8.1, observa-se a interface principal do sistema, onde o administrador verifica todos os moradores identificados e os cômodos definidos para a casa, além de possibilitar a simulação da entrada de um ocupante em um determinado cômodo. Para esta interface foram criados os seguintes componentes:

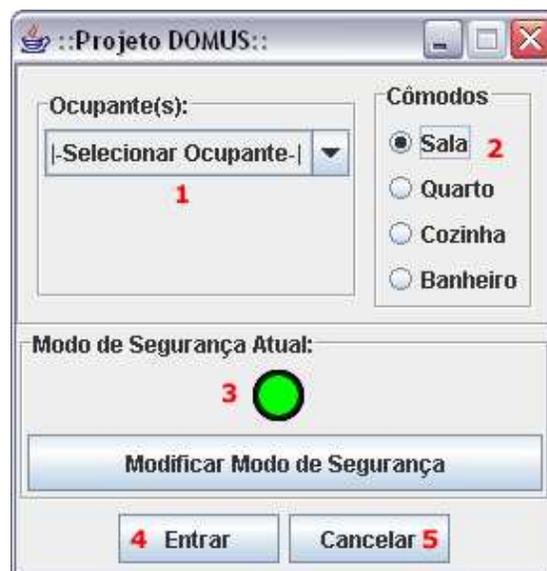


FIG 8.1: Interface Principal para a Criação dos Cenários.

- **(1) Ocupante(s):** o administrador pode verificar e selecionar um dos ocupantes mostrados neste componente. Um ocupante identificado é determinado por um vetor com zeros e  $[0...1]$  para moradores,  $[0...2]$  para visitantes ou  $[0...3]$  para invasores. Para a criação dos cenários foi definida uma identificação relacionada a um

ocupante não identificado, neste caso é [0]. Esta será utilizada para a criação de uma nova identificação quando o modo de segurança for verde, visitante quando for amarelo e invasor quando for vermelho;

- **(2) Cômodos:** o administrador verifica quais os cômodos definidos para a casa inteligente, podendo selecionar um dos cômodos. Neste sistema foram definidos quatro cômodos, a saber, sala, quarto, cozinha e banheiro;
- **(3) Modo de Segurança Atual:** o administrador verifica qual o modo de segurança atual no sistema da casa inteligente. O administrador pode modificar o modo de segurança clicando no botão (Modificar Modo de Segurança), se isso acontecer será aberta uma outra interface mostrada na FIG. 8.2;
- **(4) Entrar:** depois que o administrador selecionar um ocupante e o cômodo, o próximo passo é clicar no botão de entrar. Isto simula a entrada de um ocupante em um determinado cômodo da casa;
- **(5) Cancelar:** o administrador pode cancelar a criação dos cenários clicando no botão cancelar.

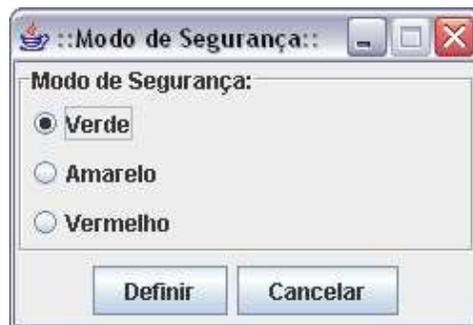


FIG 8.2: Interface para Modificar o Modo de Segurança.

Na FIG. 8.3 ilustra a segunda interface definida para o sistema. Para cada cômodo selecionado pelo administrador, é criada uma interface com o nome do cômodo que será mostrado na barra de tarefas. Para esta interface foram definidos os seguintes componentes:

- **(1) Informações do(s) Ocupantes:** Neste componente o administrador pode observar todos os ocupantes que entrarem no cômodo. Foram definidos os seguintes itens:

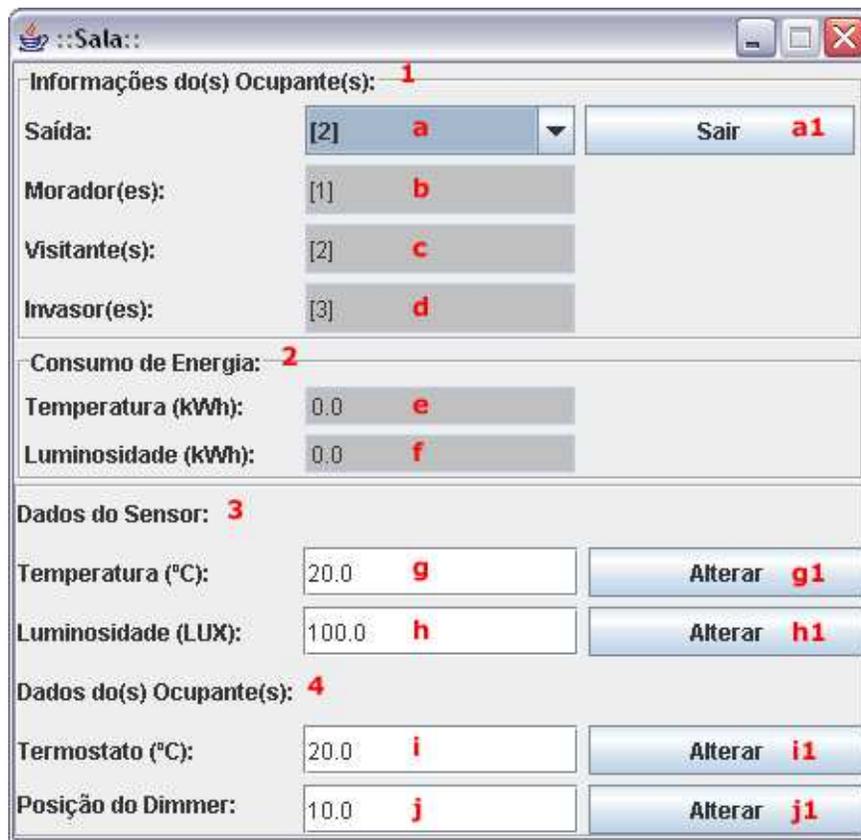


FIG 8.3: Interface com Informações sobre o Cômodo.

- (a) **Saída:** para cada ocupante que entrar no cômodo, é definida uma identificação. Neste item o administrador pode visualizar os ocupantes e selecionar um para sair do cômodo clicando no botão sair (item a1);
  - \* (a1) **Sair:** o administrador pode selecionar um morador para sair do cômodo, clicando nesse botão o morador selecionado sairá do cômodo.
- (b) **Morador(es):** neste item é mostrado o morador ou um conjunto de moradores que entrarem no cômodo;
- (c) **Visitante(s):** todos os visitantes que entrarem no cômodo serão visualizados neste item;
- (d) **Invasor(es):** a identificação de um invasor ou de um conjunto de invasores que entrarem no cômodo pode ser visualizada neste item;
- (2) **Consumo de Energia:** Neste componente é mostrado o consumo de energia em *kWh* mensal de um determinado cômodo. Foram definidos os seguintes itens:
  - (e) **Temperatura (kWh):** o consumo mensal da temperatura em *kWh* será mostrado;

- (f) **Luminosidade (*kWh*):** o consumo mensal da luminosidade em *kWh* será mostrado;
- (3) **Dados do Sensor:** esses dados representam o valor da temperatura e luminosidade atual no cômodo. Além disso, o administrador pode modificar esses valores clicando nos botões (itens **g1** e **h1**), essa modificação indicam que a temperatura ou luminosidade atual foi influenciada pelo ambiente externo. Os seguintes itens foram definidos para este componente:
  - (g) **Temperatura ( $^{\circ}C$ ):** a temperatura atual no cômodo é mostrada em graus *Celsius*;
    - \* (g1) **Alterar:** o administrador pode modificar o valor da temperatura clicando no botão alterar;
  - (h) **Luminosidade (*lux*):** a luminosidade atual no cômodo é mostrada em *lux*;
    - \* (h1) **Alterar:** a luminosidade é alterada quando o administrador clicar no botão alterar;
- (4) **Dados do(s) Ocupante(s):** neste componente é mostrado os valores da temperatura e luminosidade ajustado para que o valor do termostato e da posição do *dimmer* esteja de acordo com as preferências do(s) ocupantes. Se o administrador modificar um desses valores clicando nos botões (itens **i1** e **j1**), significa que a preferência deve ser atualizada no banco de dados e o cômodo ajustado de acordo com esses novos valores definidos pelo administrador;
  - (i) **Termostato ( $^{\circ}C$ ):** é mostrado o valor do termostato;
    - \* (i1) **Alterar:** quando o administrador clicar no botão alterar, a nova preferência da temperatura é modificada.
  - (j) **Dimmer:** é mostrado a posição do *dimmer* necessária para que a luminosidade esteja de acordo com a preferência do(s) morador(es).
    - \* (j1) **Alterar:** o administrador pode modificar as preferências de luminosidade do(s) ocupante(s) clicando no botão alterar.

Na próxima seção é mostrada a criação de três cenários: (1) adaptar cômodo à entrada de novo morador, (2) monitorar ações do morador e atualizar preferências de temperatura e luminosidade e (3) acionar segurança à entrada de invasores.

## 8.2 ILUSTRAÇÃO DE ALGUNS CASOS DE USO/CENÁRIOS

### 8.2.1 ADAPTAR CÔMODO À ENTRADA DE NOVO MORADOR

O administrador selecionou a entrada de um ocupante não identificado ([0]) na FIG. 8.1. O sistema verifica qual o modo de segurança atual, cuja resposta é verde. Sendo assim, o ocupante não identificado recebe uma identificação de novo morador. O cômodo (banheiro) não é adaptado, pois é a primeira vez que o morador entrou no cômodo e este não definiu a sua opinião sobre a temperatura e luminosidade. O valor relacionado aos dados do morador é mostrado em uma janela informando o valor do termostato (janela 5) e a posição do *dimmer* (janela 6). Na FIG. 8.4 observam-se as seguintes informações:

- **(1) Informações do(s) Ocupantes:**
  - (a) **Saída:** mostra a identificação do morador ([1]);
  - (b) **Morador(es):** mostra a identificação do morador [1];
- **(2) Consumo de Energia:**
  - (e) **Temperatura ( $kWh$ ):** o valor é nulo, pois o morador não definiu a sua preferência de temperatura;
  - (f) **Luminosidade ( $kWh$ ):** valor nulo, pois o morador não definiu a sua preferência de luminosidade;
- **(3) Dados do Sensor:**
  - (g) **Temperatura ( $^{\circ}C$ ):** a temperatura atual no banheiro é de  $10^{\circ}C$ ;
  - (h) **Luminosidade ( $lux$ ):** a luminosidade atual no banheiro é de 120lux;
- **(4) Dados do(s) Ocupante(s):**
  - (i) **Termostato ( $^{\circ}C$ ):** o valor do termostato é 0.00, pois o morador não definiu a sua opinião sobre a temperatura no cômodo;
  - (j) **Dimmer:** a posição do *dimmer* é 000.0, pois o morador não definiu a sua opinião relacionado com a luminosidade no cômodo.



FIG 8.4: Cenário - Adaptar Cômodo à Entrada de Novo Morador.

## 8.2.2 MONITORAR AÇÕES DO MORADOR E ATUALIZAR PREFERÊNCIAS DE TEMPERATURA E LUMINOSIDADE

A FIG 8.5 define os dados para a criação do cenário, onde o morador identificado define a sua opinião relacionada à temperatura e luminosidade. Esses novos valores serão atualizados no banco de dados. O administrador modificou os seguintes itens:

- (4) **Dados do(s) Ocupantes:**
  - (i) **Termostato (°C):** o valor do termostato definido foi de  $24^{\circ}\text{C}$ . Neste caso o aquecedor é acionado, pois a temperatura atual é de  $10^{\circ}\text{C}$ ;
  - (j) **Dimmer:** a posição do *dimmer* é de 10.0, utilizando a convenção definida na FIG. 3.5, a luminosidade atual deve ser somada com mais  $20\text{lux}$ , ou seja,

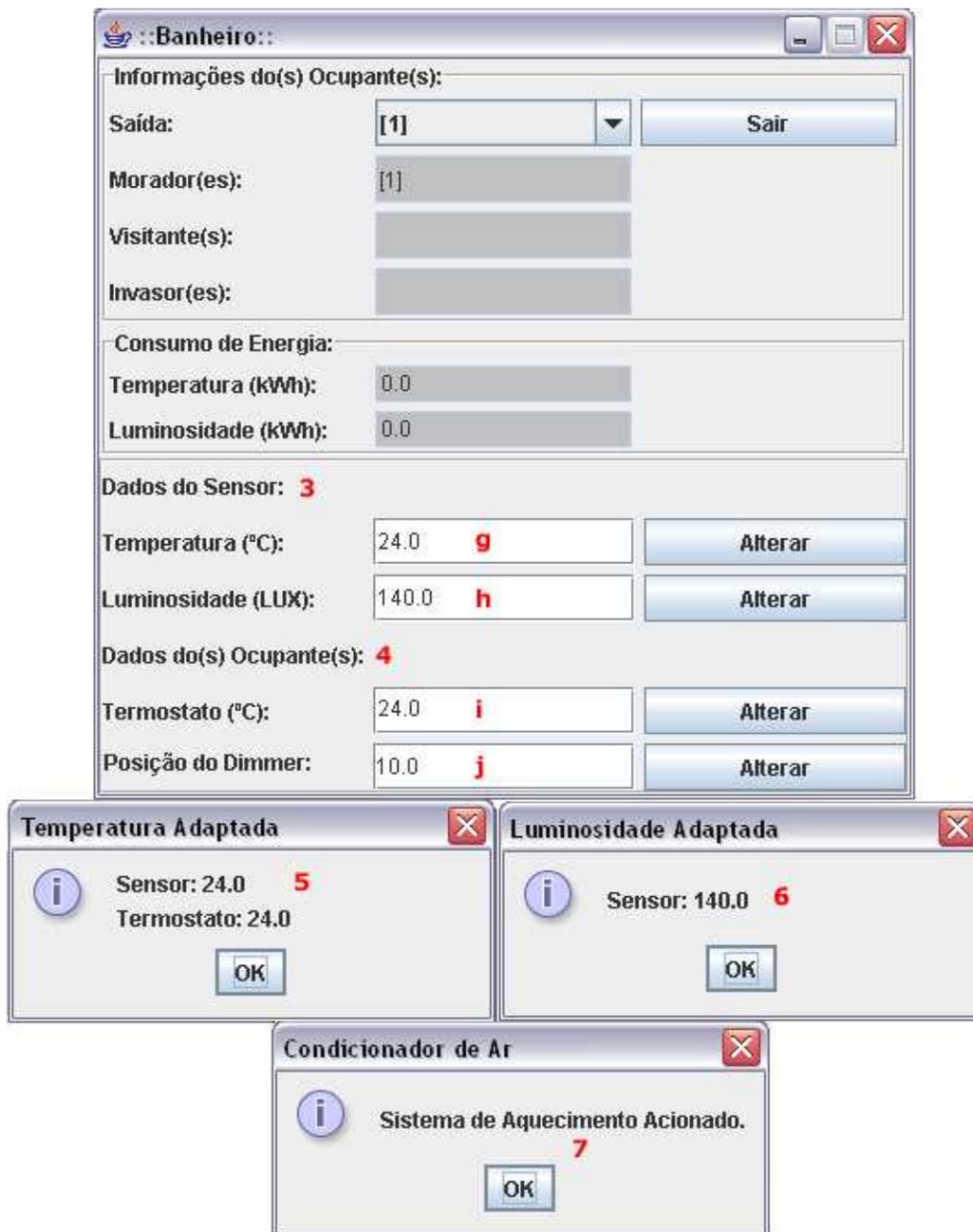


FIG 8.5: Cenário - Monitorar Ações do Morador e Atualizar Preferências de Temperatura e Luminosidade.

o novo valor da luminosidade é de  $140\text{lux}$ .

Observa-se na FIG. 8.5 que os valores atuais definidos no componente dados do sensor (3) para a temperatura é de  $24.0^{\circ}\text{C}$  e a luminosidade é de  $140\text{lux}$ , esses valores estão de acordo com a nova preferência definido pelo administrador. Na (janela 5), observa-se a informação do novo valor da temperatura, na janela (6) mostra-se o novo valor da luminosidade e na janela (7), informa-se que o sistema de aquecimento foi acionado.

### 8.2.3 ACIONAR SEGURANÇA À ENTRADA DE INVASORES

Na FIG. 8.6 mostra que um invasor entrou no cômodo (d), mas ainda está presente o morador, o sistema automaticamente aciona a polícia ou a firma de segurança (janela 8).

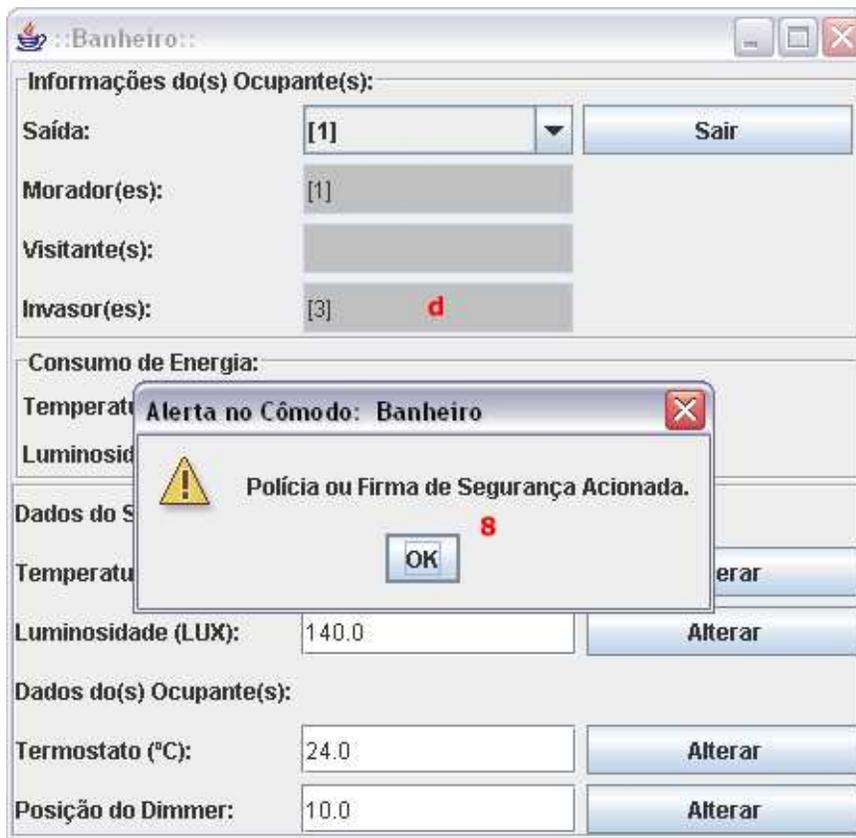


FIG 8.6: Cenário - Acionar Segurança à Entrada de Invasores.

### 8.3 BANCO DE DADOS DO SISTEMA

Para o sistema desenvolvido para a casa inteligente é utilizado o SGBD (Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados) MySQL (MYSQL, 2004). A representação gráfica do banco de dados pode ser observado na FIG. 8.7. A FIG. 8.8 ilustra o DER (Diagrama de Entidade e Relacionamento) do sistema da casa inteligente. Nas próximas subseções cada uma das entidades será detalhada.

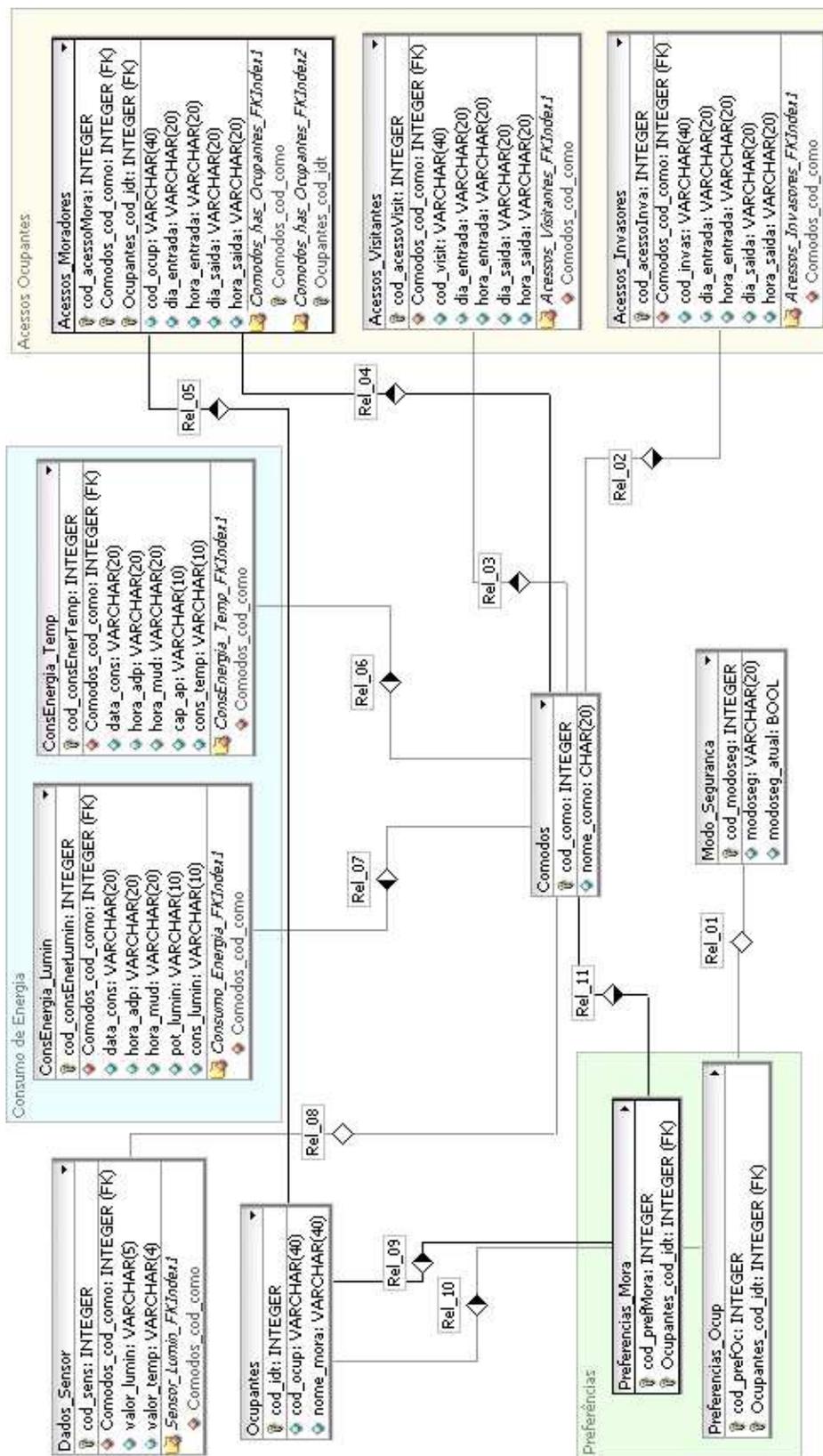


FIG 8.7: Banco de Dados do Sistema da Casa Inteligente.

