

**Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação  
Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial**

## **Teste Baseado na Estrutura de Casos de Uso**

**Adriana Carniello**

**Orientador: Prof. Dr. Mario Jino  
Co-orientador: Dr. Marcos Lordello Chaim**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Beatriz Mascia Daltrini. FEEC/UNICAMP

Prof. Dr. Plínio Roberto Souza Vilela  
Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha. Marília – SP

Prof. Dr. Ricardo Ribeiro Gudwin. FEEC/UNICAMP

Profa. Dra. Silvia Regina Vergilio. DInf/UFPR

**UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE**

Fevereiro de 2003

UNICAMP

Este exemplar corresponde a redação final da tese defendida por Adriana Carniello e aprovada pela Comissão Julgada em 20/02/2003 por Mario Jino Orientador

UNIDADE	Be
Nº CHAMADA	TUNICAMP
	C217t
V	EX
TOMBO BCI	53502
PROC.	124103
C	<input type="checkbox"/>
	D <input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	20/04/03
Nº CPD	

CM001B2595-B

BIBID. 290726

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

C217t Carniello, Adriana  
Teste baseado na estrutura de casos de uso / Adriana  
Carniello.--Campinas, SP: [s.n.], 2003.

Orientadores: Mario Jino e Marcos Lordello Chaim.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de  
Computação.

1. Software - Validação. 2. Engenharia de software.  
3. Programas de computador - Testes. 4. UML  
(Linguagem de modelagem padrão). I. Jino, Mario. II.  
Chaim, Marcos Lordello. III. Universidade Estadual de  
Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de  
Computação. IV. Título.

## RESUMO

Os casos de uso consistem em um meio de se capturar as funcionalidades de um sistema de forma centrada no usuário. Entender como um usuário interage com um sistema é um aspecto importante quando se tem como objetivo entregar um produto que atenda às suas necessidades. Considerando a crescente utilização dos casos de uso para a construção de uma solução voltada ao usuário e o fato de consistirem em uma fonte de informação valiosa para a atividade de teste, um novo conjunto de critérios de teste é proposto com o intuito de melhorar a qualidade dessa atividade.

Esses novos critérios propostos requerem o exercício de elementos que fazem parte da estrutura dos casos de uso e diferem dos critérios baseados em especificação pelo fato de realizarem testes a partir da estrutura de uma especificação e não de sua semântica. Para apoiar a aplicação do conjunto de critérios proposto, uma ferramenta de cobertura de teste, denominada UCT – *Use Case Tester*, foi desenvolvida. Essa ferramenta permite avaliar a qualidade de um conjunto de casos de teste a partir da análise de cobertura dos requisitos de teste exercitados durante o teste. Um experimento realizado utilizando a ferramenta UCT indicou que os critérios propostos permitem tanto avaliar a qualidade de um conjunto de casos de teste como também detectar defeitos na especificação de um sistema, identificando possíveis incoerências semânticas.

## ABSTRACT

Use cases consist of a means to capture the system functionalities in a user-centered perspective. Understanding how a user interacts with a system is important if the goal is to deliver a product that meets the user's needs. Considering the increasing usage of use cases to build a user-oriented solution and their value to the software testing as a precious source of information, a new set of testing criteria is presented with the aim of improving the software testing quality.

This new set of testing criteria requires that use case structural elements are exercised at least once. These criteria differ from the specification-based testing criteria since they do not realize tests on the semantics of a specification but on its structure. In order to support the application of the new set of testing criteria, a testing coverage tool, called UCT – *Use Case Tester*, was developed. UCT evaluates the quality of a test data set by analysing the coverage of required elements exercised during testing. An experiment developed using UCT showed that the new testing criteria are able to evaluate the quality of a test data set as well as to detect faults on a software specification (e.g. semantic inconsistencies).

2015455



## **Agradecimentos**

Agradeço em primeiro lugar a Deus, fonte inesgotável de amor.

Ao meu orientador, Mario Jino, e ao co-orientador, Marcos Chaim, pela orientação essencial ao desenvolvimento deste trabalho, pelo aprendizado propiciado, pelo incentivo e prestatividade constantes. Obrigada pela amizade e dedicação.

À empresa PST Indústria Eletrônica da Amazônia Ltda., pelo apoio financeiro; e à Embrapa Informática Agropecuária, pelos exemplos cedidos.

Especialmente aos meus pais, Antonio e Maria Aparecida, e as minhas irmãs, Tânia, Silvana e Andreia, que têm um lugar muito especial em meu coração. Obrigada pelo amor e incentivo que sempre me deram. Ao Bianco, com quem eu quero estar em todas as “defesas” da vida, por todo carinho e compreensão.

Aos amigos Naur e Vinícius, pela amizade sincera e pelas valiosas contribuições. Ao pessoal do grupo de teste: Paulinho, Virgínia, Marcelo, Plínio, Adriana S., Cristina, Suseley e Clenison. Em especial, ao Paulinho e à Virgínia, por estarem sempre presentes.

Aos amigos Neide e Olécio, pela amizade e grande ajuda durante esses anos.

Ao pessoal do LCA: Gisele, Jane, Ivana, Marco Antonio, Gonzaga, Rodrigo, Nicola, Mig, Renato, Marina, Ivete, Leila, Gabriela, Alexandre, Raquel, Bicho, Rangel, Marcosiris e Roberto, pela amizade e companhia diária.

Aos amigos Jander, Junior e Hélio, pelos momentos de lazer; e aos amigos do grupo de jovens – Ju, Deinha, Déia Mano, Paula, Felipe, Secretário, Abacaxi, Rogério, Paulo, Marcão, Olívio, Capichaba e Lucão – pelos ideais compartilhados e momentos descontraídos que passamos juntos.



# Sumário

<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Contexto.....	1
1.2. Motivação.....	2
1.3. Objetivos.....	4
1.4 – Organização do Trabalho.....	4
<b>CAPÍTULO 2 – CONCEITOS BÁSICOS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Diagrama de Casos de Uso .....	5
2.2. Atores .....	6
2.3. Casos de Uso .....	6
2.4. Relacionamentos .....	7
2.4.1. Relacionamento de Comunicação .....	8
2.4.2. Relacionamento de Inclusão.....	8
2.4.3. Relacionamento de Extensão.....	9
2.4.4. Relacionamento de Generalização.....	14
2.5. Cenários de um Caso de Uso .....	14
2.6. Técnicas de Teste para Casos de Uso.....	16
2.6.1. Abordagem de Heumann .....	16
2.6.2. Abordagem de Beckman e Gupta.....	19
2.6.3. Abordagem de Colanzi .....	21
2.6.4. Abordagem de Ryser e Glinz .....	23
2.7. Considerações Finais .....	24

<b>CAPÍTULO 3 – CRITÉRIOS DE TESTE BASEADOS EM CASOS DE USO ....</b>	<b>27</b>
3.1. Motivação.....	27
3.2. Exemplo de Diagrama de Casos de Uso: Sistema de Controle de Telefonia Celular Pré-Paga .....	28
3.3. Conceitos Básicos.....	29
3.4. Notações Gráficas .....	30
3.5. Critérios de Teste Baseados na Estrutura do Diagrama de Casos de Uso .....	31
3.5.1. Critério de Teste Baseado no Relacionamento de Comunicação .....	32
3.5.2. Critérios de Teste Baseados no Relacionamento de Inclusão .....	33
3.5.3. Critérios de Teste Baseados no Relacionamento de Extensão .....	37
3.5.4. Critérios de Teste Baseados em Combinações de Extensões.....	42
3.5.5. Critério de Teste Baseado nos Três Tipos de Relacionamentos .....	48
3.6. Comparações entre Critérios .....	49
3.6.1. Análise de Inclusão dos Critérios .....	50
3.6.2. Provas das Relações de Inclusão .....	51
3.6.3. Provas das Relações de Incomparabilidade .....	54
3.6.4. Complexidade dos Critérios .....	57
3.7. Considerações Finais .....	57
<b>CAPÍTULO 4 – DESCRIÇÃO DA FERRAMENTA UCT .....</b>	<b>59</b>
4.1. Linguagem de Descrição de Casos de Uso .....	59
4.2. Estrutura da Ferramenta UCT .....	61
4.3. Análise Estática.....	63
4.4. Geração de Requisitos de Teste.....	63
4.5. Simulação dos Casos de Teste .....	64
4.5.1. Grafos dos Fluxos de Ações.....	65
4.5.2. Simulação do Comportamento dos Casos de Uso .....	68
4.6. Avaliação.....	70
4.7. Considerações Finais .....	74
<b>CAPÍTULO 5 – ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>77</b>
5.1. Objetivo do Estudo de Caso .....	77

5.2. Derivando Casos de Teste Segundo a Abordagem de Heumann .....	77
5.3. Simulando os Casos de Teste Gerados na Ferramenta UCT .....	84
5.4. Avaliando os Casos de Teste Simulados com a Ferramenta UCT .....	87
5.5. Considerações Finais .....	89
<b>CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES.....</b>	<b>91</b>
6.1. Síntese do Trabalho .....	91
6.2. Contribuições.....	93
6.3. Trabalhos Futuros .....	94
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>95</b>
<b>APÊNDICE A – GRAMÁTICA DA LINGUAGEM DE DESCRIÇÃO DE CASOS DE USO.....</b>	<b>99</b>
A.1. Especificação Léxica da Linguagem .....	99
A.2. Especificação Sintática da Linguagem.....	100
<b>APÊNDICE B – PROCEDIMENTOS PARA GERAÇÃO DOS REQUISITOS DE TESTE PARA OS CRITÉRIOS BASEADOS NA ESTRUTURA DO DIAGRAMA DE CASOS DE USO.....</b>	<b>103</b>
<b>APÊNDICE C – PROCEDIMENTOS PARA AVALIAÇÃO DE COBERTURA DOS CRITÉRIOS BASEADOS NA ESTRUTURA DO DIAGRAMA DE CASOS DE USO.....</b>	<b>107</b>
<b>APÊNDICE D – DESCRIÇÃO TEXTUAL DO SISTEMA DE CONTROLE DA TELESP CELULAR .....</b>	<b>111</b>
<b>APÊNDICE E – ESPECIFICAÇÕES TEXTUAIS DOS CASOS DE USO DO DIAGRAMA DE CASOS DE USO DO SISTEMA DA TELESP CELULAR .....</b>	<b>115</b>
E.1 – Caso de Uso Receber Ligação.....	115
E.2 – Caso de Uso Cadastrar Ligação Recebida .....	116
E.3 – Caso de Uso Recarregar Telefone .....	117
E.4 – Caso de Uso Consultar Serviço de Atendimento.....	119

<b>E.5 – Caso de Uso Verificar Saldo .....</b>	<b>120</b>
<b>E.6 – Caso de Uso Verificar Número .....</b>	<b>122</b>
<b>E.7 – Caso de Uso Avisar Baixo Saldo .....</b>	<b>123</b>
<b>E.8 – Caso de Uso Cadastrar Ligação Realizada .....</b>	<b>124</b>
<b>E.9 – Caso de Uso Atualizar Saldo.....</b>	<b>125</b>
<b>E.10 – Caso de Uso Verificar Período.....</b>	<b>126</b>
<b>E.11 – Caso de Uso Verificar Período a Receber .....</b>	<b>128</b>
<b>E.12 – Caso de Uso Verificar Período a Realizar .....</b>	<b>129</b>
<b>E.13 – Caso de Uso Avisar Período de Expiração .....</b>	<b>130</b>
<b>E.14 – Caso de Uso Consultar Serviço *5005 .....</b>	<b>131</b>
<b>E.15 – Caso de Uso Consultar Serviço *5000 .....</b>	<b>132</b>
<b>APÊNDICE F – CASOS DE TESTE FUNCIONAIS GERADOS PELA ABORDAGEM DE HEUMANN .....</b>	<b>133</b>

# Índice de Figuras

Figura 2.1 – Diagrama de casos de uso exemplo.....	6
Figura 2.2 - Exemplo genérico 1.....	11
Figura 2.3 - Exemplo genérico 2.....	12
Figura 2.4 - Exemplo genérico 3.....	13
Figura 3.1 – Diagrama de casos de uso do sistema de controle do celular Baby da Telesp .....	28
Figura 3.2 – Notação referente ao relacionamento de comunicação .....	30
Figura 3.3 – Notação referente ao relacionamento de inclusão .....	30
Figura 3.4 – Notação referente ao relacionamento de extensão .....	31
Figura 3.5 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério <i>todas- as-comunicações</i> .....	32
Figura 3.6 – Diagramas de Casos de Uso Genéricos .....	33
Figura 3.7 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério <i>todos- os-inclusores</i> para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.6(a) .....	34
Figura 3.8 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério <i>todos- os-inclusores</i> para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.6(b),.....	34
Figura 3.9 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério <i>todos- os-incluídos</i> para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.6(a).....	35
Figura 3.10 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério <i>todos- os-incluídos</i> para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.6(b).....	35
Figura 3.11 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério <i>todas- as-inclusões</i> para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.6(a).....	36
Figura 3.12 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério <i>todas- as-inclusões</i> para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.6(b) .....	36
Figura 3.13 – Diagramas de Casos de Uso Genéricos .....	37
Figura 3.14 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério <i>todos- os-estendidos</i> para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(a).....	38
Figura 3.15 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério <i>todos- os-estendidos</i> para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(b).....	38
Figura 3.16 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério <i>todos- os-extensores</i> para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(a).....	39
Figura 3.17 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério <i>todos- os-extensores</i> para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(b).....	39
Figura 3.18 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério <i>todas- as-extensões</i> para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(a) .....	40
Figura 3.19 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério <i>todas- as-extensões</i> para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(b) .....	41
Figura 3.20 – Diagrama de casos de uso genérico 1 .....	42
Figura 3.21 – Diagrama de casos de uso genérico 2.....	43
Figura 3.22 – Notação referente ao não-exercício de uma extensão.....	43
Figura 3.23 – Diagrama de casos de uso genérico .....	44
Figura 3.24 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério <i>todos- os-estendidos-pares</i> para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.23 .....	44