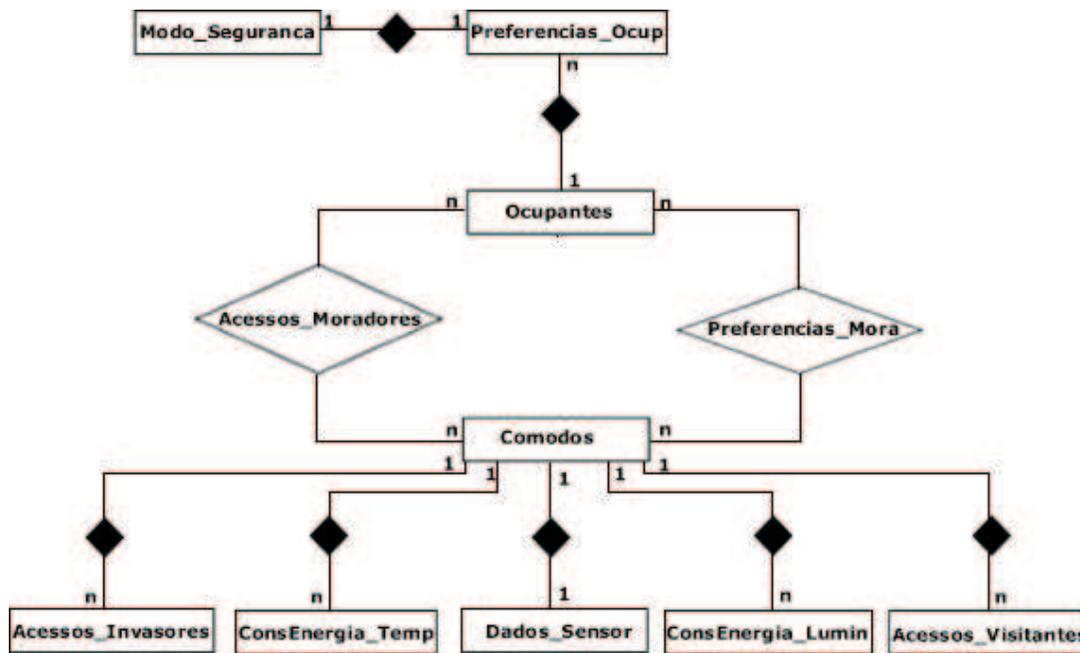


FIG 8.8: DER do Sistema da Casa Inteligente.

### 8.3.1 TABELA DADOS\_SENSOR

Nesta tabela estão registrados os valores do termostato ( $^{\circ}C$ ) e da luminosidade ( $lux$ ), que representam os dados do sensor de temperatura e luminosidade utilizados quando um ocupante entrar em um cômodo. Os seguintes atributos foram definidos:

- **cod\_sens:** códigos dos dados dos sensores de temperatura e luminosidade do sistema, sendo a chave primária da tabela;
- **Comodos\_cod\_como:** códigos dos cômodos da tabela Comodos;
- **valor\_lumin:** valores do sensor de luminosidade definidos para cada cômodo da casa;
- **valor\_temp:** valores do sensor de temperatura definidos para cada cômodo da casa.

### 8.3.2 TABELA COMODOS

Tabela onde estão registrados os cômodos definidos no sistema da casa inteligente. Foram definidos os seguintes atributos:

- **cod\_como:** (chave primária) códigos de cada cômodo determinado na criação dos cenários da casa inteligente;
- **nome\_como:** nomes dos cômodos;

### 8.3.3 TABELA OCUPANTES

Nesta tabela são definidos os ocupantes do sistema da casa inteligente. Os atributos são:

- **cod\_idt:** (chave primária) códigos dos moradores identificados;
- **cod\_ocup:** identificações dos moradores.

### 8.3.4 TABELA PREFERENCIAS\_MORA

Tabela de relacionamento entre as tabelas Ocupantes e Comodo. Nesta tabela serão armazenadas as preferências de temperatura e luminosidade dos moradores identificados. As preferências são armazenadas dependendo do horário que o(s) morador(es) entrarem no cômodo. Os horários estão definidos de meia em meia hora. Os atributos são:

- **cod\_prefMora:** (chave primária) códigos das preferências dos moradores;
- **cod\_ocup:** códigos dos moradores da tabela Ocupantes;
- **Comodos\_cod\_como:** códigos dos cômodos da tabela Comodos;
- **pref\_00\_01as00\_30,..., pref\_23\_31as00:** preferências de temperatura e luminosidade do morador.

### 8.3.5 TABELA PREFERENCIAS\_OCUP

Tabela onde estarão armazenadas as preferências padrão dos ocupantes (novo morador, visitante ou invasor) e quando o cômodo estiver vazio.

- **cod\_prefOc:** (chave primária) códigos das preferências do(s) ocupante(s);
- **cod\_ocup:** identificação do ocupante não identificado da tabela Ocupantes;
- **Modo\_Seguranca\_cod\_modoseg:** código do modo de segurança da tabela Modo\_Seguranca;

- **pref\_dimmer:** valores da preferência de luminosidade;
- **pref\_termostato:** valores da preferência de temperatura.

### 8.3.6 TABELA ACESSOS\_MORADORES

Tabela de relacionamento entre as tabelas Ocupantes e Comodo. Nesta tabela serão registradas todas as entradas e saídas do(s) morador(es) identificado(s) nos cômodos. Foram definidos os seguintes atributos:

- **cod\_acessoMora:** (chave primária) códigos de acesso do(s) morador(es);
- **Comodos\_cod\_como:** códigos dos cômodos da tabela Comodo;
- **cod\_ocup:** identificações dos moradores da tabela Ocupantes;
- **dia\_entrada:** data da entrada do morador em um determinado cômodo;
- **hora\_entrada:** hora da entrada do morador no cômodo;
- **dia\_saida:** data da saída do morador em um cômodo;
- **hora\_saida:** hora da saída do morador no cômodo.

### 8.3.7 TABELA ACESSOS\_VISITANTES

Nesta tabela serão registrados todas as entradas e saídas do(s) visitante(es) nos cômodos. Foram definidos os seguintes atributos:

- **cod\_acessoVisit:** (chave primária) códigos de acesso dos visitantes;
- **Comodos\_cod\_como:** códigos dos cômodos da tabela Comodo;
- **cod\_visit:** identificações do(s) visitante(s) que entrarem no cômodo;
- **dia\_entrada:** datas que o visitante entrou no cômodo;
- **hora\_entrada:** horários da entrada do visitante;
- **dia\_saida:** datas da saída do(s) visitante(s);
- **hora\_saida:** horários da saída do(s) visitante(s).

### 8.3.8 TABELA ACESSOS\_INVASORES

Tabela onde estarão os dados referentes aos acessos do(s) invasor(es) em um determinado cômodo da casa.

- **cod\_ acessoInva:** (chave primária) códigos de acesso dos invasores;
- **Comodos\_cod\_como:** códigos dos comodoss da tabela Comodo;
- **cod\_invas:** identificações do(s) invasor(es) que entrarem na casa;
- **dia\_entrada:** os dias da entrada dos invasores;
- **hora\_entrada:** os horários que os invasores entrarem no cômodo;
- **dia\_saida:** dias da saída do(s) invasores;
- **hora\_saida:** horários da saída dos invasores;

### 8.3.9 TABELA MODO\_SEGURANCA

Nesta tabela serão registrados os modos de segurança que podem ser definidos pelo administrador do sistema da casa inteligente. Os atributos são:

- **cod\_modoseg:** (chave primária) códigos do modo de segurança;
- **modoseg:** armazena os modos de segurança definidos para o sistema;
- **modoseg\_atual:** armazena o modo de segurança atual do sistema.

### 8.3.10 TABELA CONSENERGIA\_TEMP

Nesta tabela estão inseridos os dados relacionados ao consumo de energia relativos à temperatura.

- **cod\_consEnerTemp:** (chave primária) códigos do consumo de energia (temperatura);
- **Comodos\_cod\_como:** códigos dos comodoss da tabela Comodo;
- **data\_cons:** data da consumo de energia para informar o consumo mensal relacionado com a temperatura;
- **hora\_adp:** horário em que foi acionado o sistema de refrigeração ou aquecimento;

- **hora\_mud:** horários em que houver mudança na temperatura do ambiente;
- **cap\_ap:** potência do condicionador de ar;
- **cons\_temp:** consumo de energia relativo à temperatura.

### 8.3.11 TABELA CONSENERGIA\_LUMIN

Tabela onde serão inseridos os dados relacionados ao consumo de energia relativos à luminosidade.

- **cod\_consEnerLumin:** (chave primária) códigos do consumo de energia relacionados à luminosidade;
- **Comodos\_cod\_como:** códigos dos cômodos da tabela Comodo;
- **data\_cons:** a data do consumo de energia;
- **hora\_adp:** hora em que foi requerida a modificação da iluminação;
- **hora\_mud:** horário que houver mudança na luminosidade do ambiente;
- **pot\_lumin:** a potência relacionada com a luminosidade;
- **cons\_lumin:** o consumo de energia (luminosidade).

## 8.4 UTILIZAÇÃO DO SACI NO SISTEMA DA CASA INTELIGENTE

No sistema da casa inteligente foi utilizado o SACI como ferramenta de auxílio nas trocas de mensagens entre os agentes, utilizando o serviço de *páginas amarelas*. A FIG. 8.9 ilustra um exemplo de comunicação entre o agente rede neural (Ag\_RedNeural) e o agente interface (AgenteQuarto) que estão na sociedade casa. O Ag\_RedNeural anuncia a sua habilidade de identificar a entrada do ocupante para o facilitador, esse anúncio é feito pela mensagem (1) **advertise(ask(“Identificar a Entrada do Ocupante”))**. O facilitador registra que o Ag\_RedNeural possui a habilidade de identificar a entrada do ocupante, que neste caso é o Ag\_RedNeural. Se um ocupante entrar no cômodo quarto, o AgenteQuarto recebe os dados capturados pelo sensor de passos e solicita ao facilitador quem possui a habilidade de identificar a entrada do ocupante ((2) **recommend-all(ask(“Identificar a Entrada do Ocupante”))**). Quando o facilitador recebe essa mensagem, verifica se existe um agente responsável por realizar essa tarefa, se positivo é

mandado uma mensagem informando o nome do agente ((3)tell(Ag\_RedNeural)). Sendo assim, o AgenteQuarto e o Ag\_RedNeural começam a comunicação (linha(4)), com o objetivo de identificar o ocupante que entrou no quarto.

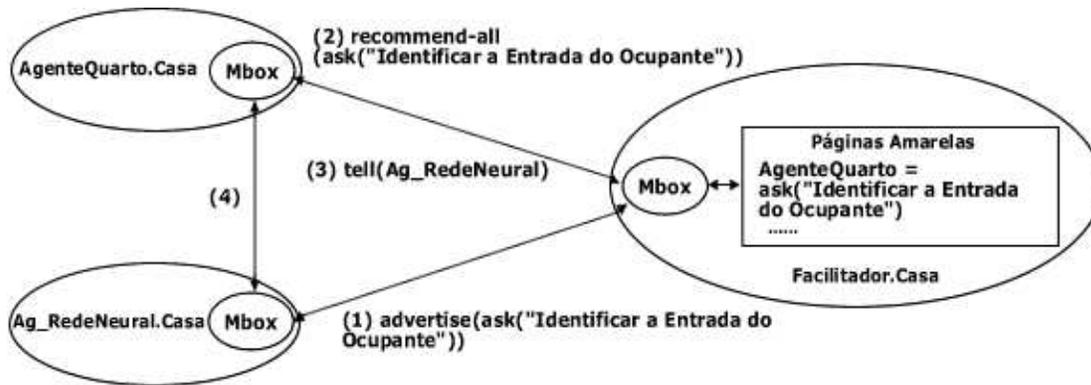


FIG 8.9: Serviço de Páginas Amarelas Desenvolvido no Sistema da Casa Inteligente.

Para o exemplo anterior, apresenta-se na FIG. 8.10 a mensagem KQML definida quando o Ag\_RedNeural anuncia a sua habilidade para o facilitador (seta (1)). A mensagem diz que o Ag\_RedNeural pode responder mensagens com a performativa *ask-one*, a linguagem (*language: KQML*), ontologia (*ontology: IdEntradaOc*) e conteúdo (*:content "Identificar a Entrada do Ocupante"*).

```
(advertise
  :receiver Facilitador
  :sender Ag_RedNeural
  :language KQML
  :ontology YP
  :content (ask-one
    :receiver Ag_RedNeural
    :language KQML
    :ontology IdEntradaOc
    :content "Identificar a Entrada do Ocupante"))
```

FIG 8.10: Mensagem KQML - Anunciando a Habilidade de Identificar a Entrada do Ocupante.

O AgenteQuarto utiliza a mensagem mostrada na FIG. 8.11 para perguntar ao facilitador qual agente responsável por identificar a entrada do ocupante (seta (2)), sendo que a resposta do facilitador é mostrada na FIG. 8.12 (seta(3)).

```

(recommend-all
  :receiver Facilitador
  :sender AgenteQuarto
  :reply-with Idt
  :language KQML
  :ontology YP
  :content (ask-one
            :language KQML
            :ontology IdEntradaOc
            :content "Identificar a Entrada do Ocupante"))

```

FIG 8.11: Mensagem KQML - Solicitando ao Facilitador quem tem a Habilidade de Identificar a Entrada do Ocupante.

```

(tell
  :receiver AgenteQuarto
  :sender Facilitador
  :in-reply-to Idt
  :language KQML
  :ontology YP
  :content (Ag_RedNeural))

```

FIG 8.12: Mensagem KQML - Facilitador Informa o Agente Responsável pela Habilidade Solicitada.

## 9 CONCLUSÃO

Neste capítulo apresenta-se os comentários finais do trabalho. Na Seção 9.1, descrevem-se os comentários gerais, por fim, na Seção 9.2, os trabalhos futuros são apresentados.

### 9.1 COMENTÁRIOS GERAIS

Antes de implementar um SMA para a casa inteligente, observou-se a necessidade de utilizar uma modelagem orientada a agentes. Optou-se pela metodologia MaSE com os diagrama de casos de uso UML, que foi utilizado para ter uma visão geral do sistema a ser implementado.

Uma característica importante apresentada neste projeto foi o desenvolvimento de uma arquitetura de duas camadas. Na primeira camada, o agente é responsável por informar a temperatura, luminosidade atual e a entrada de um ocupante no cômodo. Além disso, qualquer alteração na temperatura ou luminosidade no cômodo é solicitada para este agente. Na segunda camada, encontram-se dois grupos de agentes. No primeiro grupo, os agentes recebem e informam as modificações necessárias nos cômodo. No segundo grupo, o agente é responsável por atualizar o modo de segurança e acionar a polícia ou firma de segurança quando um invasor entrar no cômodo. A primeira camada representa cada cômodo na casa, permitindo a reconfiguração dinâmica dos agentes, ou seja, pode-se acrescentar um agente sem a necessidade de modificar a arquitetura proposta. Assim o sistema é aplicável a diferentes configurações de instalações que podem ser além de casa, escritórios, hospitais, etc.

Foi desenvolvido um ambiente para a criação dos cenários para a casa inteligente. Neste ambiente o administrador do sistema pode simular vários cenários que podem acontecer quando um ocupante entrar ou sair de um determinado cômodo da casa, monitorar a luminosidade e temperatura, verificar o consumo de energia etc.

### 9.2 TRABALHOS FUTUROS

O presente projeto definiu uma modelagem SMA válida para a casa inteligente, o que se pode fazer é implementar um pouco mais de cognição em algumas partes do sistema. Por exemplo, em vez do sistema tratar um conjunto de ocupantes como sendo um único,

pode-se criar um agente para cada ocupante na casa, que seria responsável por apreender as preferências dos ocupantes. A definição das preferências de um conjunto poderia ser definida por uma conversa entre os agentes associados aos moradores. Pode-se definir uma regra de prioridade com relação aos ocupantes no cômodo, por exemplo, se em um determinado cômodo estiver o pai, o filho e a mãe e se na conversa entre os agentes não chegar a um consenso, pode-se definir que a preferência a ser utilizada será do pai. Com essa parte mais cognitiva para cada morador, pode-se verificar todas as mudanças no valor da temperatura e luminosidade de um morador na casa, e decidir se a mudança foi feita pelo morador de uma forma pensada ou por alguma distração. Depois de qualquer decisão do agente ocupante, o agente temperatura ou luminosidade receberiam os valores para a adaptação do cômodo. A ênfase desta extensão do projeto estaria na análise do comportamento dos ocupantes; se há mudança da temperatura ou luminosidade, estas são encaradas como pistas deixadas no ambiente, não tem preocupação com os estados mentais dos agentes moradores, o que se analisa são os comportamentos externos dos agentes (ações). A partir destas pistas, o sistema tenta adequar a casa. Com a cognição as decisões não estariam baseadas somente em comportamentos externos.

Podem-se definir outros serviços para a casa, como por exemplo, economizar água, gas, controlar os eletrodomésticos, verificar a presença de fogo no ambiente, neste caso para o agente interface é definido uma nova habilidade, passando a receber mais uma informação do sensor responsável por detectar fogo.

Após os testes realizados na criação do cenário, o próximo passo do projeto é fazer a implementação física, ou seja, utilizar a arquitetura do sistema multiagente definida com os dispositivos físicos. Os dispositivos necessários para a implementação do sistema incluem sensor de temperatura e luminosidade, um dimmer para ajustar a luminosidade, termostato para a temperatura, um condicionador de ar, uma luminária e o sensor de passos (NASCIMENTO, 2002; DELIMA, 2005) para identificar um ocupante.

Com a implementação do sistema e uma modelagem orientada a agentes, pode-se verificar as conversações entre os agentes utilizando o AgentTool, evitando *deadlock* nas trocas de mensagens.

Neste trabalho foram gerados os artigos ROSA (2004b), ROSA (2004c), ROSA (2004a) e ROSA (2005c) e os relatórios técnicos BOTELHO (2004), ROSA (2005b) e ROSA (2005a).

## 10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZK, A. L. M. e SAIDEL, M. A. Uso racional e eficiente de energia elétrica: Metodologia para a determinação dos potenciais de conservação dos usos finais em instalações de ensino e simulares. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1998.
- BORDINI, R. H., VIEIRA, R. e ÁLVARO FREITAS MOREIRA. Fundamentos de sistemas multiagentes. *Anais do XXI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação Fortaleza: UNIFOR*, V II:p. 3–41, Fortaleza - CE, 30 de Julho à 3 de Agosto 2001.
- BOTELHO, W. T. e DA CUNHA, A. E. C. Análise de desempenho de um sistema multiagente reativo utilizando redes de petri estocásticas. Relatório Técnico 099, Instituto Militar de Engenharia, Maio 2004.
- BRESCIANI, P., GIORGINI, P., GIUNCHIGLIA, F., MYLOPOULOS, J. e PERINI, A. Tropos: An agent-oriented software development methodology. *Technical Report DIT-02-0015, University of Trento, Department of Information and Communication Technology*, 2002.
- CAIRE, G., LEAL, F., CHAINHO, P., R. EVANS, F. J., PAVON, G. J., KEARNEY, P., STARK, J. e MASSONET, P. Project p907, deliverable 3: Methodology for agent-oriented software engineering. *Technical Information Final version, (EURESCOM)*, 2001a.
- CAIRE, G., LEAL, F., CHAINHO, P., EVANS, R., GARIJO, F., GOMEZ, J., PAVON, J., KEARNEY, P., STARK, J. e MASSONET, P. Agent oriented analysis using message/uml. *Michael Wooldridge, Paolo Ciancarini, and Gerhard Weiss, editors, Second International Workshop on Agent-Oriented Software Engineering (AOSE-2001)*, págs. 101–108, 2001b.
- CONSUL. Manual do condicionador de ar - modelo ccz10, 2004. <http://www.consul.com.br> [capturado em 15 dez. 2004].
- DAM, K. H. e WINIKOFF, M. Comparing agent-oriented methodologies. *Fifth International Bi-Conference Workshop on Agent-Oriented Information Systems (AOIS-2003), AAMAS03*, Melbourne, Australia, July 2003.
- DAVIDSSON, P. e BOMAN, M. Energy saving and value added services: Controlling intelligent buildings using a multi-agent systems approach. *Proceedings of the 3rd International Conference on the Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems(PAAM-98)*, 505-516, 1998.
- DE LIMA, S. S. Análise e desenvolvimento de um ambiente de simulação para aplicações domóticas. Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia - IME, 2005.
- DE REZENDE ROCHA, A., DE SOUZA JÚNIOR, E. M. e ALVES, J. C. Introdução aos agentes inteligentes e aos sistemas multiagentes. 06 de Abril 2003.