Figura 3.25 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério <i>todos-os-estendidos-combinações</i> para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(b).....	45
Figura 3.26 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério <i>todos-os-extensores-combinações</i> para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(a).....	47
Figura 3.27 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério <i>todas-as-comunicações-inclusões-extensões</i> .....	48
Figura 3.28 – Ordenação de inclusão estrita do conjunto de critérios proposto.....	50
Figura 3.29 – Prova do teorema 1.....	51
Figura 3.30 – Prova do teorema 2.....	51
Figura 3.31 – Prova do teorema 3.....	51
Figura 3.32 – Prova do teorema 4.....	52
Figura 3.33 – Prova do teorema 5.....	52
Figura 3.34 – Prova do teorema 6.....	53
Figura 3.35 – Prova do teorema 7.....	53
Figura 3.36 – Prova do teorema 8 de incomparabilidade.....	54
Figura 3.37 – Prova do teorema 10 de incomparabilidade.....	55
Figura 3.38 – Prova do teorema 11 de incomparabilidade.....	56
Figura 4.1 – Formato do arquivo de entrada para a ferramenta UCT.....	60
Figura 4.2 – Estrutura geral da ferramenta UCT.....	62
Figura 4.3 – Entradas e saídas do módulo <b>Geração de Requisitos de Teste</b> .....	63
Figura 4.4 – Diagrama de casos de uso genérico.....	64
Figura 4.5 – Arquivo <i>requisitos4</i> .....	64
Figura 4.6 – Entradas e saídas do módulo <b>Simulação</b> .....	65
Figura 4.7 – Diagrama de casos de uso exemplo.....	66
Figura 4.8 – Arquivo de entrada para a ferramenta UCT.....	67
Figura 4.9 – Representação interna (parcial) gerada pelo módulo <b>Análise Estática</b> para o arquivo de entrada da Figura 4.8.....	68
Figura 4.10 – Diagrama de casos de uso exemplo.....	70
Figura 4.11 – Entradas e saídas do módulo <b>Avaliação</b> .....	71
Figura 4.12 – Estrutura de armazenamento dos requisitos de teste dos critérios <b>c2</b> , <b>c3</b> , <b>c5</b> e <b>c6</b> .....	72
Figura 4.13 – Exemplo de armazenamento dos requisitos de teste do critério <b>c2</b> .....	72
Figura 4.14 – Arquivo <i>resultado_crit2</i> .....	73
Figura 5.1 – Diagrama de casos de uso do sistema de controle do celular pré-pago Baby da Telesp.....	78

# Índice de Tabelas

Tabela 2.1 – Especificação textual simplificada do caso de uso <b>Efetuar Pedido</b> (continua na próxima página).....	15
Tabela 2.1 – Especificação textual simplificada do caso de uso <b>Efetuar Pedido</b> (continuação).....	16
Tabela 2.2 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso <b>1</b> (caso de uso <b>Efetuar Pedido</b> ).....	16
Tabela 2.3 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>1</b> (caso de uso <b>Efetuar Pedido</b> ).....	18
Tabela 2.4 – Tabela de casos de teste com valores para o caso de uso <b>1</b> (caso de uso <b>Efetuar Pedido</b> ).....	19
Tabela 2.5 – Descrição textual do caso de uso <i>Goal: Login</i> .....	20
Tabela 2.6 – Casos de teste para o caso de uso <i>Goal: Login</i> .....	20
Tabela 2.7 – Tabela de classes de equivalência.....	22
Tabela 2.8 – Tabela de casos de teste.....	22
Tabela 3.1 – Requisitos de teste gerados pela aplicação do critério <b>c1</b> .....	33
Tabela 3.2 – Requisitos de teste gerados pela aplicação do critério <b>c2</b> .....	34
Tabela 3.3 – Requisitos de teste gerados pela aplicação do critério <b>c3</b> .....	36
Tabela 3.4 – Requisitos de teste gerados pela aplicação do critério <b>c4</b> .....	37
Tabela 3.5 – Requisitos de teste gerados pelo critério <b>c5</b> .....	39
Tabela 3.6 – Requisitos de teste gerados pelo critério <b>c6</b> .....	40
Tabela 3.7 – Requisitos de teste gerados pelo critério <b>c7</b> .....	41
Tabela 3.8 – Requisitos de teste gerados pelo critério <b>c9</b> .....	46
Tabela 3.9 – Requisitos de teste gerados pelo critério <b>c11</b> .....	49
Tabela 5.1 – Especificação textual simplificada do caso de uso <b>Realizar Ligação</b> (continua na próxima página).....	79
Tabela 5.1 – Especificação textual simplificada do caso de uso <b>Realizar Ligação</b> (continuação).....	80
Tabela 5.2 – Tabela de cenários para o caso de uso <b>1</b> (caso de uso <b>Realizar Ligação</b> )...	81
Tabela 5.3 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>1</b> : caso de uso <b>Realizar Ligação</b> (continua na próxima página).....	82
Tabela 5.3 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>1</b> : caso de uso <b>Realizar Ligação</b> (continuação).....	83
Tabela B.1 – Procedimentos de geração dos requisitos de teste para os critérios <b>c2</b> , <b>c3</b> , <b>c5</b> e <b>c6</b> .....	103
Tabela B.2 – Procedimentos de geração dos requisitos de teste para os critérios <b>c1</b> , <b>c4</b> , <b>c7</b> e <b>c11</b> .....	104
Tabela B.3 – Procedimento de geração dos requisitos de teste para o critério <b>c8</b> .....	104
Tabela B.4 – Procedimentos de geração dos requisitos de teste para os critérios <b>c9</b> e <b>c10</b> .....	105
Tabela C.1 – Procedimento de avaliação da cobertura dos requisitos de teste do critério <b>c1</b> .....	107
Tabela C.2 – Procedimentos de avaliação da cobertura dos requisitos de teste dos critérios <b>c4</b> , <b>c7</b> e <b>c11</b> .....	108

Tabela C.3 – Procedimentos de avaliação da cobertura dos requisitos de teste dos critérios <b>c2, c3, c5 e c6</b> .....	108
Tabela C.4 – Procedimento de avaliação da cobertura dos requisitos de teste do critério <i>todos-os-estendidos-pares (c8)</i> .....	109
Tabela C.5 – Procedimentos de avaliação da cobertura dos requisitos de teste dos critérios <b>c9 e c10</b> .....	109
Tabela D.1 – Períodos de validade do crédito do cliente .....	111
Tabela D.2 – Serviços disponíveis dentro de cada período de validade do crédito.....	111
Tabela D.3 – Telefones de emergência e de outros serviços disponíveis .....	113
Tabela E.1 – Especificação textual do caso de uso <b>Receber Ligação</b> (continua na próxima página).....	115
Tabela E.1 – Especificação textual do caso de uso <b>Receber Ligação</b> (continuação) ....	116
Tabela E.2 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso <b>Receber Ligação</b> ...	116
Tabela E.3 – Especificação textual do caso de uso <b>Cadastrar Ligação Recebida</b> (continua na próxima página).....	116
Tabela E.3 – Especificação textual do caso de uso <b>Cadastrar Ligação Recebida</b> (continuação).....	117
Tabela E.4 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso <b>Cadastrar Ligação Recebida</b> .....	117
Tabela E.5 – Especificação textual do caso de uso <b>Recarregar Telefone</b> (continua na próxima página).....	117
Tabela E.5 – Especificação textual do caso de uso <b>Recarregar Telefone</b> (continuação) .....	118
Tabela E.6 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso <b>Recarregar Telefone</b> .....	118
Tabela E.7 – Especificação textual do caso de uso <b>Consultar Serviço de Atendimento</b> (continua na próxima página).....	119
Tabela E.7 – Especificação textual do caso de uso <b>Consultar Serviço de Atendimento</b> (continuação).....	120
Tabela E.8 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso <b>Consultar Serviço de Atendimento</b> .....	120
Tabela E.9 – Especificação textual do caso de uso <b>Verificar Saldo</b> (continua na próxima página) .....	120
Tabela E.9 – Especificação textual do caso de uso <b>Verificar Saldo</b> (continuação).....	121
Tabela E.10 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso <b>Verificar Saldo</b> ...	121
Tabela E.11 – Especificação textual do caso de uso <b>Verificar Número</b> (continua na próxima página).....	122
Tabela E.11 – Especificação textual do caso de uso <b>Verificar Número</b> (continuação) .....	123
Tabela E.12 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso <b>Verificar Número</b> .....	123
Tabela E.13 – Especificação textual do caso de uso <b>Avisar Baixo Saldo</b> (continua na próxima página).....	123
Tabela E.13 – Especificação textual do caso de uso <b>Avisar Baixo Saldo</b> (continuação) .....	124
Tabela E.14 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso <b>Avisar Baixo Saldo</b> .....	124