- DELOACH, M. S. e L, C. J. *AgentTool 1.8.3 User 's Manual*. Graduate School of Engineering and Management Air Force Institute of Technology Wright - Patterson Air Force Base., 2001a.
- DELOACH, S. A. Analysis and design using mase and agenttool. *Proceedings of the 12th Midwest Artificial Intelligence and Cognitive Science Conference (MAICS 2001)*, Oxford - Ohio, 31 de Março a 1 de Abril 2001b.
- DELOACH, S. A., WOOD, M. F. e SPARKMAN, C. H. Multiagent systems engineering. *The International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, Volume 11(no 3):231–258, Junho 2001c.
- DURFEE, E. H., LESSER, V. R. e CORKILL, D. D. Trends in cooperative distributed problem solving. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 1(1):63–83, 1989. URL [citeseer.ist.psu.edu/durfee95trends.html](http://citeseer.ist.psu.edu/durfee95trends.html).
- ECHELON. Echelon corporation, 2004. <http://www.echelon.com/> [capturado em 27 dez. 2004].
- FURLAN, J. D. *Modelagem de Objetos Através da UML - The Unified Modeling Language*. MAKRON Books, 1. ed, 1998. ISBN 85.346.0924-1.
- GIUNCHIGLIA, F., MYLOPOULOS, J. e PERINI, A. The tropos software development methodology: Processes, models and diagrams. *In Third International Workshop on Agent-Oriented Software Engineering*, Julho 2002.
- HÜBNER, J. F. e SICHTMAN, J. S. Saci: Uma ferramenta para implementação e monitoração da comunicação entre agentes. *IBERAMIA/SBIA, Atibaia, São Paulo*, págs. p. 47–56, Julho 2000.
- HÜBNER, J. F. e SICHTMAN, J. S. Organização de sistemas multiagentes. *III Jornada de Mini-Cursos de Inteligência Artificial (JAIA'03)*, Campinas, São Paulo, Volume 8: p. 247–296, Julho 2003a.
- HÜBNER, J. F. e SICHTMAN, J. S. Saci programming guide (version 0.9). *Universidade de São Paulo - Escola Politécnica, Laboratório de Técnicas Inteligentes*, Julho 2003b.
- LESSER, V., ATIGHETCHI, M., BENYO, B., HORLING, B., RAJA, A., VINCENT, R., WAGNER, T., PING, X. e ZHANG, S. X. The Intelligent Home Testbed. *Proceedings of the Autonomy Control Software Workshop (Autonomous Agent Workshop)*, Janeiro 1999. URL <http://mas.cs.umass.edu/paper/134>.
- MARIETTO, M. G. B. *Definição Dinâmica de Estratégias Instrucionais em Sistemas de Tutoria Inteligente: Uma Abordagem Multiagentes na WWW*. Tese de Doutorado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA, 2000.
- MYSQL. The world's most popular open source database, 2004. <http://www.mysql.com.br/> [capturado em 20 dez. 2004].
- NASCIMENTO, A. F. Sistema dinâmico de automação residencial. Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia - IME, 2002.

- PADGHAM, L. e WINIKO, M. Prometheus: A methodology for developing intelligent agents. *In Third International Workshop on Agent-Oriented Software Engineering*, Julho 2001a.
- PADGHAM, L. e WINIKO, M. Prometheus: A pragmatic methodology for engineering intelligent agents. *In Proceedings of the OOPSLA 2002 Workshop on Agent-Oriented Methodologies*, pages 97-108, Novembro 2001b.
- PADGHAM, L. e WINIKO, M. Prometheus: Engineering intelligent agents. *Tutorial notes, available from the authors*, Outubro 2002.
- PADGHAM, L. e WINIKO, M. Prometheus: A brief summary. *Technical note, available from the authors*, Janeiro 2003.
- ROSA, P. F. F., DA CUNHA, A. E. C. e BOTELHO, W. T. Utilização de uma metodologia orientada a agentes para a casa inteligente. Relatório Técnico 109, Instituto Militar de Engenharia, Fevereiro 2005a.
- ROSA, P. F. F., DE LIMA, S. S. e BOTELHO, W. T. A reactive system with a neural identification for the smart house. *VI Induscon*, Joinville - SC, 12 a 15 de Outubro, 2004a.
- ROSA, P. F. F., DE LIMA, S. S. e BOTELHO, W. T. A pervasive identification and adaptation system for the smart house. Relatório Técnico 107, Instituto Militar de Engenharia, Fevereiro 2005b.
- ROSA, P. F. F., DE LIMA, S. S., BOTELHO, W. T. e ALALUNA, M. S. A pervasive identification and adaptation system for the smart house. *IFIP-World Computer Congress*, págs. 141–154, Toulouse-França, 22 a 27 de Agosto 2004b.
- ROSA, P. F. F., DE LIMA, S. S., BOTELHO, W. T. e DA CUNHA, A. E. C. Um agente de identificação para aplicações domóticas. *CBA 2004 - XV Congresso Brasileiro de Automática*, Gramado - RS, 21 a 24 de Setembro 2004c.
- ROSA, P. F. F., DE LIMA, S. S., BOTELHO, W. T. e DA CUNHA, A. E. C. The modeling of a multi-agents system for a domotics platform. *16th IFAC World Congress (a ser publicado)*, Prague - República Tcheca, 4 a 8 de Julho 2005c.
- RUSSELL, S. e NORVIG, P. *Inteligência Artificial*. Editora Campus, 2. ed, 2004. ISBN 85-352-1177-2.
- SICHMAN, J. S. e ALVARES, L. O. Introdução aos sistemas multiagentes. *Anais da Jornada de Atualização em Informática - JAI97*, (1-37), Brasília - DF 1997.
- WOOLDRIDGE, M. e JENNINGS, N. Agents theories, application and languages. *1st International Conference on MultiAgent Systems, São Francisco, USA*, 1995.
- WOOLDRIDGE, M., JENNINGS, N. e KINNY, D. The gaia methodology for agent-oriented analysis and design. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, Volume 3 (no 3), 2000.

WOOLDRIDGE, M., JENNINGS, N. e KINNY, D. A methodology for agent-oriented analysis and design. *In Proceedings of the third international conference on Autonomous Agents (Agents-99)*, Seattle - WA, 1999.

## 11 APÊNDICES

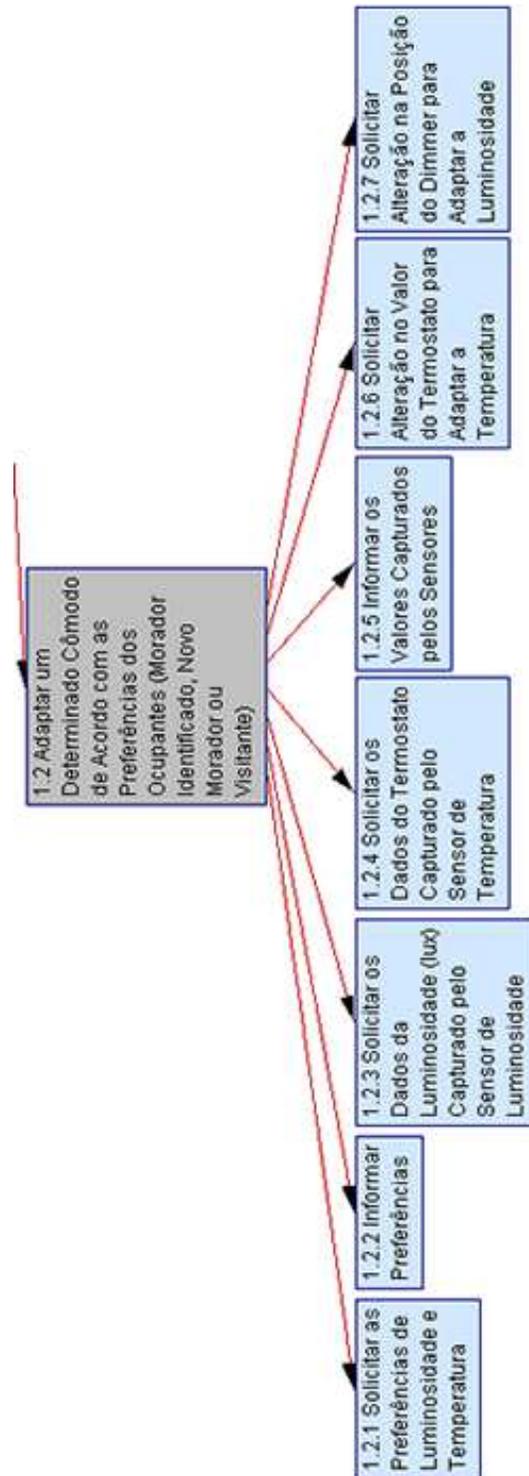


FIG 11.1: Diagrama de Objetivos - 1.2 Adaptar um Determinado Cômodo de Acordo com as Preferências dos Ocupantes (Morador Identificado, Novo Morador ou Visitante).

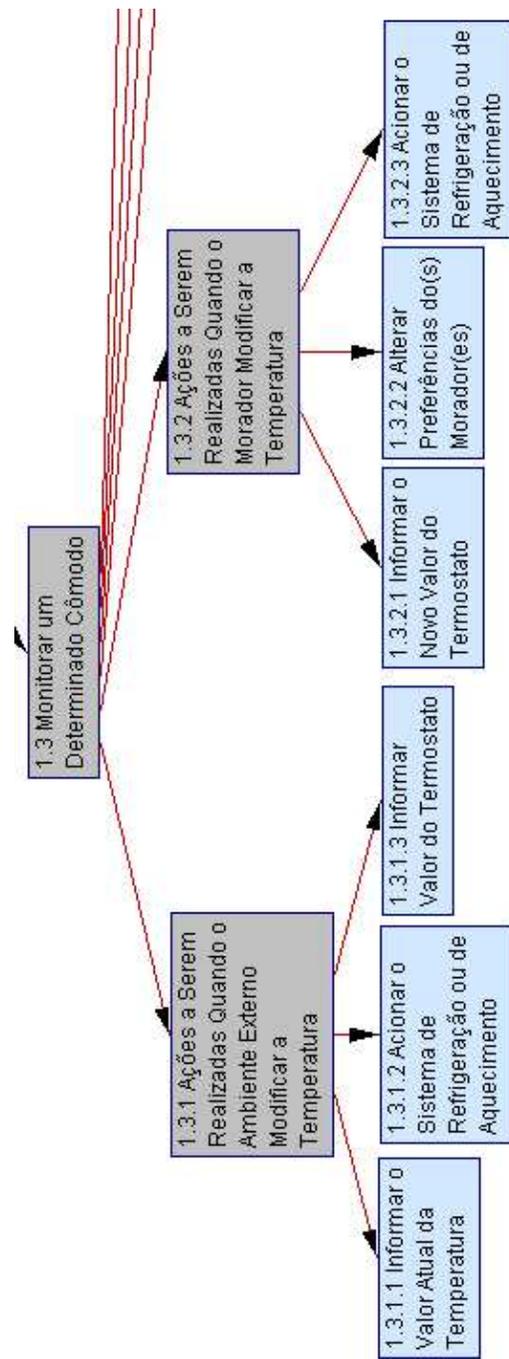


FIG 11.2: Diagrama de Objetivos - 1.3 (a) Monitorar um Determinado Cômodo.

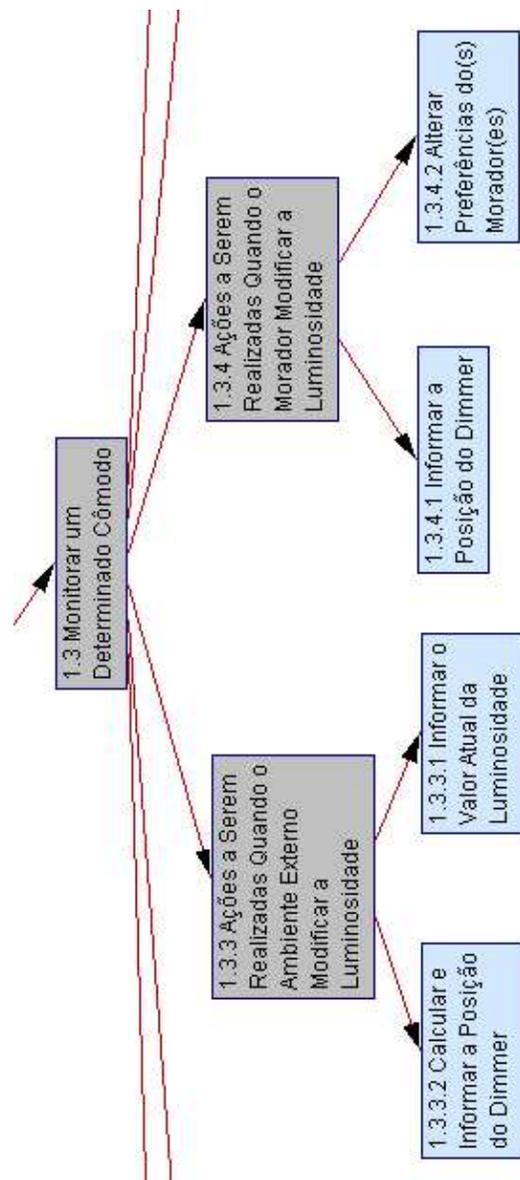


FIG 11.3: Diagrama de Objetivos - 1.3 (b) Monitorar um Determinado Cômmodo.

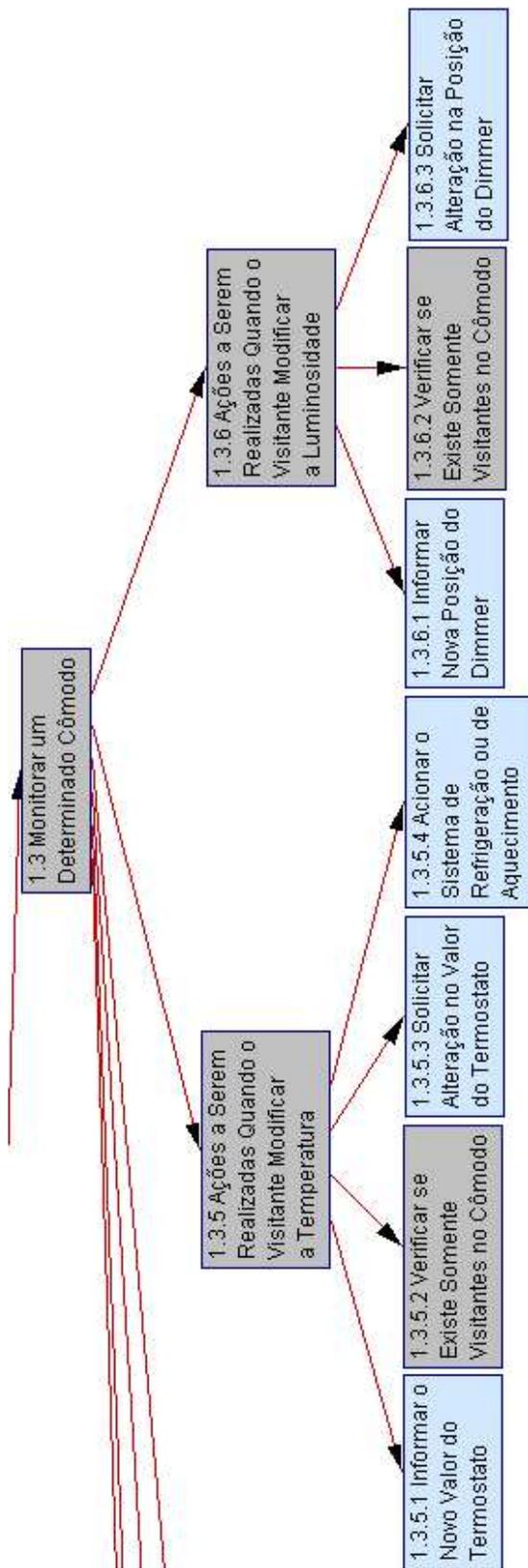


FIG 11.4: Diagrama de Objetivos - 1.3 (c) Monitorar um Determinado Cômodo.

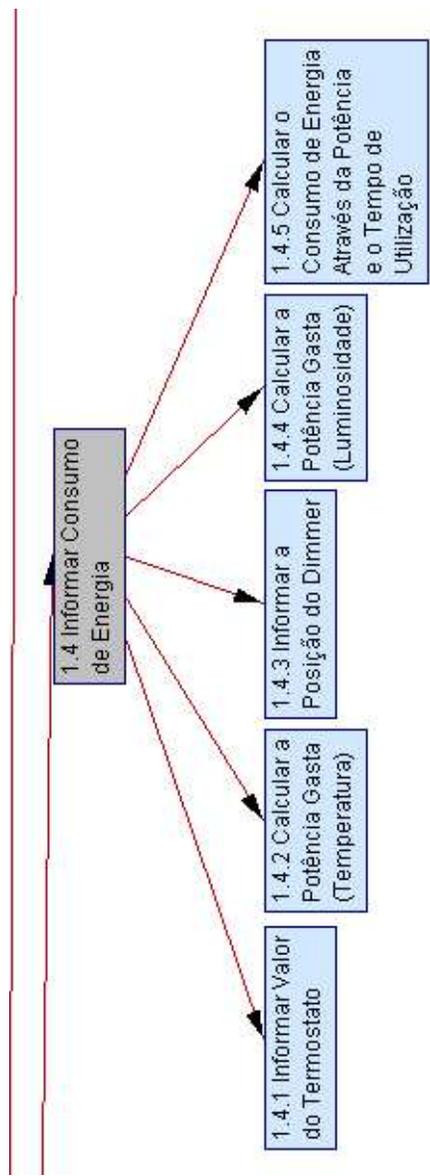


FIG 11.5: Diagrama de Objetivos - 1.4 Informar Consumo de Energia.

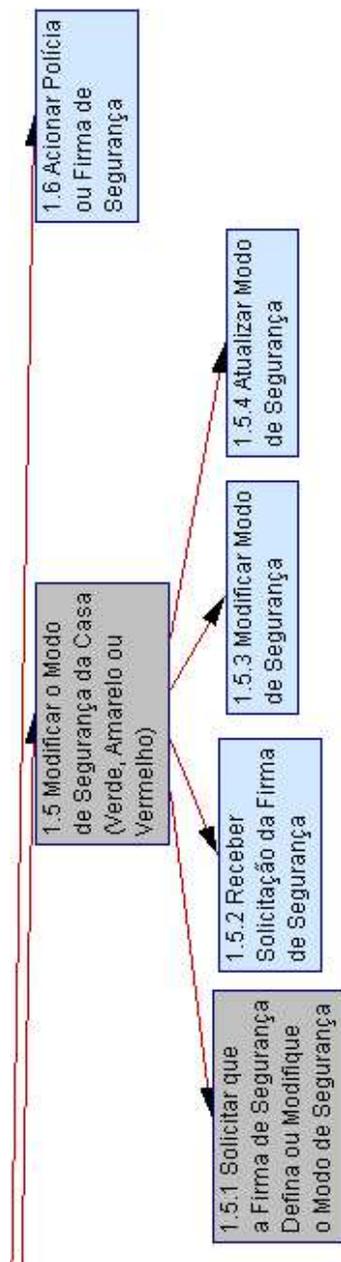


FIG 11.6: Diagrama de Objetivos - 1.5 Modificar o Modo de Segurança da Casa (Verde, Amarelo ou Vermelho) e 1.6 Acionar Polícia ou Firma de Segurança

## 11.2 APÊNDICE 2: DIAGRAMA DE SEQUÊNCIAS

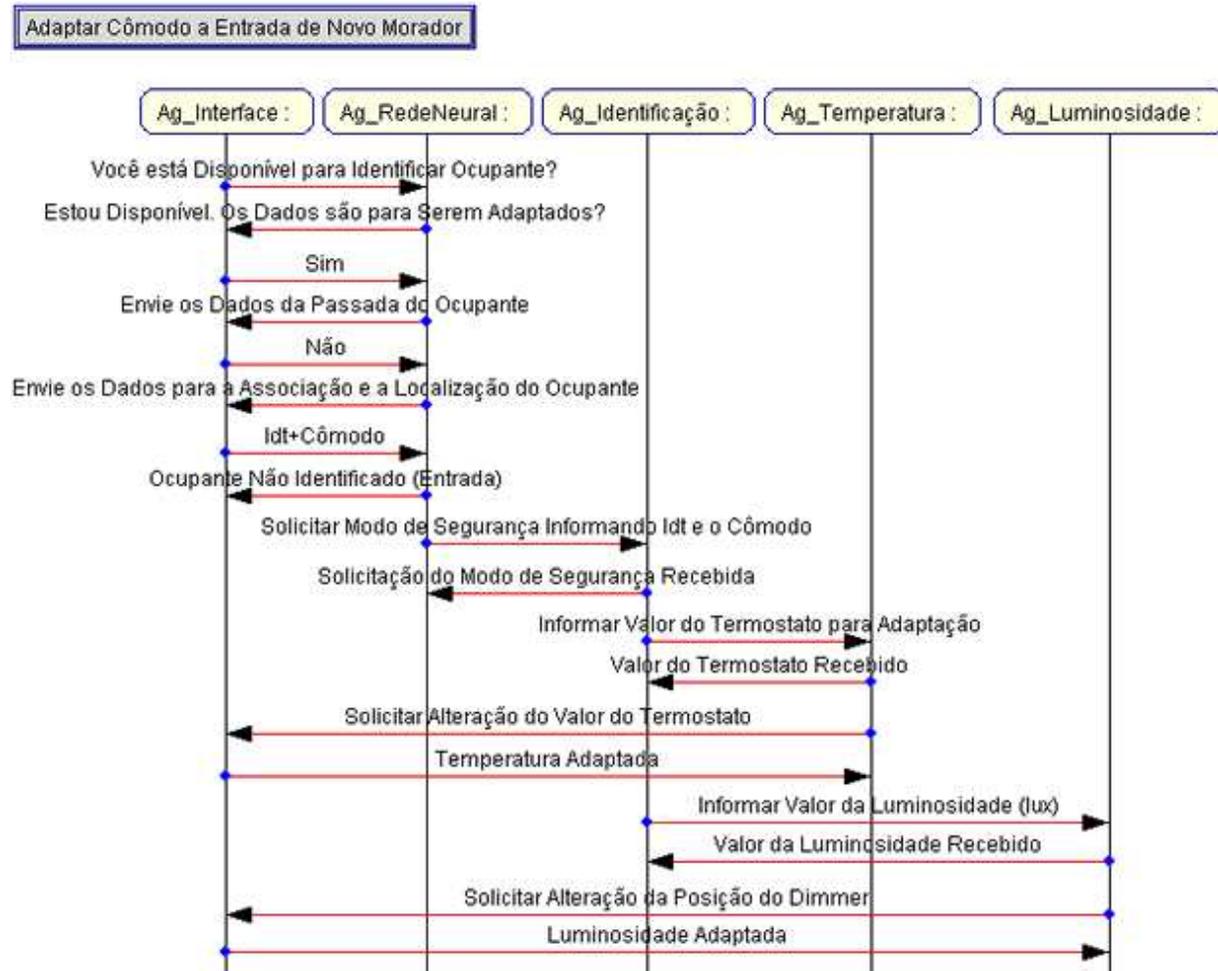


FIG 11.7: Diagrama de Sequência - Adaptar Cômodo à Entrada de Novo Morador.

Adaptar Cômodo à Entrada de Visitante

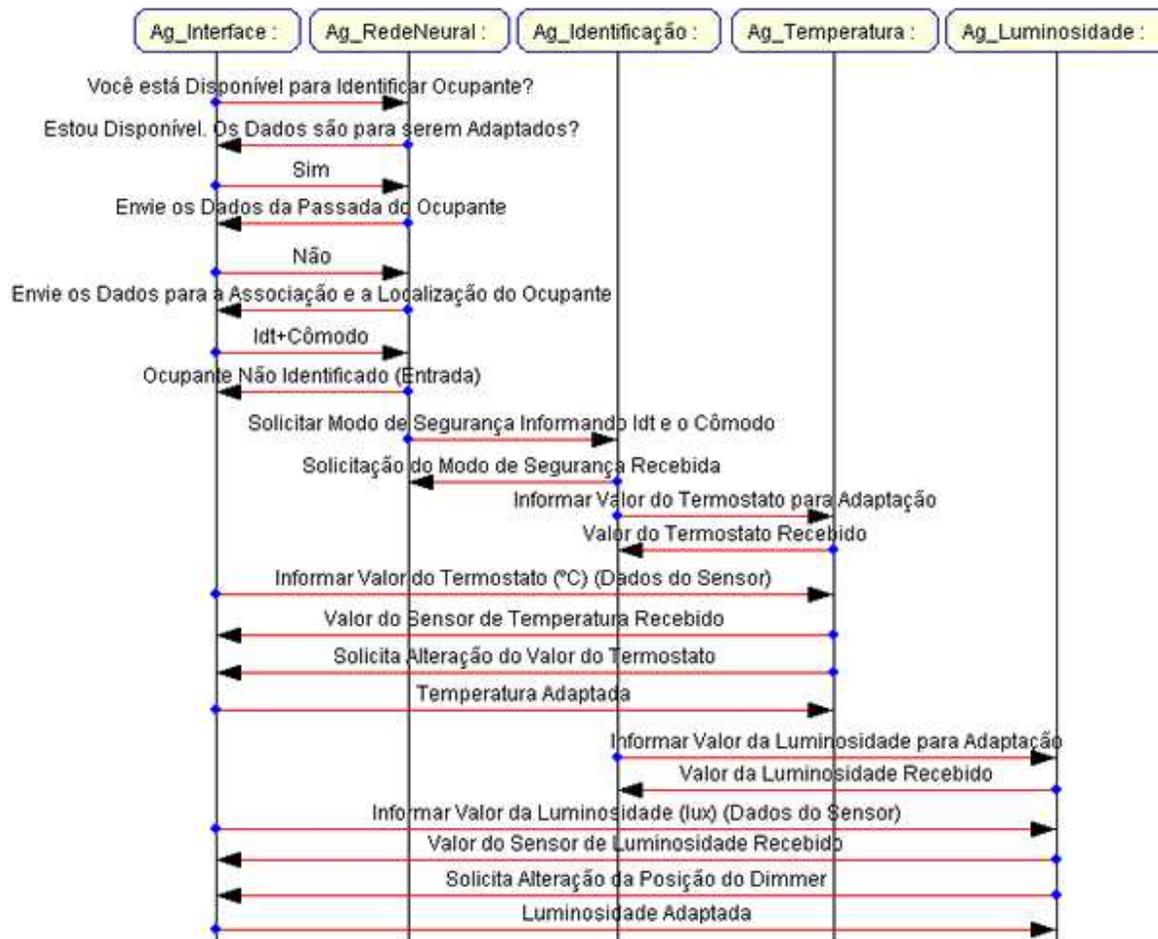


FIG 11.8: Diagrama de Seqüência - Adaptar Cômodo à Entrada de Visitante.

Acionar Segurança à Entrada de Invasores

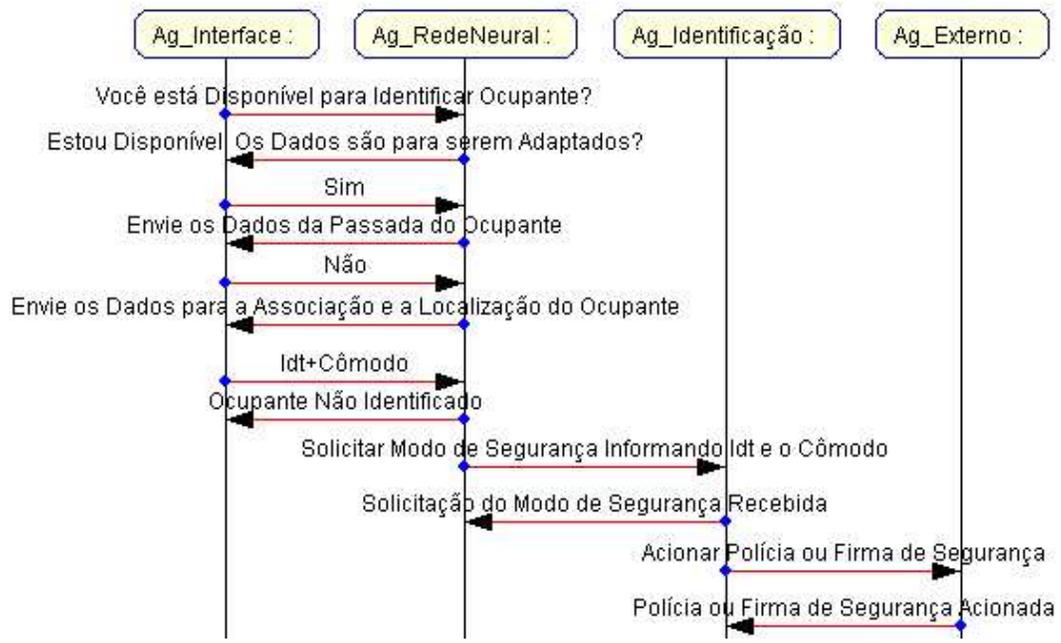


FIG 11.9: Diagrama de Seqüência - Acionar Segurança à Entrada de Invasores.

Monitorar Ações do Ambiente Externo e Ajustar Temperatura ou Luminosidade

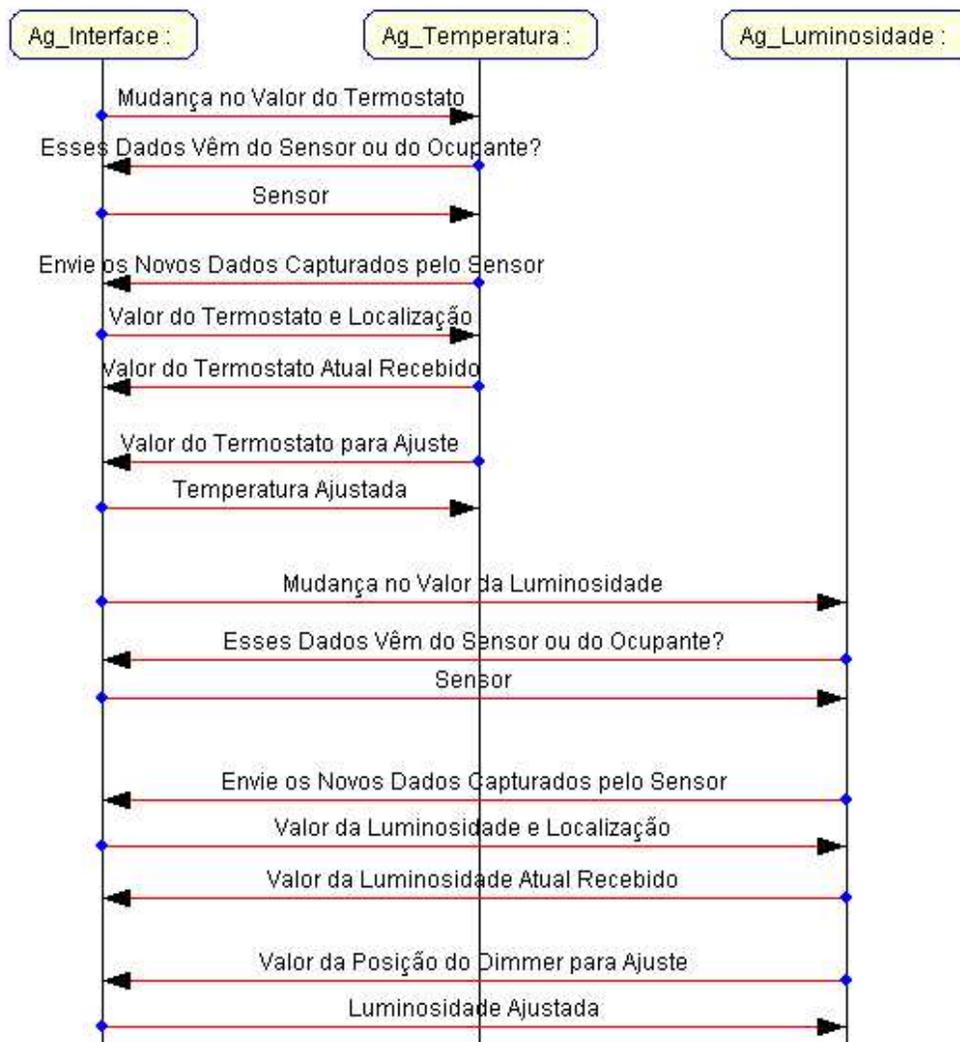


FIG 11.10: Diagrama de Seqüência - Monitorar Ações do Ambiente Externo e Ajustar Temperatura ou Luminosidade.

Monitorar Ações do Morador e Atualizar Preferências de Temperatura e Luminosidade

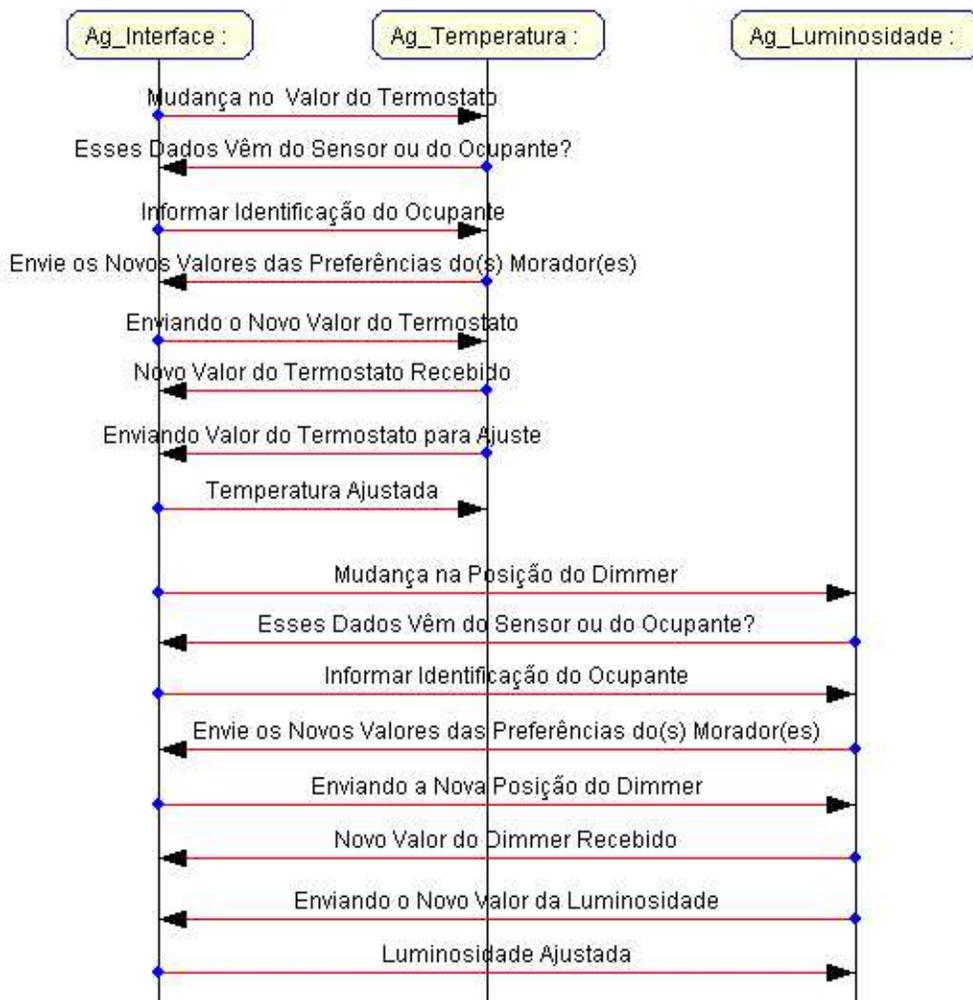


FIG 11.11: Diagrama de Seqüência - Monitorar Ações do Morador e Atualizar Preferências de Temperatura ou Luminosidade.

Monitorar Ações do Visitante e Alterar Temperatura ou Luminosidade

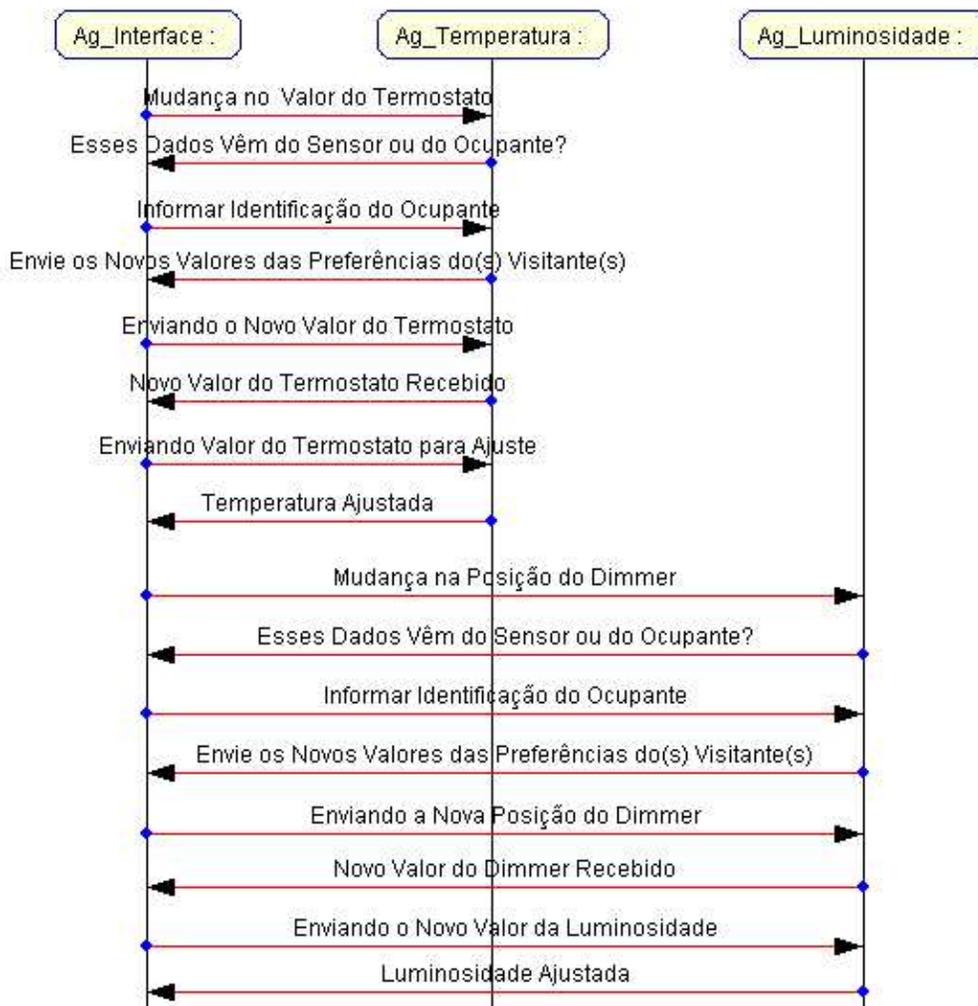


FIG 11.12: Diagrama de Seqüência - Monitorar Ações do Visitante e Alterar o Valor da Temperatura ou Luminosidade.

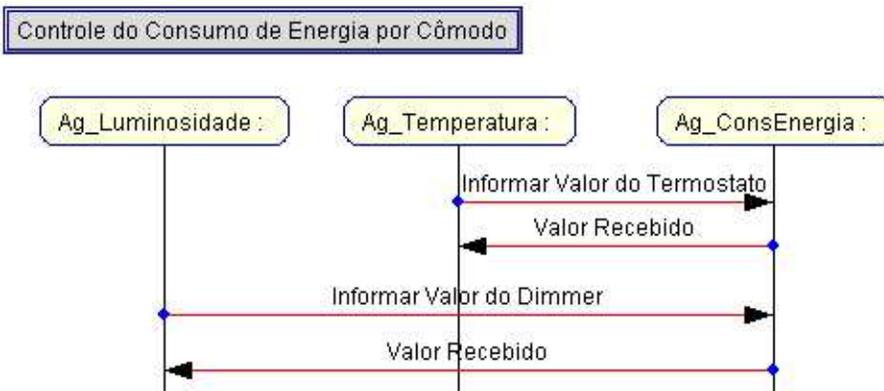


FIG 11.13: Diagrama de Seqüência - Controle do Consumo de Energia por Cômado.

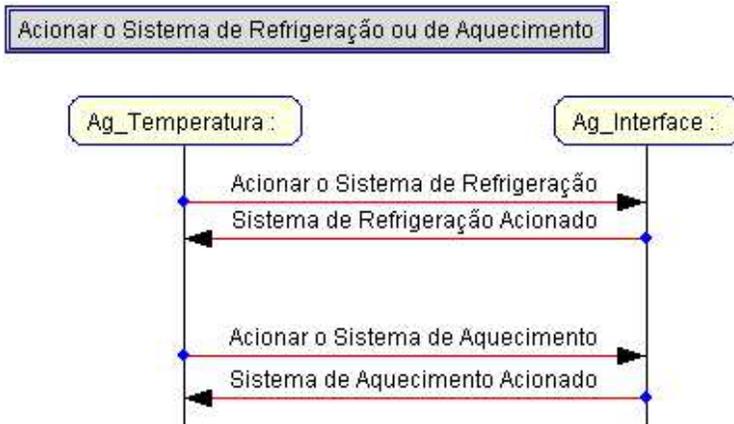


FIG 11.14: Diagrama de Seqüência - Acionar o Sistema de Refrigeração ou de Aquecimento.

Adaptar Cômodo à Saída de Morador

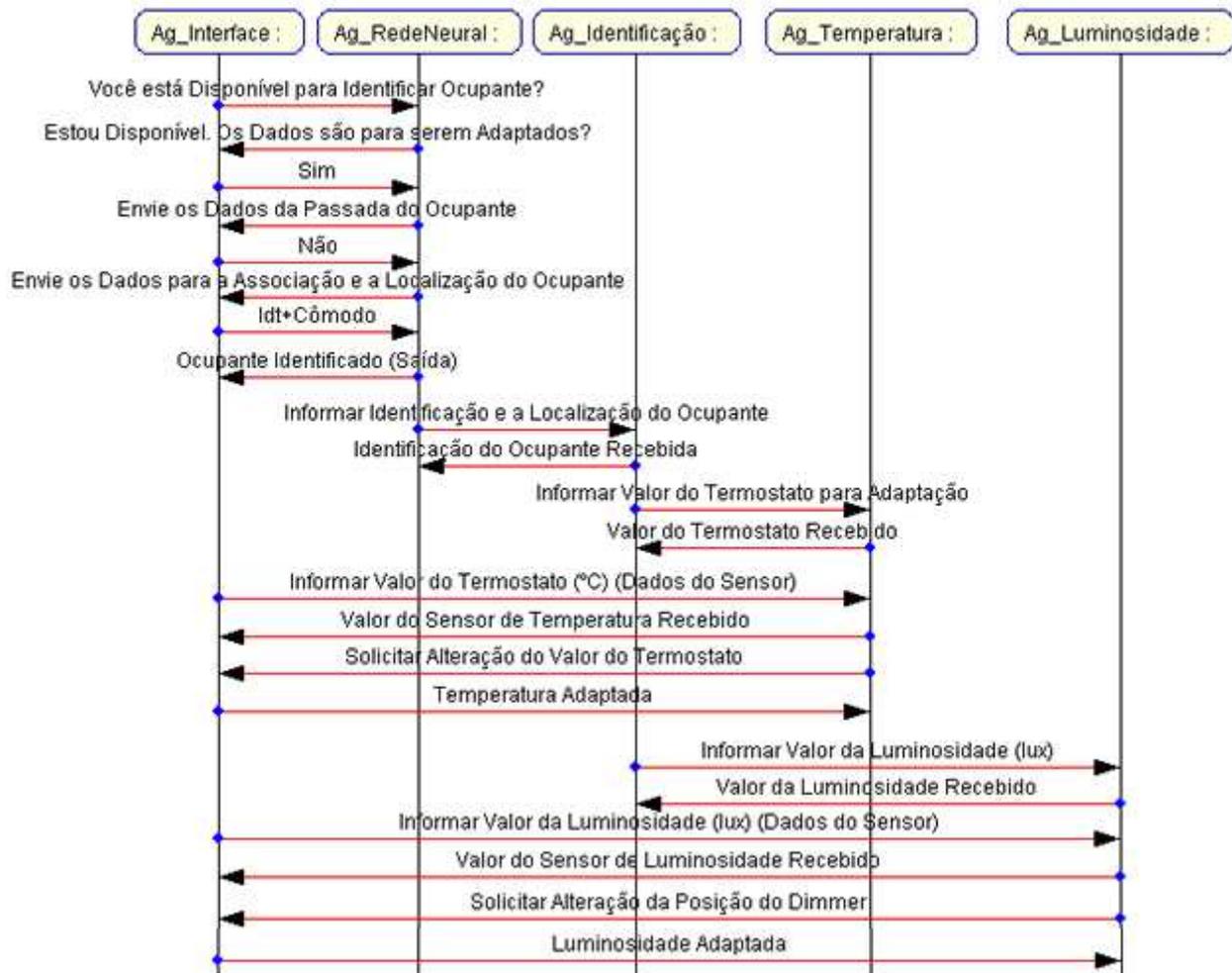


FIG 11.15: Diagrama de Seqüência - Adaptar Cômodo à Saída de Morador.