Tabela E.15 – Especificação textual do caso de uso Cadastrar Ligação Realizada.....	124
Tabela E.16 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso <b>Cadastrar Ligação Realizada</b> .....	125
Tabela E.17 – Especificação textual do caso de uso Atualizar Saldo .....	125
Tabela E.18 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso <b>Atualizar Saldo</b> ..	126
Tabela E.19 – Especificação textual do caso de uso <b>Verificar Período</b> (continua na próxima página).....	126
Tabela E.19 – Especificação textual do caso de uso <b>Verificar Período</b> (continuação) .	127
Tabela E.20 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso <b>Verificar Período</b>	127
Tabela E.21 – Especificação textual do caso de uso <b>Verificar Período a Receber</b> .....	128
Tabela E.22 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso <b>Verificar Período a Receber</b> .....	128
Tabela E.23 – Especificação textual do caso de uso <b>Verificar Período a Realizar</b> .....	129
Tabela E.24 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso <b>Verificar Período a Realizar</b> .....	129
Tabela E.25 – Especificação textual do caso de uso <b>Avisar Período de Expiração</b> .....	130
Tabela E.26 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso <b>Avisar Período de Expiração</b> .....	130
Tabela E.27 – Especificação textual do caso de uso <b>Consultar Serviço *5005</b> .....	131
Tabela E.28 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso <b>Consultar Serviço *5005</b> .....	131
Tabela E.29 – Especificação textual do caso de uso <b>Consultar Serviço *5000</b> .....	132
Tabela E.30 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso <b>Consultar Serviço *5000</b> .....	132
Tabela F.1 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>Receber Ligação</b> .....	133
Tabela F.2 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>Cadastrar Ligação Recebida</b> .....	134
Tabela F.3 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>Recarregar Telefone</b> (continua na próxima página).....	134
Tabela F.3 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>Recarregar Telefone</b> (continuação).....	135
Tabela F.4 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>Consultar Serviço de Atendimento</b> .....	136
Tabela F.5 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>Verificar Saldo</b> .....	136
Tabela F.6 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>Verificar Número</b> (continua na próxima página).....	137
Tabela F.6 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>Verificar Número</b> (continuação).....	138
Tabela F.7 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>Avisar Baixo Saldo</b> .....	138
Tabela F.8 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>Cadastrar Ligação Realizada</b> .....	139
Tabela F.9 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>Atualizar Saldo</b> .....	139
Tabela F.10 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>Verificar Período</b> .....	139
Tabela F.11 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>Verificar Período a Receber</b> .....	140

Tabela F.12 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>Verificar Período a Realizar</b> (continua na próxima página).....	140
Tabela F.12 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>Verificar Período a Realizar</b> (continuação).....	141
Tabela F.13 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>Avisar Período de Expiração</b> .....	142
Tabela F.14 – Tabela de casos de teste para o caso de uso <b>Consultar Serviço *5005</b> ..	142

# Capítulo 1 – Introdução

## 1.1. Contexto

Os sistemas baseados em computador estão presentes em praticamente todas as atividades humanas. O uso e a dependência em relação a eles vêm aumentando gradativamente de forma que o software, responsável pelo comportamento dos computadores e por estabelecer interconexões entre estes, tem sido alvo de grande atenção. Assim, fica evidente a importância cada vez maior da disciplina de Engenharia de Software, cujo objetivo é propor métodos, ferramentas e procedimentos para aumentar a produção de software e, sobretudo, a sua qualidade [Cha01].

A qualidade de software deve ser uma meta constante no desenvolvimento de qualquer produto de software, pois um software produzido sem essa preocupação pode gerar prejuízos econômicos, quando não humanos. Pressman [Pre94] define a qualidade de software como sendo uma conformidade a requisitos funcionais e de desempenho, a padrões de desenvolvimento claramente documentados e a características implícitas que são esperadas de todo software profissionalmente desenvolvido. Rocha [Roc01], por sua vez, coloca esse conceito de forma mais resumida, porém similar: “Qualidade de software pode ser vista como um conjunto de características que devem ser alcançadas em um determinado grau para que o produto atenda às necessidades de seus usuários”.

A qualidade é garantida durante todo o processo de software. Essa garantia de qualidade implica a realização de várias atividades em conjunto. Entre essas atividades destacam-se as revisões técnicas formais e o teste de software. O teste, em especial, é um elemento importante para garantir a qualidade de um software, uma vez que seu objetivo é detectar a presença de defeitos. Para tanto, casos de teste são desenvolvidos e submetidos ao programa com o objetivo de produzir uma saída que esteja em desacordo com a especificação. Quando isso ocorre, diz-se que o teste foi bem sucedido [Mye79]. Caso não sejam detectados defeitos, aumenta-se a confiança em relação à qualidade do software. Porém, para que isso ocorra, é preciso que os testes tenham sido realizados de maneira rigorosa e sistemática.

Assim, a crescente necessidade de se aumentar a garantia de qualidade do software faz do teste sistemático uma atividade essencial do processo de software. No entanto, na indústria é perceptível a distância existente entre as técnicas de teste propostas na literatura e a aplicação dessas técnicas [McG96]. Os resultados da não aplicação de técnicas de teste consistem em testes realizados aleatoriamente, com a conseqüente geração de casos de teste de modo não sistemático.

## 1.2. Motivação

A geração de casos de teste de forma não sistemática coloca em questão a qualidade do conjunto de casos de teste. Um conjunto de casos de teste tem como objetivo revelar a maior quantidade de defeitos existentes no sistema a ser testado. Para isso, a elaboração de tal conjunto deve ser realizada de forma a abranger o maior número de possibilidades ou condições existentes no sistema. Os critérios de teste propõem exatamente esse conjunto de condições que devem ser satisfeitas durante a atividade de teste. A esse conjunto de condições a serem testadas, dá-se o nome de *requisitos de teste* do critério.

Um critério de teste pode ser usado tanto para selecionar casos de teste como para avaliar a qualidade de casos de teste desenvolvidos. Avaliar a qualidade de um conjunto de casos de teste consiste em verificar se esse conjunto satisfaz um determinado critério de teste. Portanto, utilizando os critérios de teste é possível quantificar a atividade de teste e, com isso, estabelecer quando encerrar essa atividade.

É importante ressaltar que dependendo da fonte de informação utilizada para especificar os requisitos de teste, um critério de teste pode ser classificado como sendo baseado em especificação (critério de teste funcional) ou baseado em programa (critério de teste estrutural) [Off00]. Um critério baseado em especificação determina os requisitos de teste baseando-se em características identificadas nas especificações de software, de forma que o conjunto de casos de teste satisfaz o critério se todas essas características tiverem sido exercitadas. Nesse caso, as especificações são usadas para produzir casos de teste, assim como para produzir o programa.

Já um critério baseado em programa especifica requisitos de teste em termos do programa sob teste de forma que um conjunto de casos de teste satisfaz o critério se esses requisitos tiverem sido inteiramente exercitados. As informações utilizadas para avaliar ou construir casos de teste são derivadas a partir da análise interna do programa. Os critérios desse tipo definem elementos da estrutura do programa que devem ser exercitados pelo teste. Esses elementos selecionam determinados caminhos que visam cobrir o código ou sua representação gráfica [Wey82] [Off00].

O critério baseado em especificação possui uma particularidade interessante – ele pode utilizar conceitos análogos aos empregados pelos critérios baseados em programas. Isso acontece quando um critério baseado em especificação busca definir elementos da *estrutura* da especificação a serem exercitados pelo teste. Um teste com essa característica continua sendo um teste baseado em especificação, uma vez que utiliza como fonte de informação somente especificações e não a implementação. No entanto, pelo fato de buscar exercitar elementos estruturais da especificação, ele passa a oferecer uma garantia de cobertura da especificação, assim como o teste baseado em programas garante uma certa cobertura do programa sob teste.

Offut et al. [Off99b], por exemplo, se inspiraram em critérios baseados em programas para propor um conjunto de critérios a ser aplicado em especificações baseadas em estados. Para aplicar o conjunto de critérios proposto, a especificação baseada em estados

é representada por meio de um grafo dirigido, chamado de grafo de especificação, que corresponde ao grafo de fluxo de controle usado para representar a estrutura do programa. Entre os critérios propostos por Offtut et al. encontra-se o critério baseado em especificação *Todas-as-transições* que é similar ao critério de cobertura estrutural de programas *Todos-os-ramos* [Wey82].

Portanto, pode-se concluir que critérios de cobertura aplicados no teste baseado em especificação permitem a geração ou avaliação de casos de teste sob uma visão diferenciada, pois exploram a estrutura da especificação e não a sua semântica. No entanto, para o teste baseado em especificação ainda existe uma escassez de critérios de cobertura formalizados e de ferramentas de apoio. Verificou-se, por exemplo, que essa escassez se estende ao modelo de análise baseado em casos de uso, denominado diagrama de casos de uso, da linguagem de modelagem de sistemas UML – *Unified Modelling Language*.

Diante da relevância desse diagrama no processo de desenvolvimento de software baseado na linguagem UML, observou-se a necessidade de critérios de teste que explorem a estrutura dos diagramas de casos de uso. Assim, neste trabalho são introduzidos critérios de cobertura baseados na especificação dos diagramas de casos de uso.

A motivação para a realização de testes a partir de casos de uso está associada a quatro fatores:

- (1) o diagrama de casos de uso é um modelo importante, pois é o modelo base para a geração dos demais modelos do processo de modelagem [Boo99];
- (2) um caso de uso oferece, por meio do conjunto de cenários que representa, as possíveis situações do mundo real para a atividade de teste [UML Semantics v.1.4];
- (3) é possível validar as especificações das funcionalidades de um sistema em relação aos requisitos de software do cliente já na primeira fase do desenvolvimento;
- (4) os casos de teste gerados a partir das especificações de casos de uso permitem a observação de defeitos em uma fase do desenvolvimento de software cujo custo de correção é menor do que nas fases posteriores [Rys99]. Isso permite que a especificação seja melhorada antes do programa ser escrito;
- (5) os casos de teste gerados a partir dos casos de uso de um sistema podem ser posteriormente utilizados para se testar tanto o projeto como a implementação do sistema especificado [Off99a].

A abordagem de se testar tendo como base o diagrama de casos de uso da UML não é nova. Heumann [Heu01], Beckman e Gupta [Bec02], Colanzi e Masiero [Col99], e Ryser e Glinz [Rys00] propõem formas de derivação de casos de teste a partir das funcionalidades de um sistema especificadas por meio de casos de uso. No entanto, o novo conjunto de critérios proposto apresenta o aspecto diferencial de permitir a derivação ou avaliação de casos de teste a partir de elementos *estruturais* do diagrama de casos de uso e não a partir do conjunto de funcionalidades que este representa.

## 1.3. Objetivos

O interesse principal deste trabalho é propor um conjunto de critérios de teste baseado no diagrama de casos de uso da linguagem UML que, apesar de usar como fonte de informação uma especificação de software, requer que elementos *estruturais* do diagrama sejam exercitados durante a atividade de teste. A característica estrutural adicionada ao teste baseado em especificação beneficia a atividade de teste, permitindo que esta seja quantificada por meio da análise de cobertura do diagrama.

Os critérios propostos nesse trabalho podem ser usados em conjunto com as abordagens puramente funcionais existentes para derivação de casos de teste a partir de casos de uso. Pode-se utilizá-los para avaliar a qualidade das massas de teste geradas por meio dessas abordagens ou como uma diretriz para a derivação de dados de teste.

Um segundo objetivo desse trabalho consiste em construir uma ferramenta de apoio ao teste baseado em casos de uso que apóie a aplicação do conjunto de critérios propostos. Essa ferramenta deve apresentar uma análise de cobertura do diagrama a partir da execução simulada de testes sob o conjunto de descrições textuais que especificam os casos de uso. O terceiro objetivo desse trabalho consiste em validar tanto os critérios propostos como a ferramenta desenvolvida por meio de um estudo de caso.

## 1.4 – Organização do Trabalho

Neste capítulo foram apresentados o contexto do trabalho, as motivações que justificaram o seu desenvolvimento e os seus principais objetivos. Os demais capítulos encontram-se estruturados da seguinte forma: o Capítulo 2 apresenta os elementos básicos de um diagrama de casos de uso, destacando a sua estrutura, e as abordagens de teste baseadas em casos de uso existentes na literatura; no Capítulo 3, são apresentados os critérios de teste propostos para essa modalidade de teste, aplicando-os em um exemplo; o Capítulo 4 apresenta a ferramenta de cobertura de teste UCT – *Use Case Tester*, que apóia a aplicação dos critérios propostos; no Capítulo 5, é apresentado um estudo de caso no qual esses critérios são aplicados, por meio da ferramenta UCT, para avaliar a qualidade de um conjunto de casos de teste; e, finalmente, no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões do trabalho.

As Referências Bibliográficas e seis apêndices complementam este trabalho: Apêndice A – Gramática da Linguagem de Descrição de Casos de Uso; Apêndice B – Procedimentos para Geração dos Requisitos de Teste para os Critérios Baseados na Estrutura do Diagrama de Casos de Uso; Apêndice C – Procedimentos para Avaliação de Cobertura dos Critérios Baseados na Estrutura do Diagrama de Casos de Uso; Apêndice D – Descrição Textual do Sistema de Controle da Telesp Celular; Apêndice E – Especificações Textuais dos Casos de Uso do Diagrama de Casos de Uso do Sistema da Telesp Celular; e Apêndice F – Casos de Teste Funcionais Gerados pela Abordagem de Heumann.

# Capítulo 2 – Conceitos Básicos e Revisão Bibliográfica

O objetivo deste trabalho é apresentar um novo conjunto de critérios de teste a serem aplicados em casos de uso. Para isso, é importante que alguns conceitos básicos sejam definidos. A Seção 2.1 apresenta uma breve descrição do diagrama de casos de uso da linguagem UML – *The Unified Modeling Language*. As Seções 2.2, 2.3 e 2.4 descrevem os elementos básicos que constituem o diagrama. Esses elementos são: os casos de uso, os atores e os relacionamentos que ocorrem entre os casos de uso. Na Seção 2.5 é apresentado o conceito de cenários para casos de uso. Esse conceito é empregado por algumas das técnicas de teste existentes para casos de uso. Essas técnicas são apresentadas na Seção 2.6. A Seção 2.7 contém as considerações finais.

## 2.1. Diagrama de Casos de Uso

O diagrama de casos de uso da linguagem de modelagem UML consiste em um diagrama utilizado para modelar os aspectos dinâmicos de um sistema. Os diagramas de casos de uso modelam o comportamento de um sistema por meio de atores, casos de uso e relacionamentos.

Originário da metodologia OOSE (*Object-Oriented Software Engineering*), proposta por Jacobson, um caso de uso consiste em uma interação típica entre um usuário e um sistema. É um modo específico de utilização que define processos genéricos que o sistema deve ser capaz de manipular, estabelecendo assim, um conjunto de funcionalidades inter-relacionadas do sistema [Jac92] [Boo99].