Adaptar Cômado à Saída de Visitante

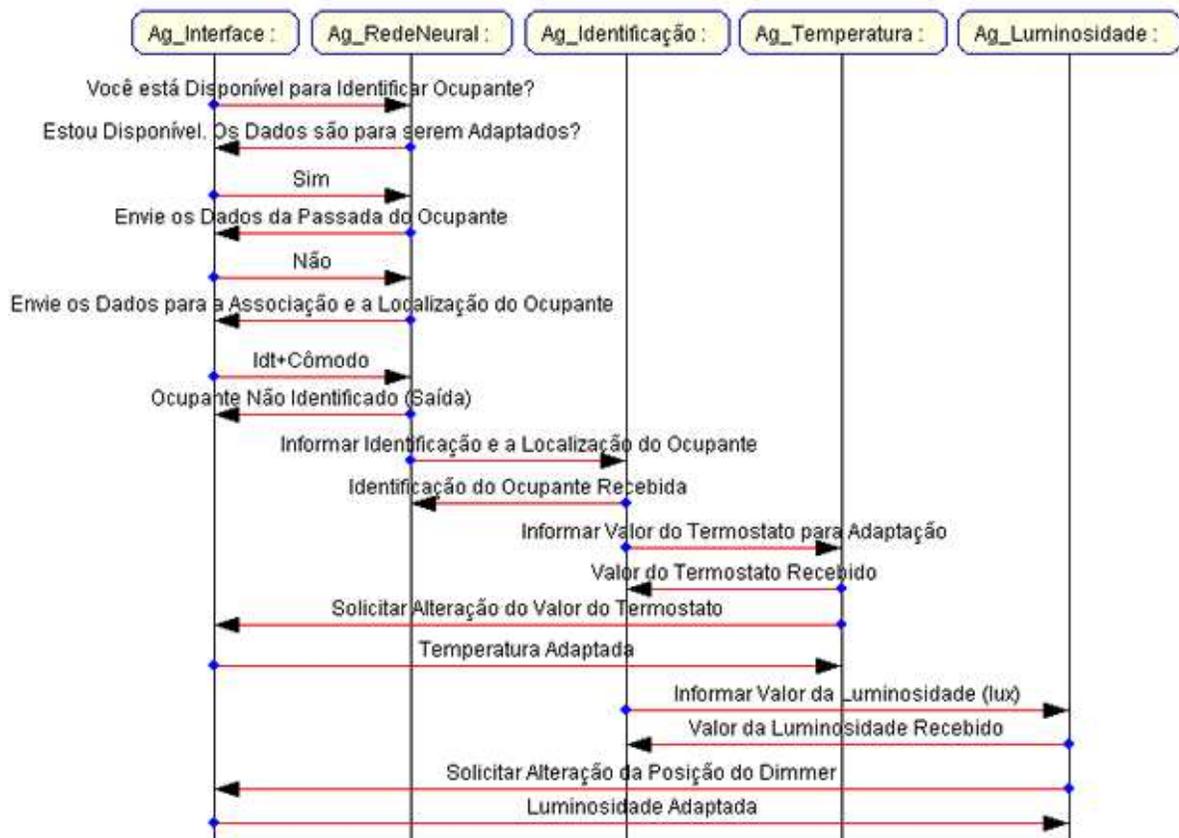


FIG 11.16: Diagrama de Seqüência - Adaptar Cômado à Saída de Visitante.

Informar Saída de Invasor

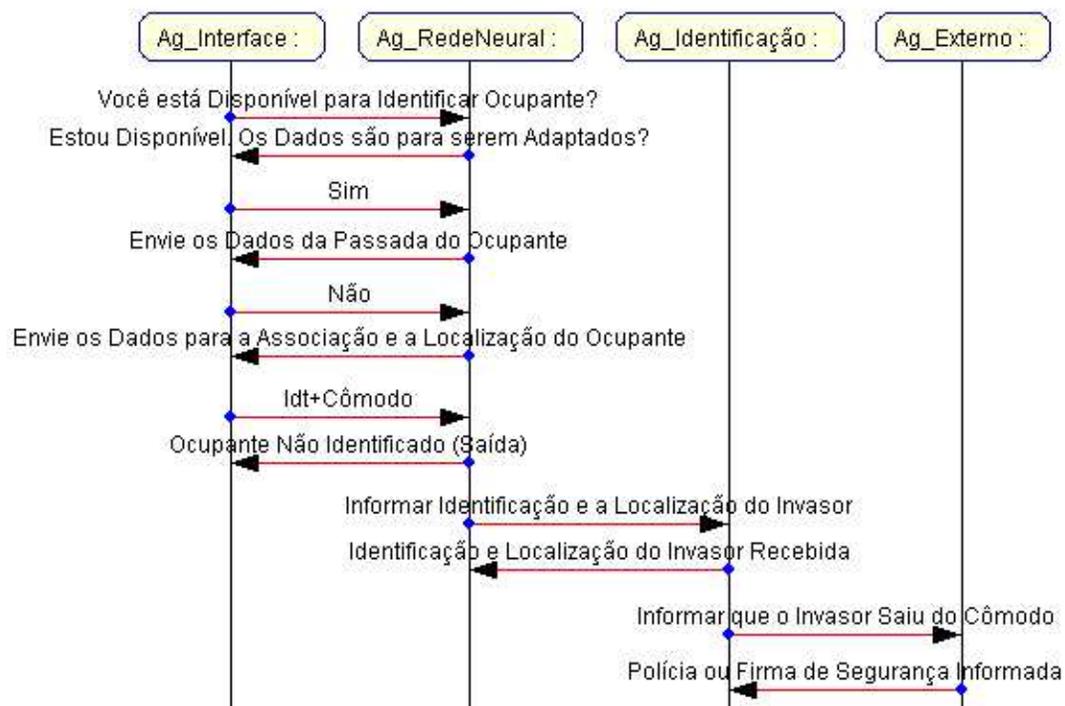


FIG 11.17: Diagrama de Seqüência - Informar Saída de Invasor.

### 11.3 APÊNDICE 3: DIAGRAMA DE PAPÉIS

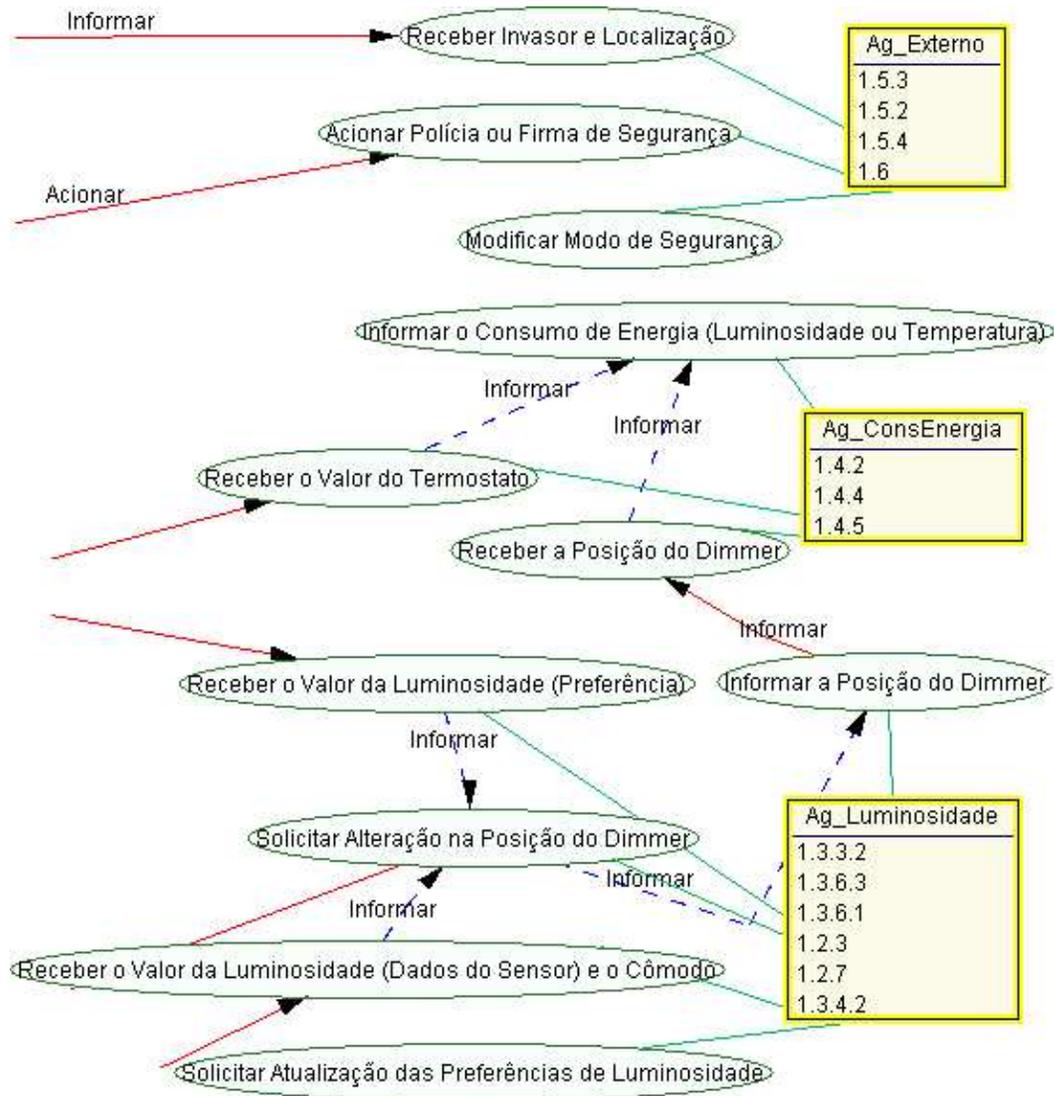


FIG 11.18: Diagrama de Papéis (a) - Ag\_Externo, Ag\_ConsEnergia e Ag\_Luminosidade.

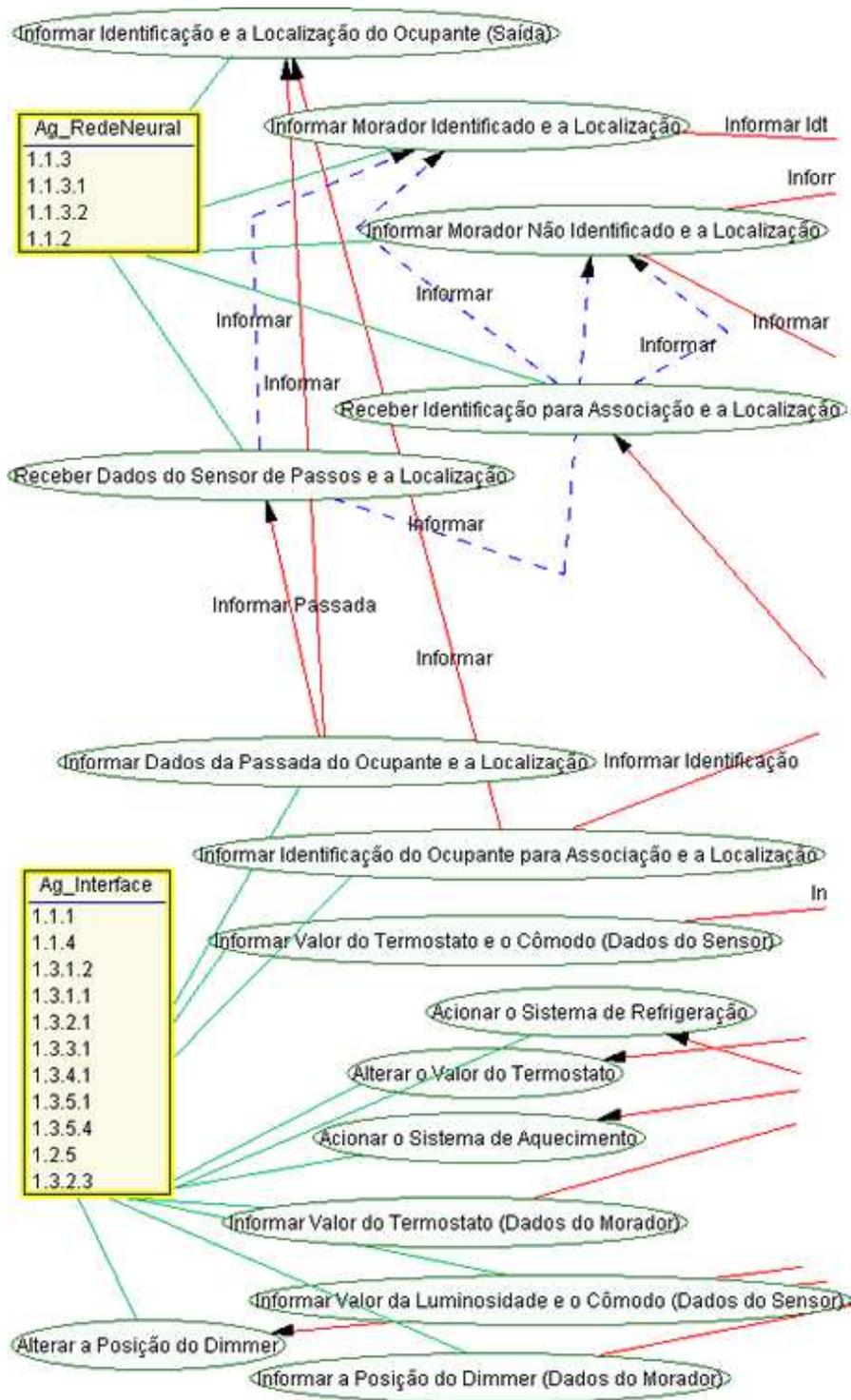


FIG 11.19: Diagrama de Papéis (b) - Ag\_RedNeural e Ag\_Interface.

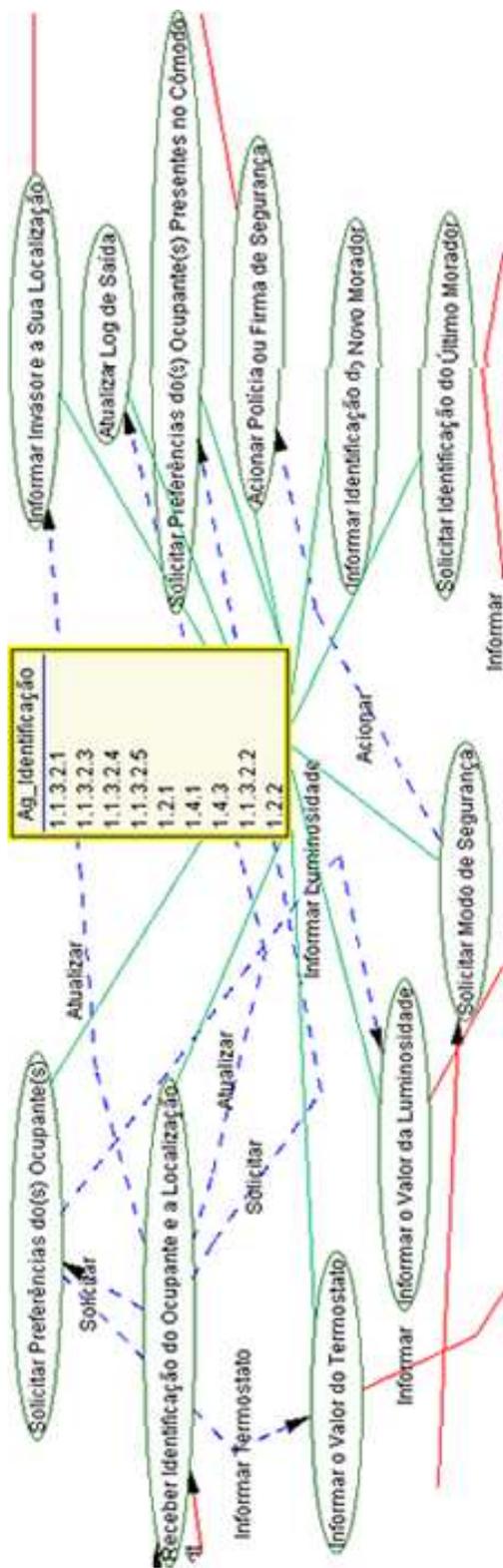


FIG 11.20: Diagrama de Papéis (c) - Ag\_Identificacao.

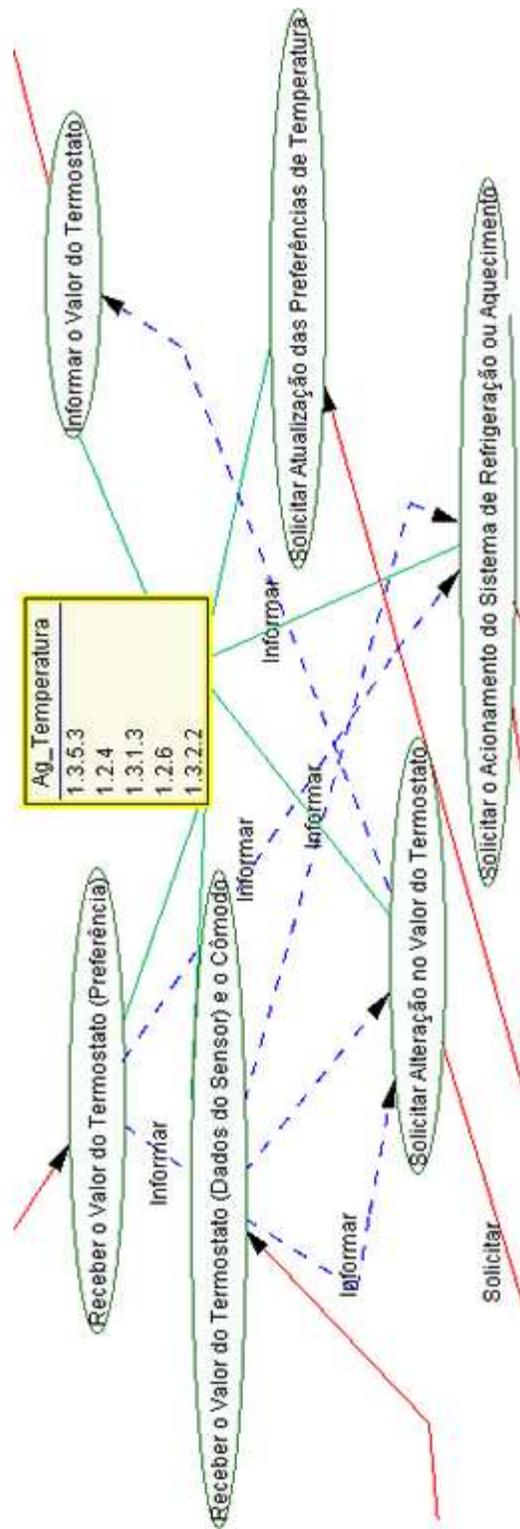


FIG 11.21: Diagrama de Papéis (d) - Ag\_Temperatura.

## 11.4 APÊNDICE 4: REFINAMENTO DE PAPÉIS - PAPÉIS, TAREFAS E OBJETIVOS

- **Ag\_Interface:**

- **Tarefas:**

- \* Informar Dados da Passada do Ocupante e a Localização;
    - \* Informar Identificação do Ocupante para Associação e a Localização;
    - \* Informar Valor do Termostato e o Cômodo (Dados do Sensor);
    - \* Acionar o Sistema de Refrigeração;
    - \* Alterar o Valor do Termostato;
    - \* Acionar o Sistema de Aquecimento;
    - \* Informar Valor do Termostato (Dados do Morador);
    - \* Informar Valor da Luminosidade e o Cômodo (Dados do Sensor);
    - \* Alterar a Posição do *Dimmer*;
    - \* Informar a Posição do *Dimmer* (Dados do Morador).

- **Objetivos:**

- \* 1.1.1. Informar Dados do Sensor de Passos ou a Identificação para Associação e Localização do Ocupante;
    - \* 1.1.4. Informar Dados do Sensor de Passos ou a Identificação na Saída do Ocupante;
    - \* 1.3.1.2. Acionar o Sistema de Refrigeração ou de Aquecimento;
    - \* 1.3.1.1. Informar o Valor Atual da Temperatura;
    - \* 1.3.2.1. Informar o Novo Valor do Termostato;
    - \* 1.3.3.1. Informar o Valor Atual da Luminosidade;
    - \* 1.3.4.1. Informar a Posição do *Dimmer*;
    - \* 1.3.5.1. Informar o Novo Valor do Termostato;
    - \* 1.3.5.4. Acionar o Sistema de Refrigeração ou de Aquecimento;
    - \* 1.2.5. Informar os Valores Capturados pelos Sensores;
    - \* 1.3.2.3. Acionar o Sistema de Refrigeração ou de Aquecimento.