Existem três elementos básicos que constituem um diagrama de casos de uso: os casos de uso, os atores e os relacionamentos entre os casos de uso. Esses três elementos são descritos nas três seções a seguir e podem ser visualizados na Figura 2.1.

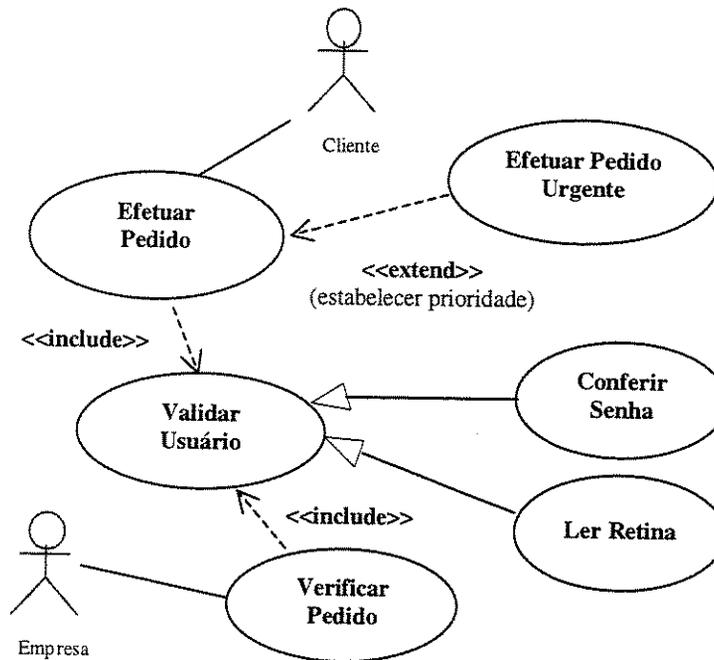


Figura 2.1 – Diagrama de casos de uso exemplo

## 2.2. Atores

Um ator representa um papel desempenhado por um usuário ou sistema externo em relação ao sistema modelado. Assim, um ator é um agente que interage com o sistema modelado e pode ser um humano, um dispositivo ou um outro sistema.

O ícone padrão para a representação de atores nos diagramas de casos de uso consiste em um *stick man* com o nome do ator abaixo da figura. Essa representação pode ser visualizada na Figura 2.1 (atores Cliente e Empresa).

## 2.3. Casos de Uso

Os casos de uso são representados por elipses que contêm o nome (título) do caso de uso; esse título pode ser posicionado no interior ou, opcionalmente, abaixo de cada elipse.

Na modelagem utilizando casos de uso, o sistema modelado é visto como uma caixa preta que fornece situações de aplicação. O objetivo principal de um caso de uso consiste em definir o comportamento de um sistema ou parte dele sem revelar a sua estrutura interna. Outros objetivos consistem em descrever os requisitos funcionais do sistema de maneira consensual entre usuários e desenvolvedores, fornecer uma descrição consistente e clara das responsabilidades que estes últimos devem cumprir, servir de base para a fase

de projeto e oferecer as possíveis situações do mundo real para o teste do sistema [UML Semantics v.1.4].

Assim, cada caso de uso especifica um serviço que o sistema oferece aos seus usuários, ou seja, um modo específico de usar o sistema. Esse serviço, que é ativado por um usuário, consiste em uma seqüência completa de ações. Isso significa que, depois da execução dessa seqüência, o sistema geralmente se encontrará em um estado no qual a seqüência poderá ser reinicializada. Um caso de uso também pode incluir possíveis variantes dessa seqüência, como seqüências alternativas, comportamento excepcional, etc. O conjunto completo de casos de uso especifica todos os diferentes modos de usar um sistema, o que significa que todo o seu comportamento é expresso pelos seus casos de uso.

Em resumo, um caso de uso pode ser descrito como uma seqüência de ações que um sistema pode executar a fim de produzir um *resultado* observável aos seus atores [Jac92] [Boo99]. Assim, um caso de uso oferece um serviço completo do sistema a um ator, produzindo-lhe algo de valor, como o cálculo de um resultado, a geração de um novo objeto ou mesmo uma mudança de estado de um objeto já existente. Em um sistema bancário, por exemplo, um caso de uso pode representar o requisito funcional “processar empréstimos”. A seqüência de ações descritas por esse caso de uso produz um resultado a um dos atores do sistema, o cliente do banco. Esse resultado consiste na concessão de um empréstimo, expresso através da entrega da quantidade requerida de dinheiro ao cliente do banco, desde que este preencha os requisitos de elegibilidade para empréstimo.

No entanto, existem casos de uso que representam apenas uma porção de um serviço que o sistema oferece. Esses casos de uso são sempre integrantes de um caso de uso maior, que representa um serviço completo oferecido a um ator, e são chamados de caso de uso incluído ou caso de uso extensor de acordo com o relacionamento que estabelecem com esse caso de uso.

## 2.4. Relacionamentos

Podem existir associações entre os casos de uso e os seus atores. Tal associação estabelece uma *comunicação* entre uma instância de um caso de uso e um usuário que desempenha o papel de um dos atores. Os casos de uso também podem se relacionar com outros casos de uso através dos relacionamentos de *inclusão*, de *extensão* e de *generalização*.

Assim, os relacionamentos que ocorrem com os casos de uso podem ser classificados em dois tipos: os relacionamentos que ocorrem entre casos de uso; e os que ocorrem entre atores e casos de uso. Um caso de uso pode ser iniciado através desses dois tipos de relacionamentos, ou seja, quando o seu comportamento, ou parte deste, for invocado por um outro caso de uso ou quando um ator lhe enviar uma mensagem ou estímulo.

A seguir, encontram-se especificados os quatro tipos de relacionamentos possíveis

dentro de um diagrama de casos de uso.

### 2.4.1. Relacionamento de Comunicação

Relacionamento representado por uma linha reta que simboliza a comunicação entre um ator e um caso de uso. Esse relacionamento indica quais atores interagem com os casos de uso de um diagrama. No diagrama de casos de uso da Figura 2.1 há um exemplo desse tipo de relacionamento entre o ator Cliente e o caso de uso **Efetuar Pedido**.

### 2.4.2. Relacionamento de Inclusão

Relacionamento representado por uma seta de dependência<sup>1</sup> rotulada com o estereótipo<sup>2</sup> <<include>>. Trata-se de um relacionamento que é utilizado quando dois ou mais casos de uso apresentam um comportamento em comum e deseja-se modelar esse comportamento em um único caso de uso, que será reutilizado pelos demais.

Um relacionamento de inclusão de um caso de uso A para um caso de uso B indica que o caso de uso A, chamado de *caso de uso base*, inclui o comportamento especificado por B, chamado de *caso de uso incluído* [UML Semantics v.1.4]. Quando a execução do caso de uso A encontra no seu fluxo de ações o local no qual o comportamento do caso de uso B deve ser incluído, todo o comportamento descrito pelo caso de uso B é executado. Uma vez executado o caso de uso B, a execução retorna para a próxima ação do caso de uso base. Assim, apesar de existirem diversos caminhos que podem ser percorridos dentro do caso de uso incluído, todos esses possíveis caminhos devem terminar de maneira a permitir que o caso de uso base continue a ser executado.

Um caso de uso pode ser incluído em diversos outros casos de uso e um caso de uso pode incluir diversos casos de uso. O caso de uso incluído não deve depender funcionalmente do caso de uso base, pois ele representa um comportamento encapsulado que deve ser facilmente reutilizado por outros casos de uso. Além disso, o caso de uso base deve depender somente dos resultados da execução do comportamento do caso de uso incluído.

O relacionamento de inclusão geralmente apresenta uma conotação estática. A menos que o relacionamento de inclusão esteja localizado dentro de uma sequência alternativa do caso de uso base, o caso de uso incluído é sempre exercitado. O comportamento do caso de uso incluído é um dos elementos que constitui o comportamento do caso de uso base.

---

<sup>1</sup> Seta de dependência – relacionamento semântico entre dois casos de uso no qual uma alteração em um dos casos de uso afeta a semântica do outro

<sup>2</sup> Estereótipo – palavra que representa uma extensão do meta-modelo da UML a fim de permitir que os usuários estendam a capacidade de modelagem da linguagem. Os estereótipos <<include>> e <<extend>> são estereótipos de semântica pré-definida na UML

Para se especificar o local dentro do fluxo de ações do caso de uso base no qual o comportamento de um outro caso de uso é incluído, apenas escreve-se *inclusão* seguido do nome do caso de uso que se deseja incluir [Boo99]. A seguir, o fluxo de ações do caso de uso base **Verificar Pedido** da Figura 2.1 é apresentado como exemplo.

Fluxo de ações:

```
obter o número do pedido
inclusão (Validar Usuário)
Se o usuário for identificado {
    verificar o estado do pedido
    relatar o estado do pedido ao usuário
}
Se o usuário não for identificado {
    mostrar mensagem de usuário não autorizado a usar o sistema
}
caso de uso encerrado
```

### 2.4.3. Relacionamento de Extensão

Relacionamento representado por uma seta de dependência rotulada com o estereótipo <<*extend*>>. Trata-se de um relacionamento de um caso de uso para outro que define que um caso de uso, chamado de *caso de uso base*, pode ser estendido com algum comportamento adicional definido em um outro caso de uso, chamado de *caso de uso extensor* [UML Semantics v.1.4]. Assim, um relacionamento de extensão de um caso de uso A para um caso de uso B indica que o caso de uso B *pode* incluir o comportamento especificado por A [Boo99].

Um caso de uso pode estender diversos outros casos de uso, assim como um caso de uso pode ser estendido por diversos outros casos de uso. É importante ressaltar que ao relacionamento de extensão está associado uma condição que, somente quando satisfeita, permite que a extensão ocorra. Assim, para todo relacionamento de extensão existe a possibilidade do caso de uso extensor ser exercitado ou não exercitado, enquanto o mesmo não é verdade para o relacionamento de inclusão, que não está associado a uma condição.

Ao contrário do relacionamento de inclusão, o relacionamento de extensão apresenta uma conotação dinâmica. O comportamento do caso de uso base depende dos valores da execução, que determinam se a condição do relacionamento de extensão será satisfeita e, conseqüentemente, se a extensão será ou não realizada.

Além de conter uma condição, um relacionamento de extensão referencia um ponto de extensão no caso de uso base. Um ponto de extensão define um local no caso de uso base onde este pode ser estendido [UML Semantics v.1.4]. Assim, durante a execução do caso de uso base, quando um ponto de extensão é encontrado na sua seqüência de ações,

a condição dessa extensão é avaliada. Caso satisfeita, a extensão é inserida na seqüência de ações do caso de uso.

Um relacionamento de extensão é usado para modelar a parte do caso de uso base que é vista pelo usuário como um comportamento opcional [Boo99]. Assim, na modelagem desse caso de uso, é importante assegurar que o seu comportamento padrão não dependa da adição do comportamento do caso de uso extensor, pois esse comportamento representa um comportamento opcional (alternativo) do caso de uso base.

Para especificar o local dentro do fluxo de ações do caso de uso base onde o seu comportamento pode ser estendido, escreve-se *extensão* seguido do nome da extensão do caso de uso extensor entre parênteses. A seguir, o fluxo de ações do caso de uso base **Efetuar Pedido** da Figura 2.1 é apresentado como exemplo.

Fluxo de ações:

```
inclusão (Validar Usuário)
Se o usuário for identificado {
  obter os itens do pedido do usuário
  Condição da extensão (estabelecer prioridade): Se pedido atual tiver
  urgência {
    extensão (estabelecer prioridade)
  }
  processar o pedido no prazo de manufatura estabelecido
}
Se o usuário não for identificado
{ mostrar mensagem de usuário não autorizado a utilizar o serviço }
caso de uso encerrado
```

Nesse exemplo, (**estabelecer prioridade**) é o nome da extensão e o ponto de extensão. Sob circunstâncias normais, o caso de uso base **Efetuar Pedido** será executado sem levar em consideração a prioridade do pedido. No entanto, caso o pedido de uma certa execução do sistema tenha prioridade de processamento, o fluxo de ações do caso de uso procederá da seguinte forma: no ponto de extensão (**estabelecer prioridade**) o comportamento do caso de uso **Efetuar Pedido Urgente** será executado e a execução voltará ao fluxo de ações normais do caso de uso base.

Assim, para que o caso de uso **Efetuar Pedido** seja estendido, é necessário definir o ponto de extensão e a condição que deve ser satisfeita para que a extensão ocorra. Um outro aspecto essencial consiste em rotular e delimitar, no caso de uso extensor, a parte do fluxo de ações deste caso de uso responsável pela extensão do caso de uso base. O fluxo de ações do caso de uso **Efetuar Pedido Urgente** da Figura 2.1 é apresentado como exemplo.

Fluxo de ações:

obter taxa cobrada pelo serviço de urgência  
informar ao cliente a taxa cobrada pelo serviço de urgência  
**Definição da extensão (estabelecer prioridade) {**  
    diminuir o prazo de manufatura  
    informar prazo especial de manufatura do serviço de urgência  
**}**  
**caso de uso encerrado**

É importante ressaltar que nem todas as ações de um caso de uso precisam atuar como extensão para um outro caso de uso. Isso deve-se ao fato de uma extensão poder abranger somente algumas ações do caso de uso extensor. Um caso de uso que possua uma definição de extensão com essa característica executa sua funcionalidade geral se iniciado diretamente por um usuário, mas, quando iniciado por meio de um relacionamento de extensão, executa apenas parte de sua funcionalidade total, ou seja, apenas as ações delimitadas pela definição de extensão.

A seguir, são apresentados alguns exemplos genéricos que permitem visualizar possíveis formas de ocorrência das definições de extensão em um caso de uso extensor.

*Exemplo genérico 1* – Quando a definição de extensão engloba apenas parte do conjunto de ações do caso de uso extensor (Figura 2.2).

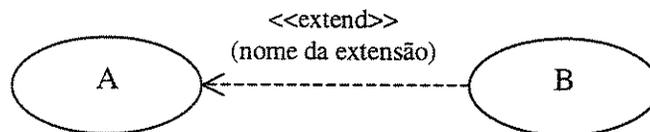


Figura 2.2 - Exemplo genérico 1

Fluxo de ações básico do caso de uso B:

ação1  
**Definição da extensão (nome da extensão)**  
    ação2  
    ação3  
**extensão (nome da extensão) encerrada**  
ação4  
**caso de uso encerrado**

*Exemplo genérico 2* – Quando um caso de uso estende outro através de dois ou mais relacionamentos de extensão ou quando estende mais de um caso de uso com relacionamentos de extensão distintos. Em ambas as situações, há mais de uma definição de extensão no fluxo de ações do caso de uso extensor. O motivo de um caso de uso

estender outro por meio de dois relacionamentos de extensão deve-se à necessidade de que condições diferentes sejam satisfeitas para que cada extensão ocorra. Ressalta-se que os nomes das extensões devem ser nomes únicos no contexto de toda a modelagem. A Figura 2.3 ilustra essas situações.