- **Ag\_Identificacao;**

- **Tarefas:**

- \* Solicitar Preferências do(s) Ocupante(s);
    - \* Receber Identificação do Ocupante e a Localização;
    - \* Informar o Valor do Termostato;
    - \* Informar o Valor da Luminosidade;
    - \* Solicitar Modo de Segurança;
    - \* Solicitar Identificação do Último Morador;
    - \* Informar Identificação do Novo Morador;
    - \* Acionar Polícia ou Firma de Segurança;
    - \* Solicitar Preferências do(s) Ocupante(s) Presentes no Cômodo;
    - \* Atualizar *Log* de Saída;
    - \* Informar Invasor e a Sua Localização.

- **Objetivos:**

- \* 1.1.3.2.1. Solicitar Modo de Segurança;
    - \* 1.1.3.2.3. Identificar Novo Ocupante para o Modo de Segurança Verde;
    - \* 1.1.3.2.4. Identificar Novo Ocupante para o Modo de Segurança Amarelo;
    - \* 1.1.3.2.5. Identificar Novo Ocupante para o Modo de Segurança Vermelho;
    - \* 1.2.1. Solicitar as Preferências de Luminosidade e Temperatura;
    - \* 1.4.1. Informar Valor do Termostato;
    - \* 1.4.3. Informar a Posição do *Dimmer*;
    - \* 1.1.3.2.2. Informar Modo de Segurança;
    - \* 1.2.2. Informar Preferências.

- **Ag\_Temperatura:**

- **Tarefas:**

- \* Receber o Valor do Termostato (Preferência);
    - \* Receber o Valor do Termostato (Dados do Sensor) e o Cômodo;
    - \* Solicitar Alteração no Valor do Termostato;
    - \* Solicitar o Acionamento do Sistema de Refrigeração ou Aquecimento;
    - \* Solicitar Atualização das Preferências de Temperatura;

- \* Informar o Valor do Termostato.

- **Objetivos:**

- \* 1.3.5.3. Solicitar Alteração no Valor do Termostato;
- \* 1.2.4. Solicitar os Dados do Termostato Capturado pelo Sensor de Temperatura;
- \* 1.3.1.3. Informar Valor do Termostato;
- \* 1.2.6. Solicitar Alteração no Valor do Termostato para Adaptar a Temperatura;
- \* 1.3.2.2. Alterar Preferências do(s) Morador(es).

- **Ag\_Luminosidade:**

- **Tarefas:**

- \* Solicitar Atualização das Preferências de Luminosidade;
- \* Receber o Valor da Luminosidade (Dados do Sensor) e o Cômodo;
- \* Solicitar Alteração na Posição do *Dimmer*;
- \* Receber o Valor da Luminosidade (Preferência);
- \* Informar a Posição do *Dimmer*.

- **Objetivos:**

- \* 1.3.3.2. Calcular e Informar a Posição do *Dimmer*;
- \* 1.3.6.3. Solicitar Alteração na Posição do *Dimmer*;
- \* 1.3.6.1. Informar Nova Posição do *Dimmer*;
- \* 1.2.3. Solicitar os Dados da Luminosidade (lux) Capturado pelo Sensor de Luminosidade;
- \* 1.2.7. Solicitar Alteração na Posição do Dimmer para Adaptar a Luminosidade;
- \* 1.3.4.2. Alterar Preferências do(s) Morador(es).

- **Ag\_Externo:**

- **Tarefas:**

- \* Receber Invasor e Localização;
- \* Modificar Modo de Segurança;

- \* Acionar Polícia ou Firma de Segurança.
- **Objetivos:**
  - \* 1.5.3. Modificar Modo de Segurança;
  - \* 1.5.2. Receber Solicitação da Firma de Segurança;
  - \* 1.5.4. Atualizar Modo de Segurança;
  - \* 1.6. Acionar Polícia ou Firma de Segurança.
- **Ag\_ ConsEnergia:**
  - **Tarefas:**
    - \* Informar o Consumo de Energia (Luminosidade ou Temperatura);
    - \* Receber o Valor do Termostato;
    - \* Receber a Posição do *Dimmer*.
  - **Objetivos:**
    - \* 1.4.2. Calcular a Potência Gasta (Temperatura);
    - \* 1.4.4. Calcular a Potência Gasta (Luminosidade);
    - \* 1.4.5. Calcular o Consumo de Energia Através da Potência e o Tempo de Utilização
- **Ag\_ RedeNeural:**
  - **Tarefas:**
    - \* Informar Identificação e a Localização do Ocupante (Saída);
    - \* Informar Morador Identificado e a Localização;
    - \* Informar Morador Não Identificado e a Localização;
    - \* Receber Identificação para Associação e a Localização;
    - \* Receber Dados do Sensor de Passos e a Localização.
  - **Objetivos:**
    - \* 1.1.3. Identificar Ocupante a Partir dos Dados do Sensor de Passos;
    - \* 1.1.3.1. Identificar Morador;
    - \* 1.1.3.2. Identificar Novo Ocupante;
    - \* 1.1.2. Adaptar os Dados do Sensor de Passos para Identificar um Ocupante ou Associar uma Identificação a um Novo Morador, Visitante ou Invasor.

11.5 APÊNDICE 5: REFINAMENTO DE PAPÉIS - DIAGRAMA DE TAREFAS CONCORRENTES

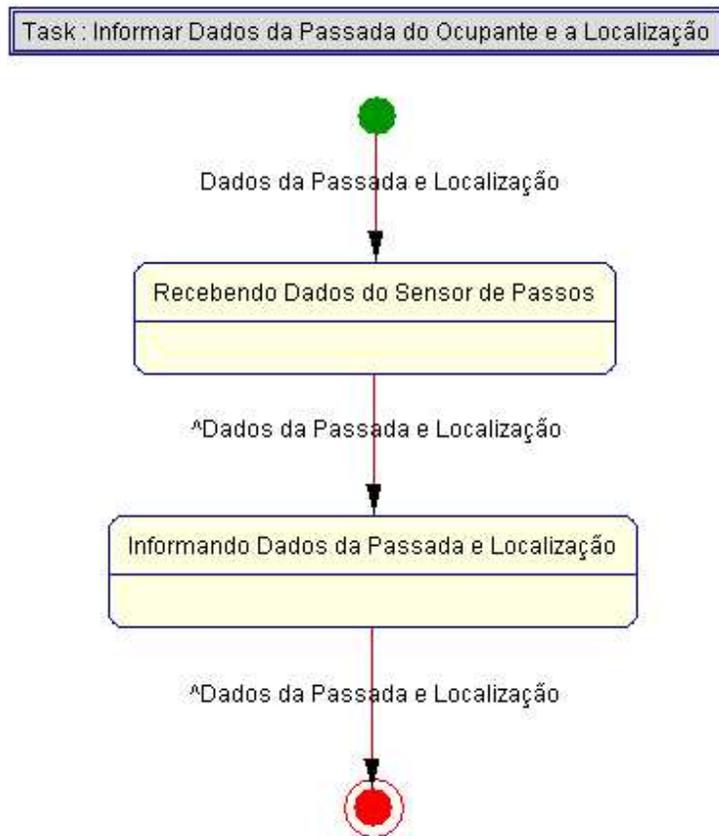


FIG 11.22: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Dados da Passada do Ocupante e a Localização.

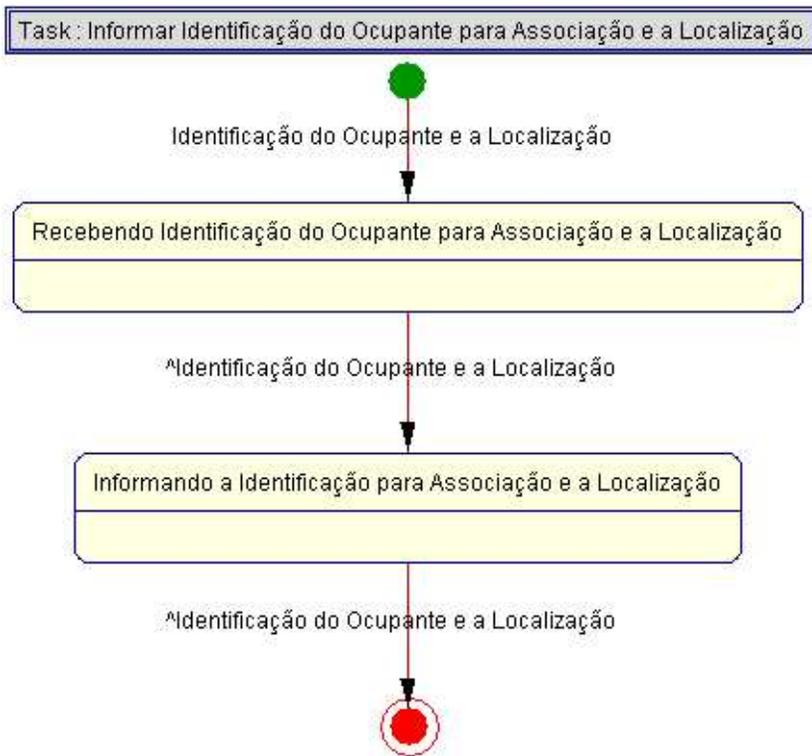


FIG 11.23: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Identificação do Ocupante para Associação e a Localização.

Task: Informar Valor da Luminosidade e o Cômodo (Dados do Sensor)

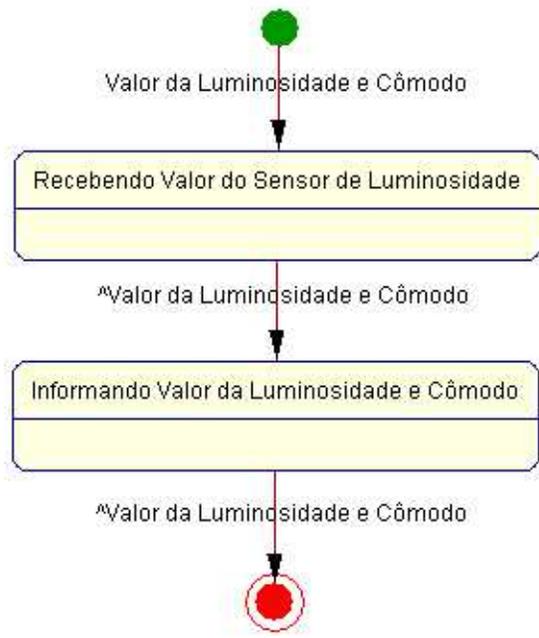


FIG 11.24: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Valor da Luminosidade e o Cômodo (Dados do Sensor).

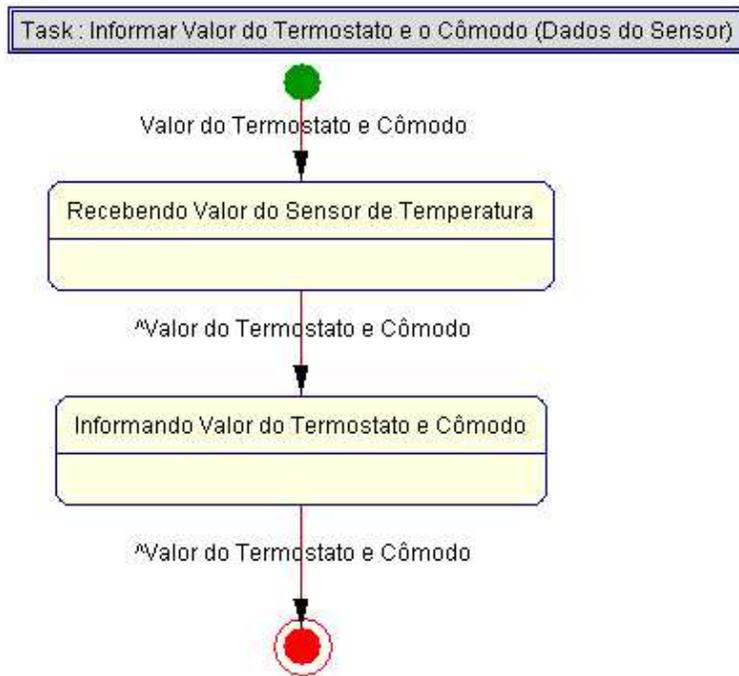


FIG 11.25: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Valor do Termostato e o Cômodo (Dados do Sensor).

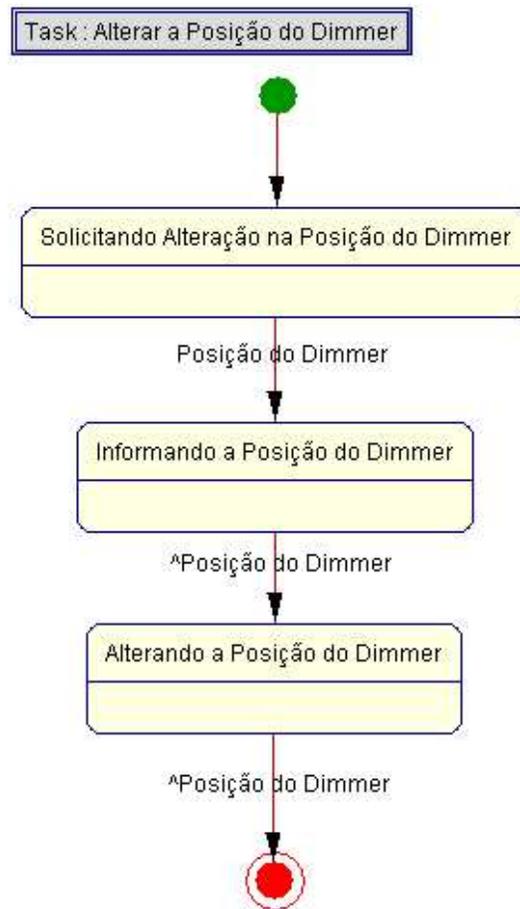


FIG 11.26: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Alterar a Posição do *Dimmer*.

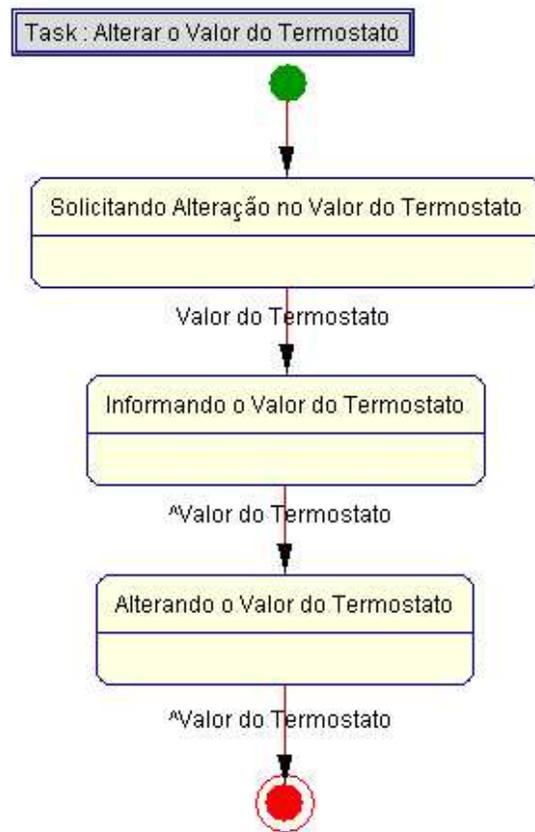


FIG 11.27: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Alterar o Valor do Termostato.

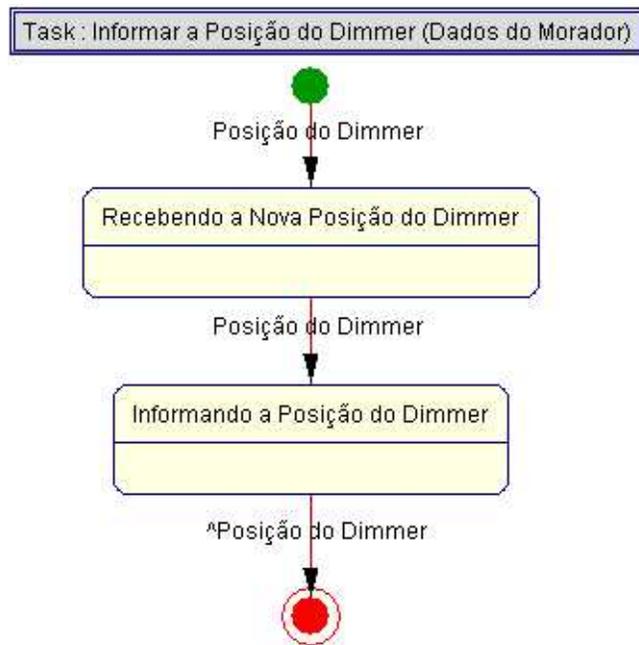


FIG 11.28: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar a Posição do *Dimmer* (Dados do Morador).

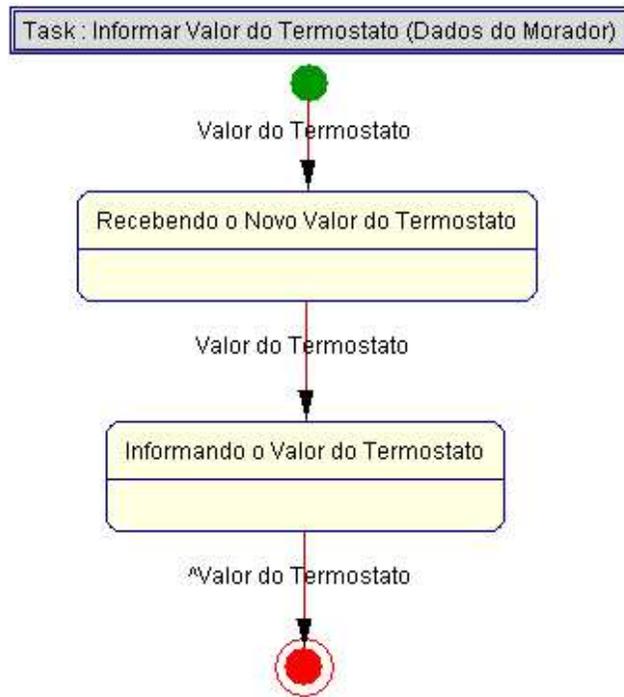


FIG 11.29: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Valor do Termostato (Dados do Morador).

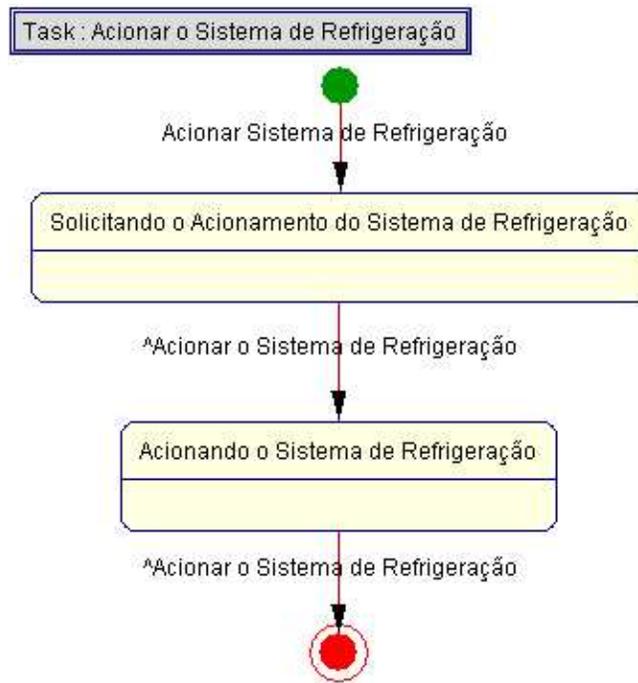


FIG 11.30: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Acionar o Sistema de Refrigeração.

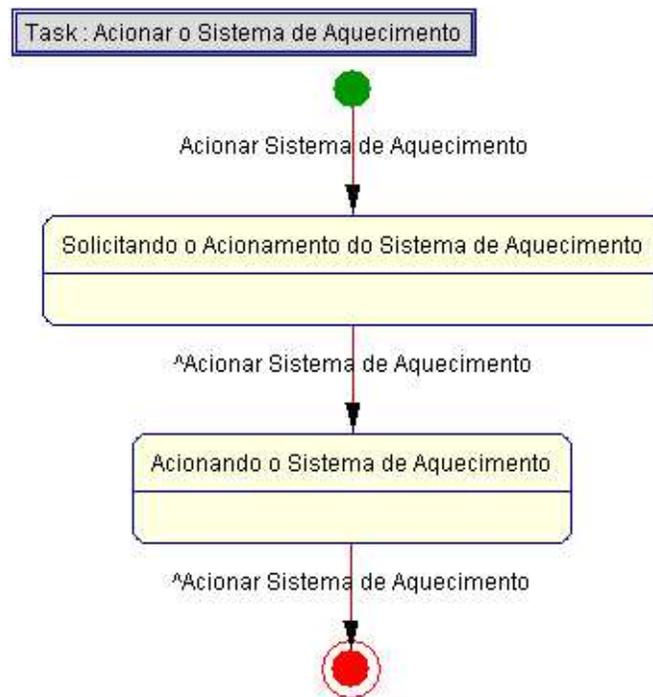


FIG 11.31: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Acionar o Sistema de Aquecimento.

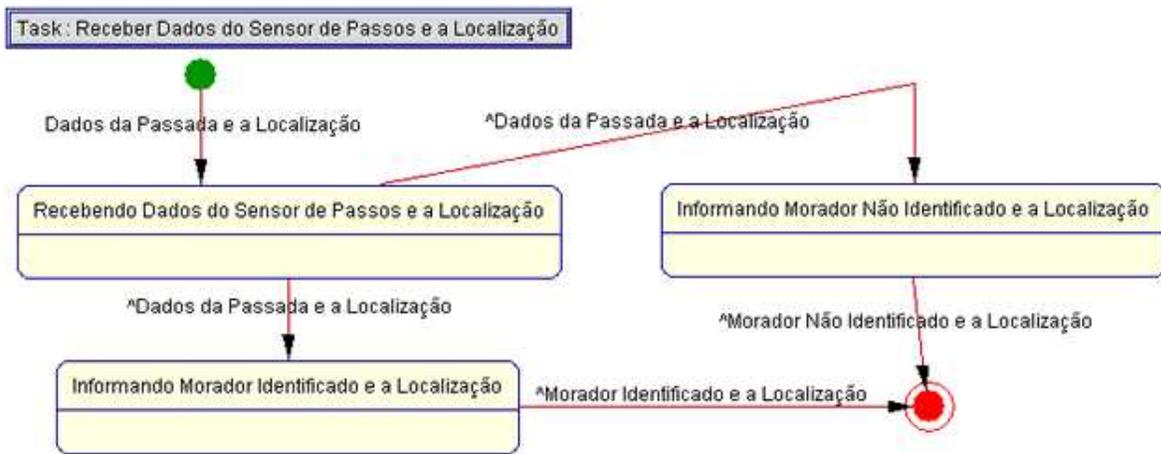


FIG 11.32: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber Dados do Sensor de Passos.

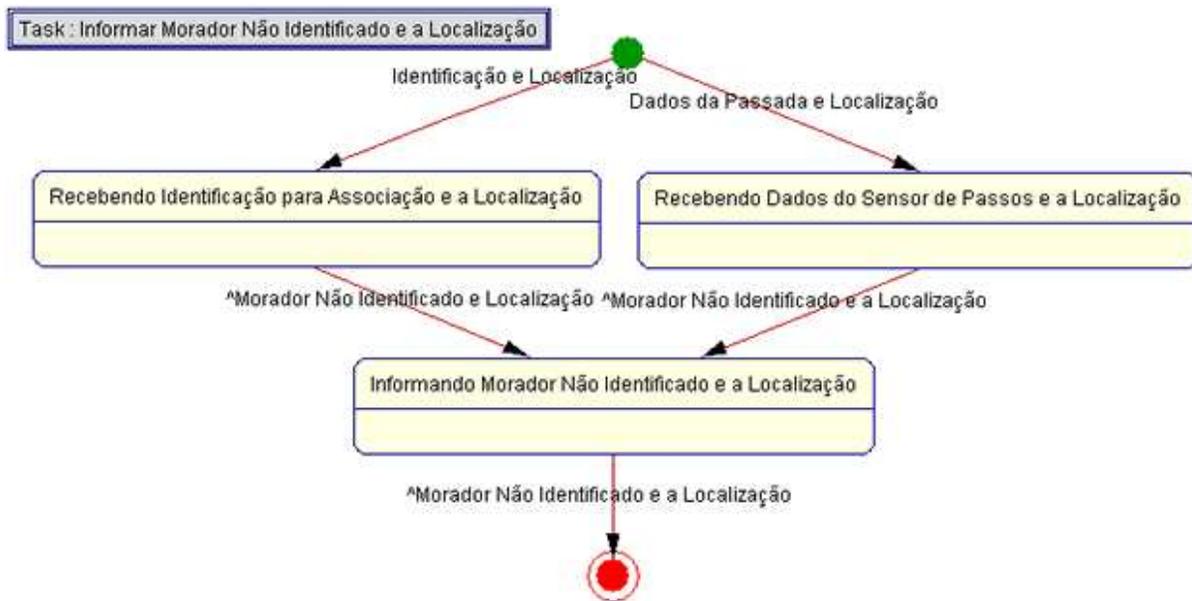


FIG 11.33: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Morador Não Identificado e a Localização.

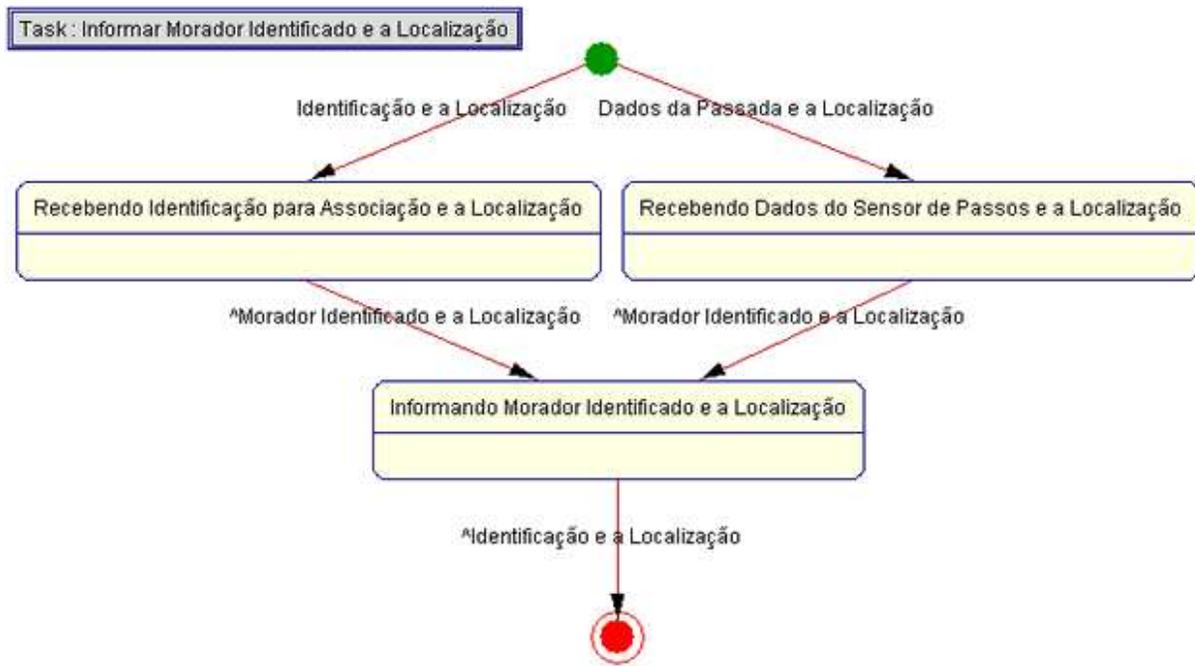


FIG 11.34: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Morador Identificado e a Localização.

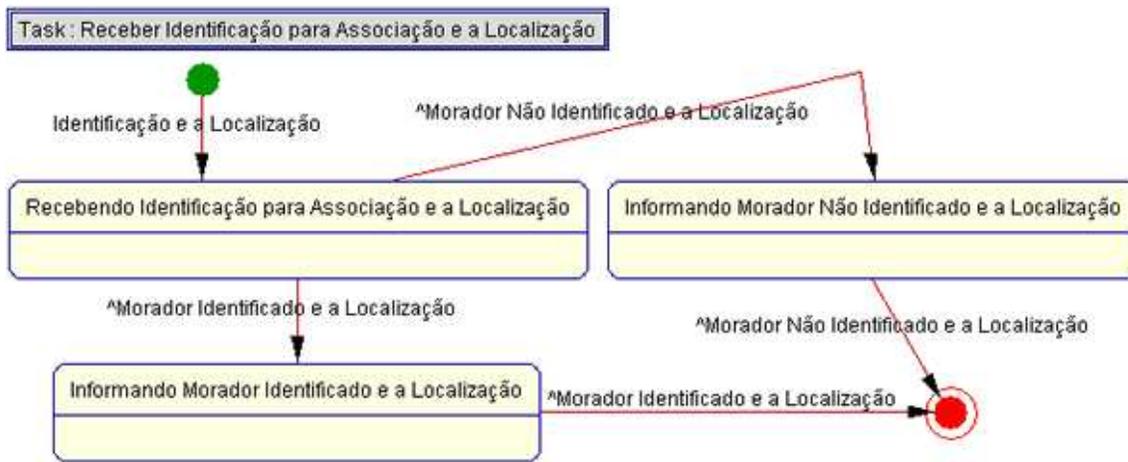


FIG 11.35: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber Identificação para Associação e a Localização.

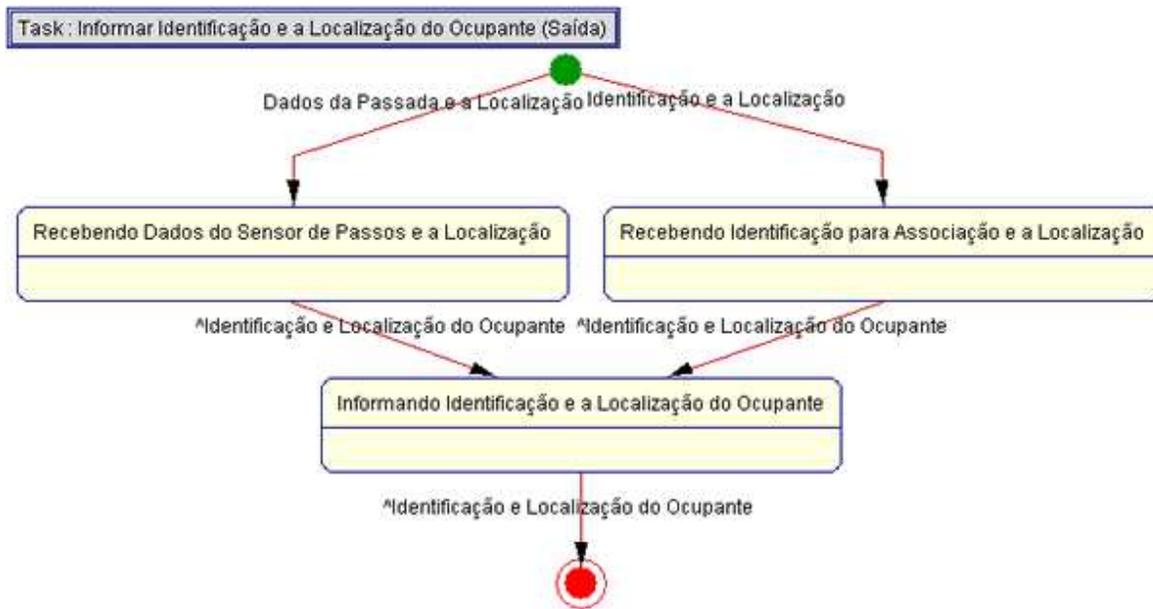


FIG 11.36: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Identificação e a Localização do Ocupante (Saída).

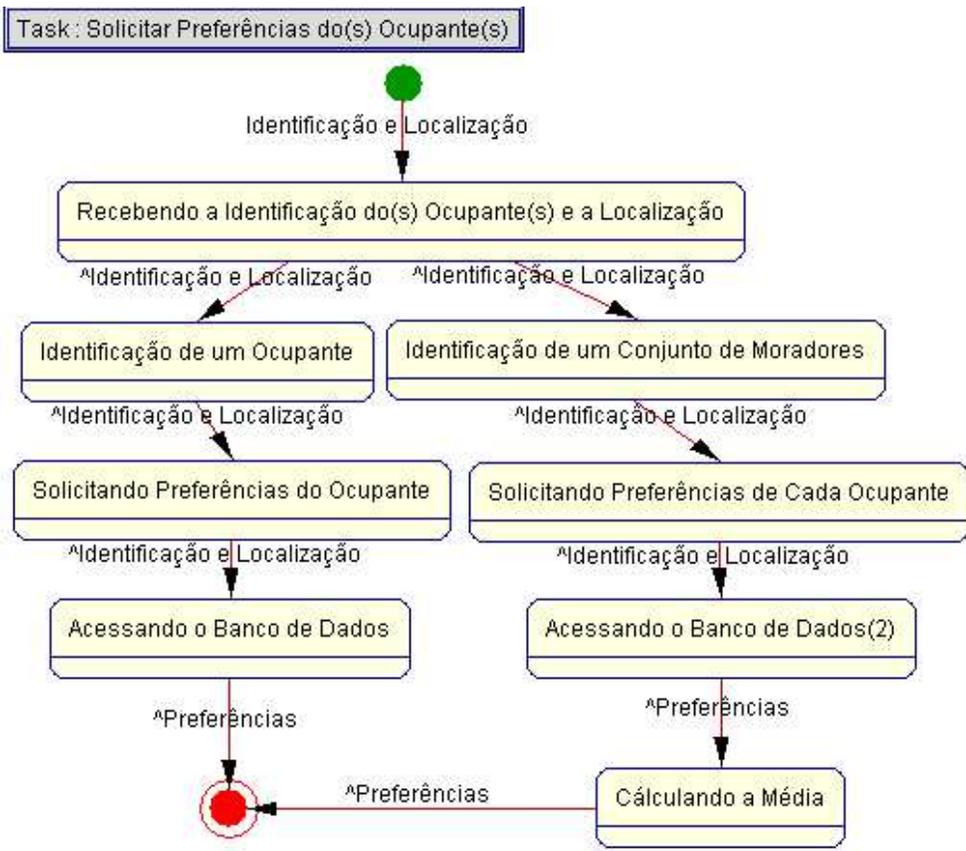


FIG 11.37: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Solicitar Preferências do(s) Ocupante(s).



FIG 11.38: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber Identificação e Localização do Ocupante.

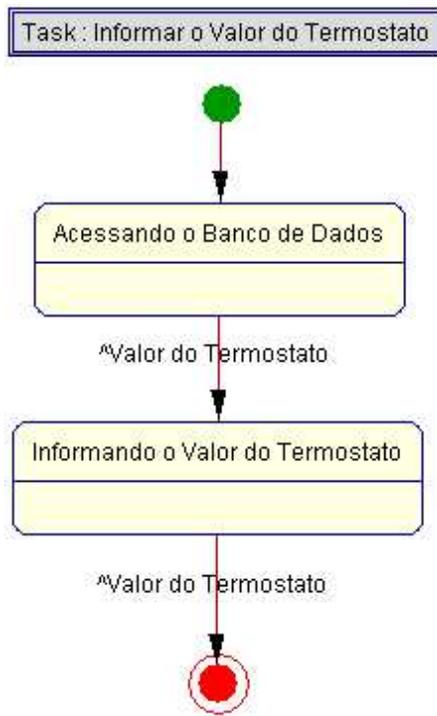


FIG 11.39: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar o Valor do Termostato.



FIG 11.40: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar o Valor da Luminosidade.

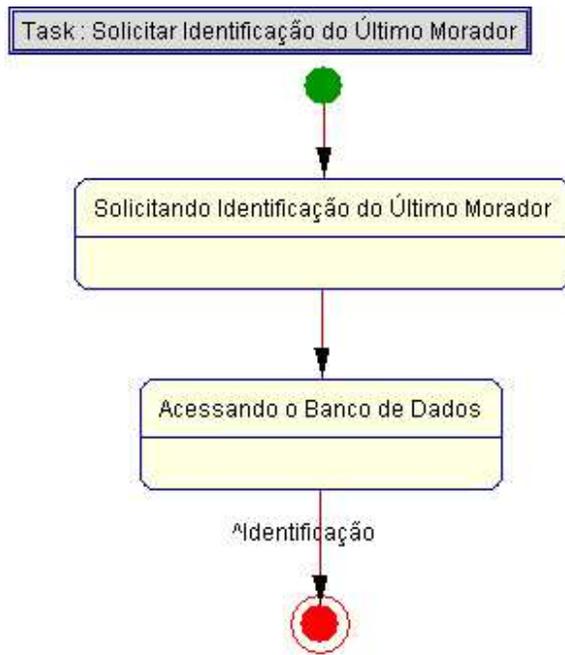


FIG 11.41: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Solicitar Identificação do Último Morador.

Task: Informar Identificação do Novo Morador

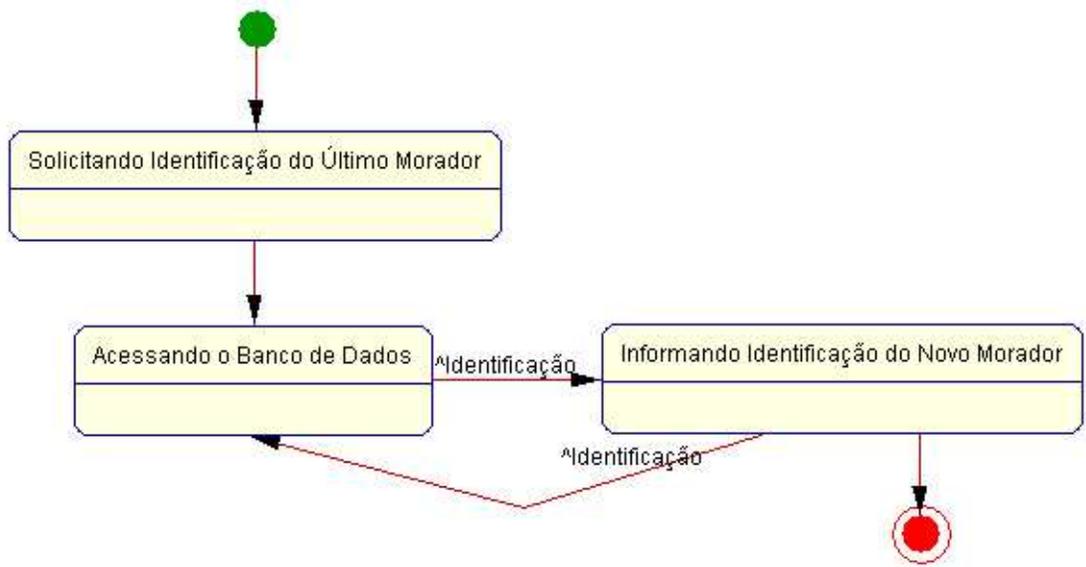


FIG 11.42: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Identificação do Novo Morador.

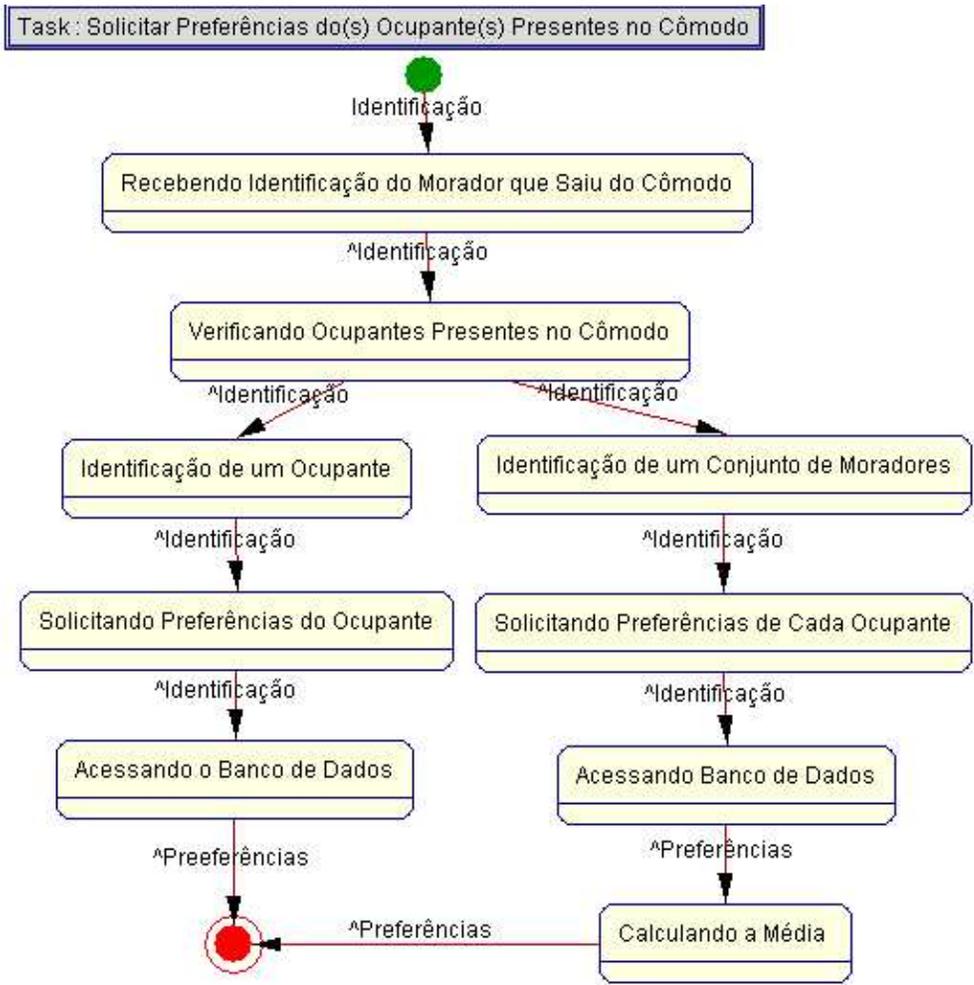


FIG 11.43: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Solicitar Preferências do(s) Ocupante(s) Presentes no Cômodo.

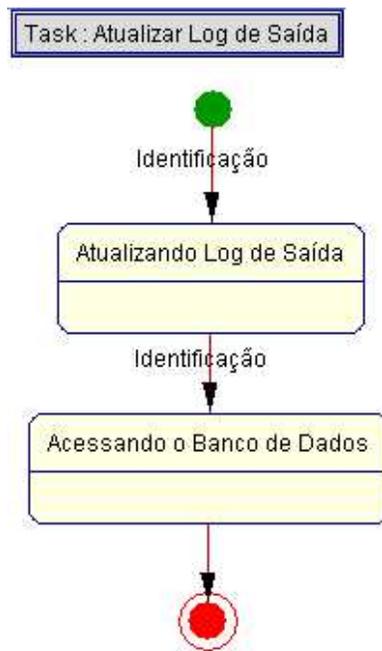


FIG 11.44: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Atualizar *Log* da Saída.

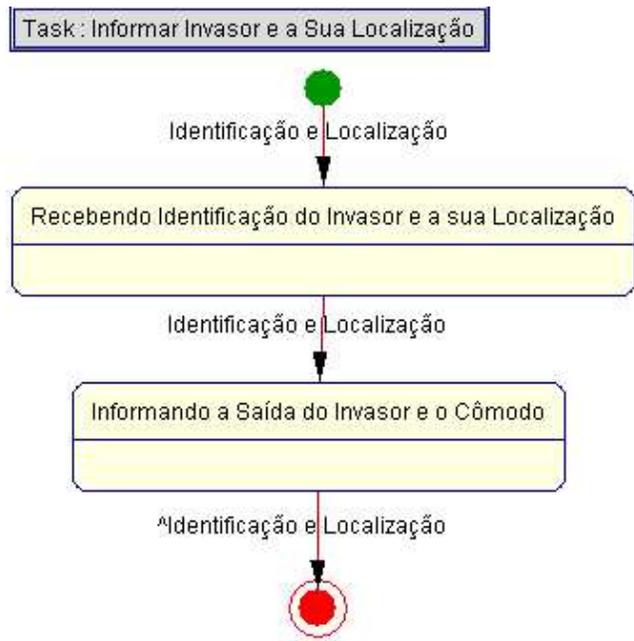


FIG 11.45: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar Invasor e a Sua Localização.



FIG 11.46: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber o Valor do Termostato (Preferência).

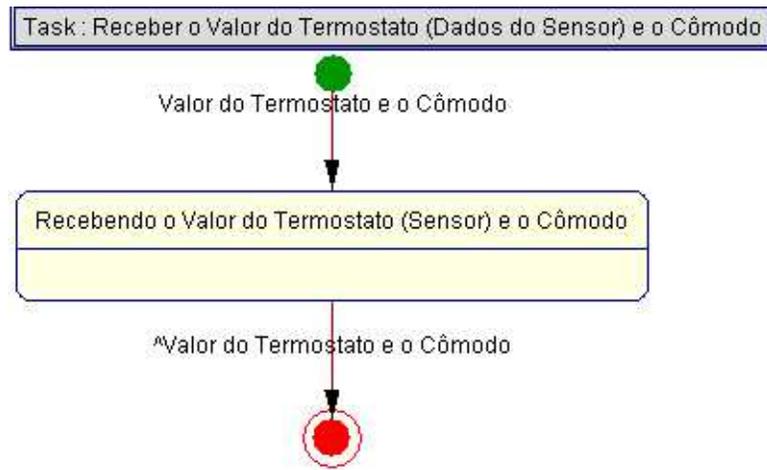


FIG 11.47: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber o Valor do Termostato (Dados do Sensor) e o Cmodo.

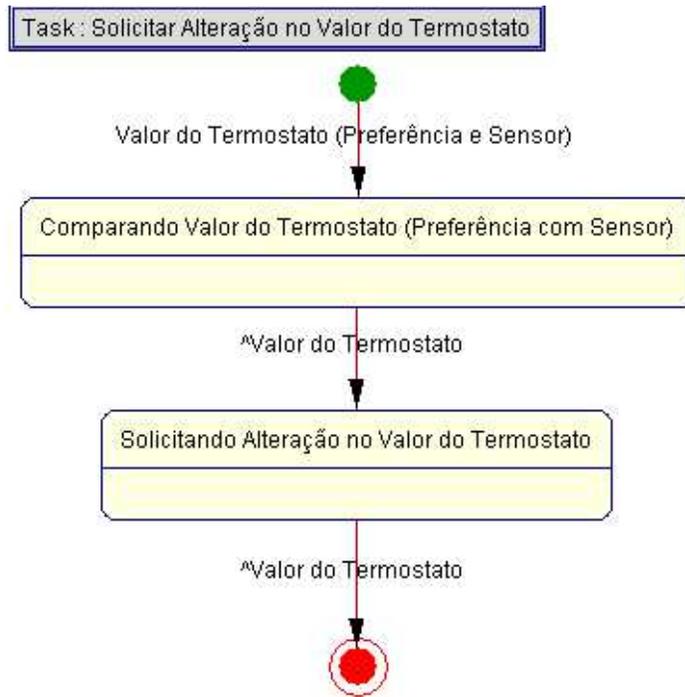


FIG 11.48: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Solicitar Alteração no Valor do Termostato.

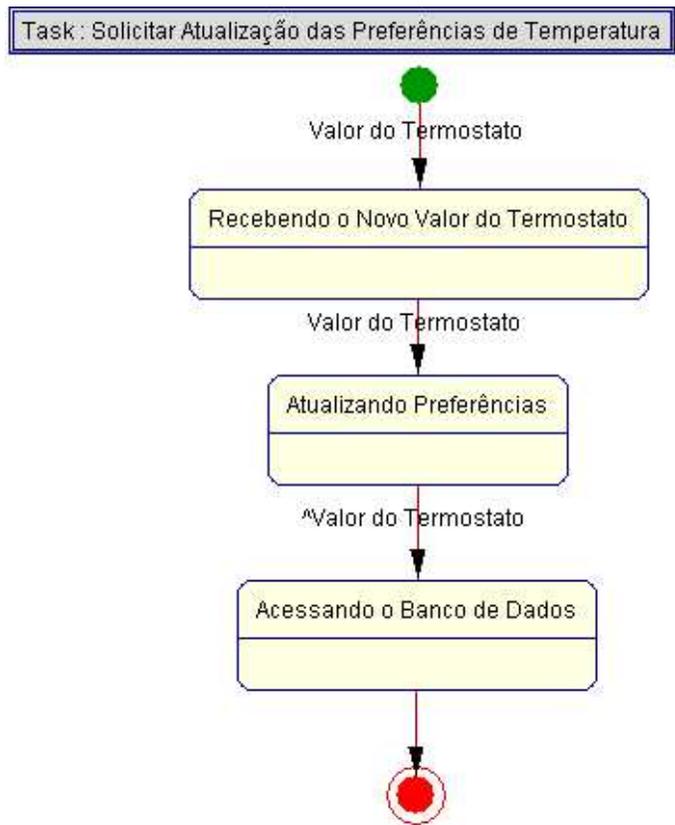


FIG 11.49: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Solicitar Atualização das Preferências de Temperatura.

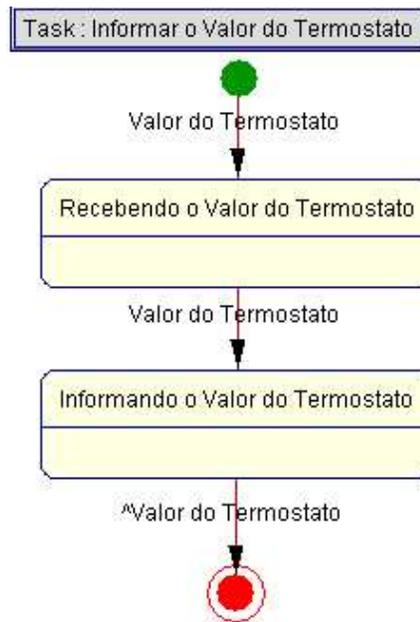


FIG 11.50: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar o Valor do Termostato.

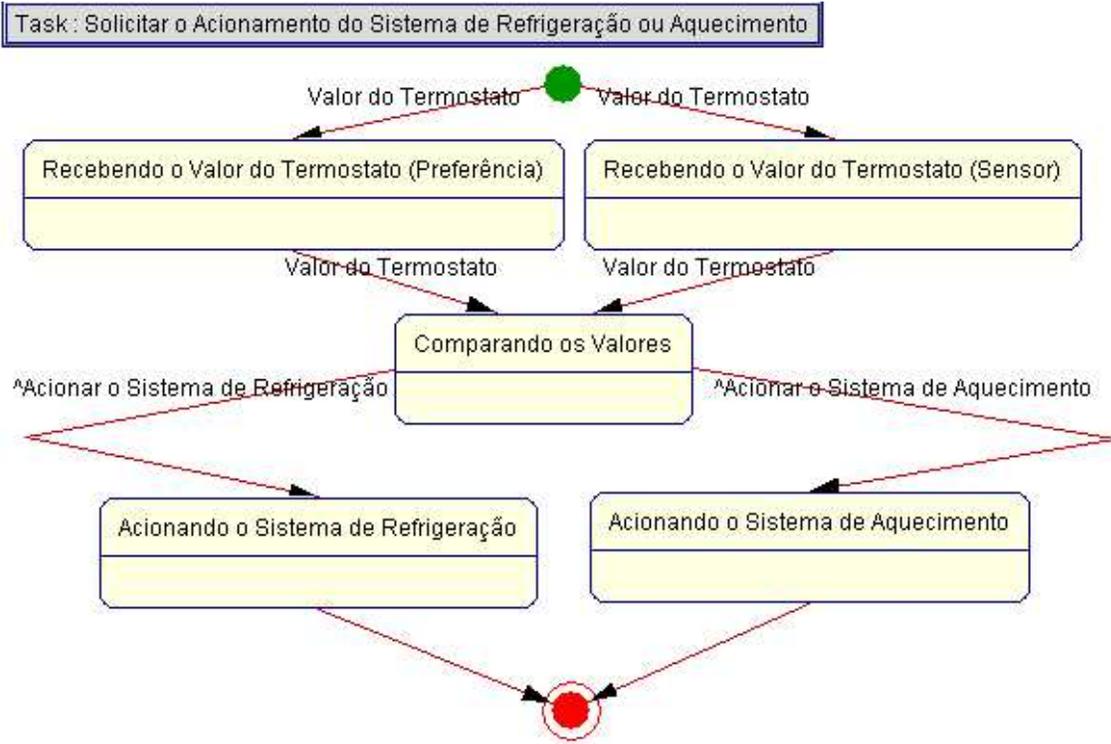


FIG 11.51: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Solicitar o Acionamento do Sistema de Refrigeração ou Aquecimento.

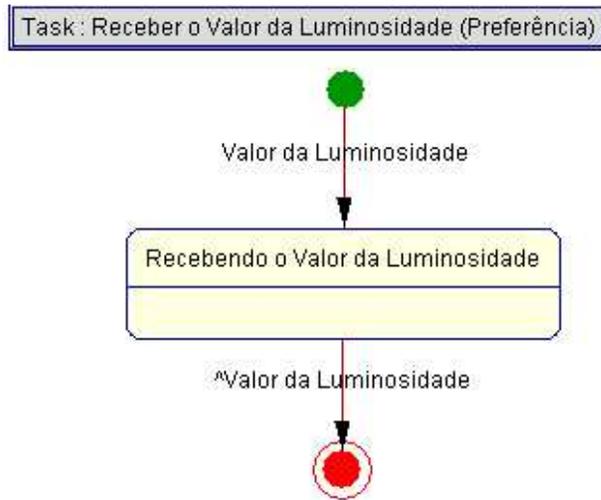


FIG 11.52: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber o Valor da Luminosidade (Preferência).

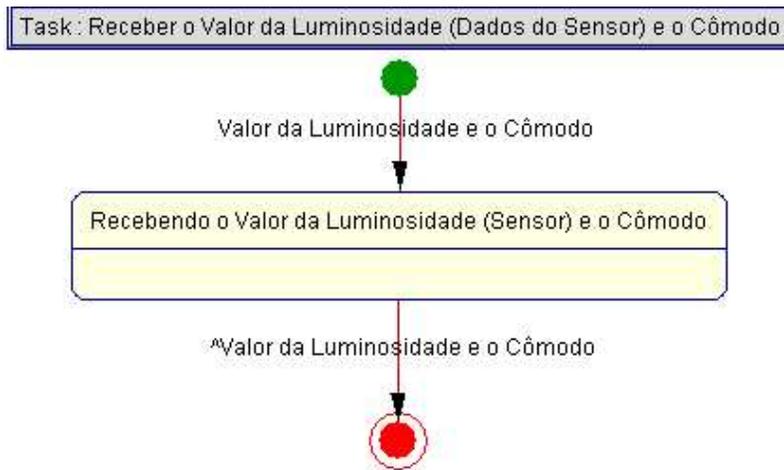


FIG 11.53: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber o Valor da Luminosidade (Dados do Sensor) e o Cômmodo.

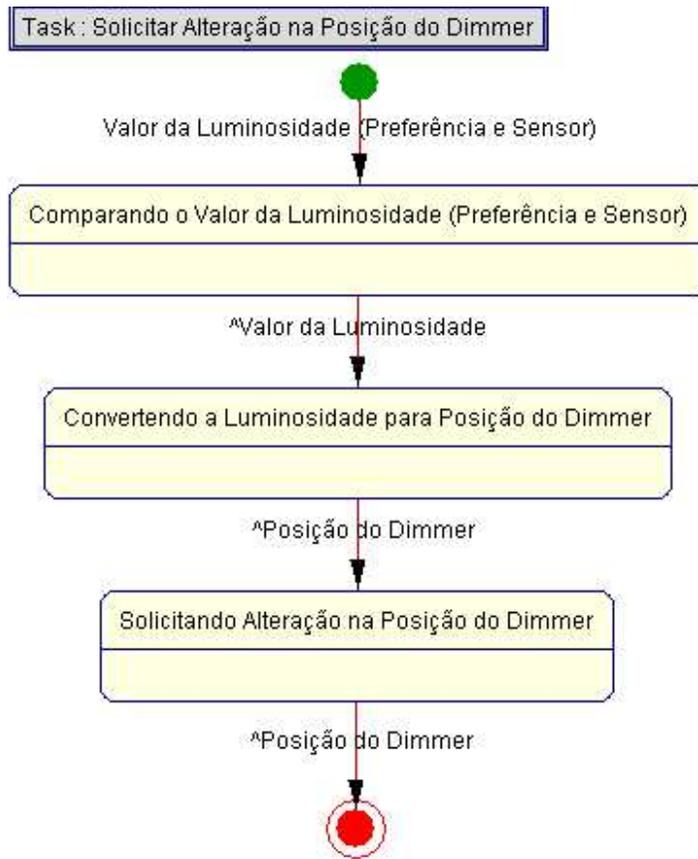


FIG 11.54: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Solicitar Alteração na Posição do *Dimmer*.



FIG 11.55: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Solicitar Atualização das Preferências de Luminosidade.

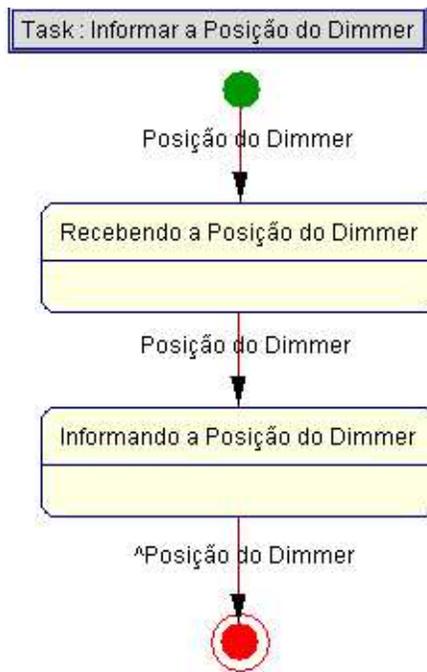


FIG 11.56: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar a Posição do *Dimmer*.

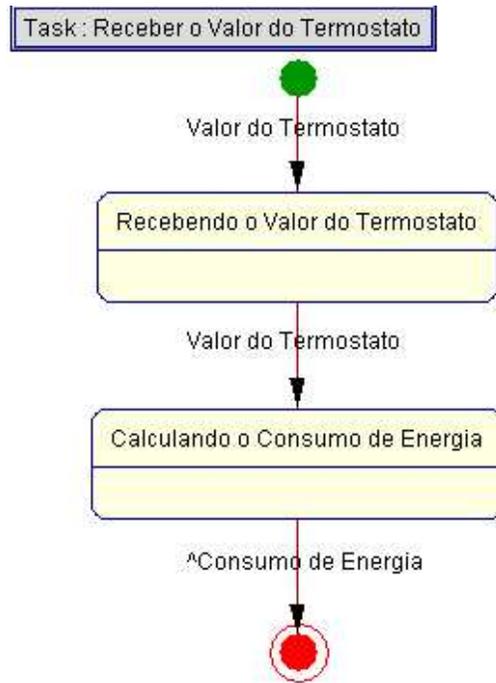


FIG 11.57: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber o Valor do Termostato.

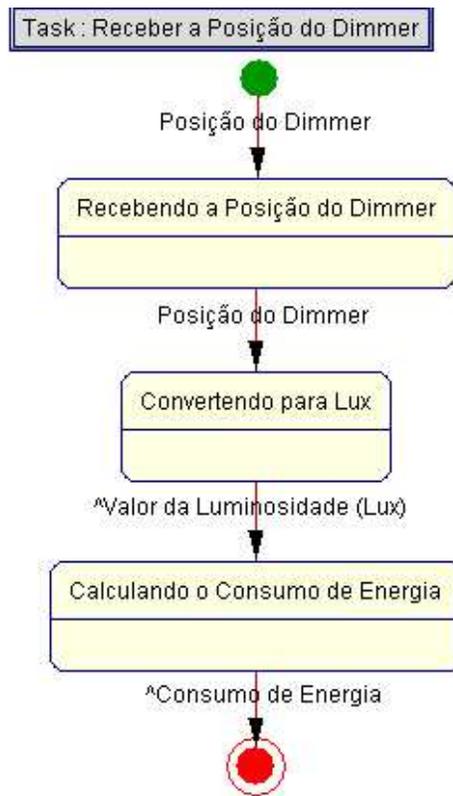


FIG 11.58: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber a Posição do *Dimmer*.

Task: Informar o Consumo de Energia (Luminosidade ou Temperatura)

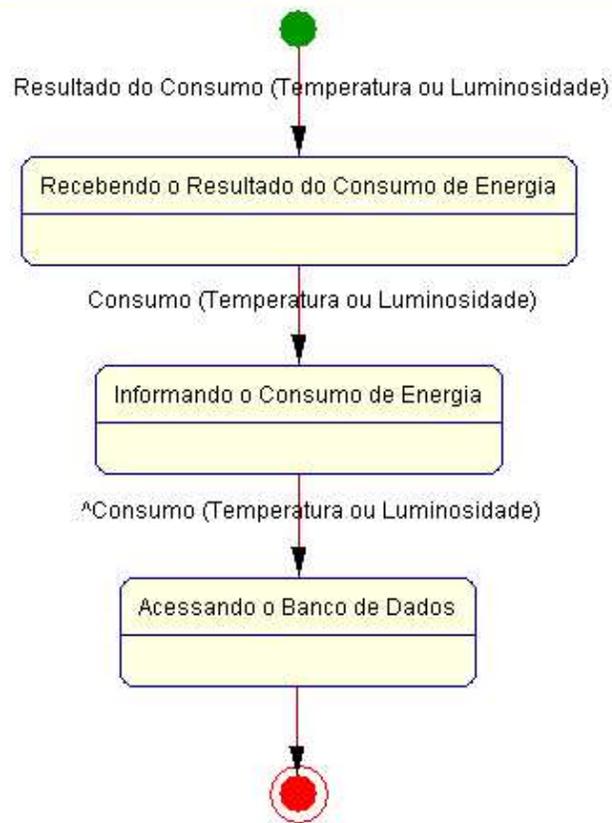


FIG 11.59: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Informar o Consumo de Energia (Luminosidade ou Temperatura).

Task : Acionar Polícia ou Firma de Segurança

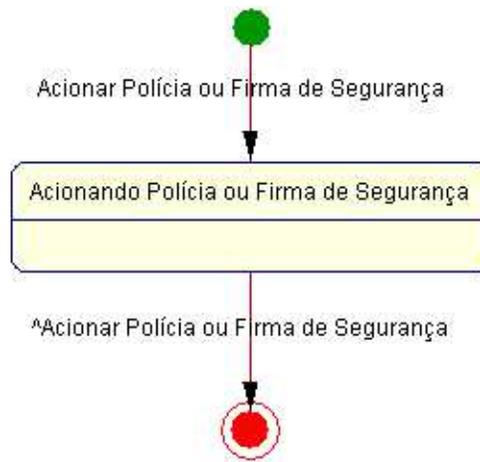


FIG 11.60: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Acionar Polícia ou Firma de Segurança.

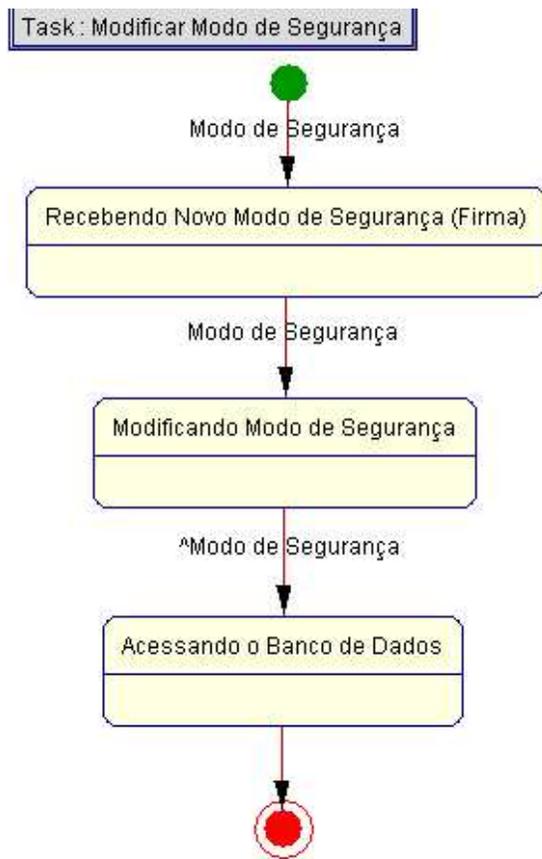


FIG 11.61: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Modificar Modo de Segurança.

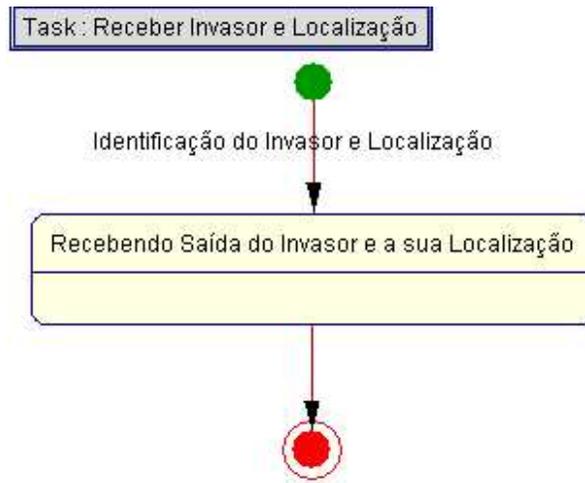


FIG 11.62: Diagrama de Tarefas Concorrentes - Receber Invasor e Localização.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)