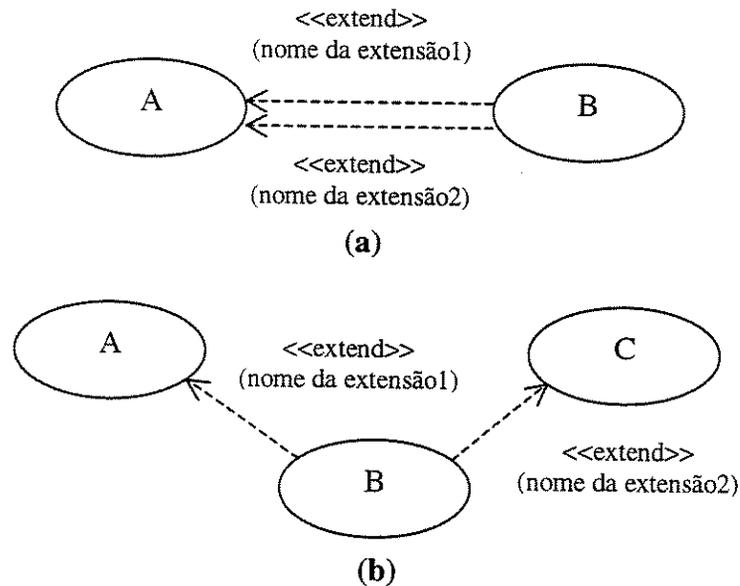


Figura 2.3 - Exemplo genérico 2

Fluxo de ações básico do caso de uso B:

**Definição da extensão (nome da extensão1)**

ação1

ação2

**extensão (nome da extensão1) encerrada**

ação3

**Definição da extensão (nome da extensão2)**

ação4

ação5

**extensão (nome da extensão2) encerrada**

ação6

**caso de uso encerrado**

*Exemplo genérico 3* – Um caso de uso pode estender outro por meio de um relacionamento de extensão que referencia mais de um ponto de extensão. A Figura 2.4 ilustra essa situação. Nesse caso, há mais de uma definição de extensão no fluxo de ações do caso de uso extensor; e, no caso de uso base, a condição do relacionamento de extensão é avaliada somente para o primeiro ponto de extensão. Os demais pontos de extensão do relacionamento serão iniciados automaticamente caso a condição do relacionamento seja satisfeita.

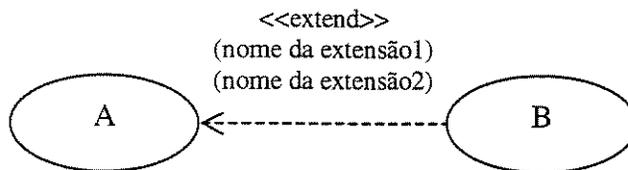


Figura 2.4 - Exemplo genérico 3

Fluxo de ações básico do caso de uso B:

**Definição da extensão (nome da extensão1)**

ação1

ação2

**extensão (nome da extensão1) encerrada**

ação3

**Definição da extensão (nome da extensão2)**

ação4

ação5

**extensão (nome da extensão2) encerrada**

ação6

**caso de uso encerrado**

Fluxo de ações básico do caso de uso A:

ação1

**Condição da extensão (nome da extensão1): Se ...**

extensão (nome da extensão1)

ação2

ação3

extensão (nome da extensão2)

ação4

**caso de uso encerrado**

Note-se que no fluxo de ações do caso de uso A acima, não está associada nenhuma condição à extensão (nome da extensão2). Isso deve-se ao fato de os pontos de extensão (nome da extensão1) e (nome da extensão2) estarem associados a um único relacionamento de extensão, como mostra a Figura 2.4. Esse relacionamento de extensão apresenta uma única condição, a **condição da extensão (nome da extensão1)**, que é válida para os dois pontos de extensão referenciados pelo relacionamento. Essa condição é sempre avaliada no ponto de extensão (nome da extensão1) e, caso satisfeita, faz com que o ponto de extensão (nome da extensão2) seja iniciado automaticamente.

#### 2.4.4. Relacionamento de Generalização

Relacionamento representado por uma seta de linha sólida que aponta para o caso de uso mais geral. Uma generalização consiste em um relacionamento entre algo geral (chamado de pai) e algo mais específico do mesmo tipo (chamado de filho), no qual o filho herda as propriedades de seu pai e pode acrescentar propriedades específicas.

O relacionamento de generalização entre casos de uso especifica que o caso de uso filho contém todas as seqüências de comportamento definidas no caso de uso pai, além de participar de todos os relacionamentos que o caso de uso pai participa. O caso de uso filho pode também definir novas seqüências de comportamento e especializar comportamentos existentes que foram herdados.

O diagrama de casos de uso da Figura 2.1 apresenta um exemplo de generalização entre casos de uso. Nesse diagrama, o caso de uso **Validar Usuário**, responsável por identificar o usuário, apresenta dois casos de uso filhos: os casos de uso **Conferir Senha** e **Ler Retina**. Esses casos de uso filhos se comportam como o caso de uso pai e podem ser aplicados em qualquer situação na qual o caso de uso pai seria aplicado. No entanto, eles adicionam comportamentos próprios: o caso de uso **Conferir Senha** verifica uma senha textual, enquanto o caso de uso **Ler Retina** verifica os padrões da retina de um usuário.

### 2.5. Cenários de um Caso de Uso

Como cada caso de uso consiste em um conjunto de funcionalidades inter-relacionadas de um sistema, é possível extrair um conjunto de cenários que mostra todas as possíveis formas de realização do caso de uso. Os cenários oferecem as seqüências típicas de utilização, determinando as ações, entradas e saídas do caso de uso. Assim, uma vez determinado o conjunto de cenários de um caso de uso, está se determinando todos os possíveis caminhos dentro do seu fluxo de ações.

O fluxo de ações de um caso de uso é sempre constituído por um fluxo básico e pode apresentar um ou mais fluxos alternativos [Coc01]. O fluxo básico de um caso de uso consiste em um cenário, chamado de *happy-day scenario*, que representa uma seqüência típica completa de utilização do caso de uso, ou seja, uma seqüência de passos, do começo ao fim do caso de uso, que ocorre naturalmente com maior freqüência. Cada passo dessa seqüência corresponde a uma ação do ator e uma resposta do sistema a esta ação. Já os fluxos alternativos consideram variações de comportamento e os casos excepcionais de defeito, indicando cenários diferentes do usual.

A seguir, o caso de uso **Efetuar Pedido** da Figura 2.1 é apresentado, utilizando-se o formato simplificado de especificação textual de casos de uso proposto por Cockburn

[Coc01]. A especificação textual desse caso de uso é apresentada com o objetivo de exemplificar a definição de cenários, bem como as definições dos relacionamentos de comunicação, de inclusão e de extensão. As Tabelas 2.1 e 2.2 apresentam a especificação textual do caso de uso **Efetuar Pedido** e o seu conjunto de cenários, respectivamente.

Tabela 2.1 – Especificação textual simplificada do caso de uso **Efetuar Pedido** (continua na próxima página)

<b>Nome do Caso de Uso</b>	<b>Efetuar Pedido</b>
<b>Nro. de Identificação</b>	1
<b>Atores</b>	Cliente (ator iniciante)
<b>Evento Iniciante</b>	Cliente solicita efetuar um pedido
<b>Inclusões</b>	Caso de uso <b>Validar Usuário</b>
<b>Extensões</b>	Caso de uso <b>Efetuar Pedido Urgente</b>
<b>Descrição</b>	O cliente solicita efetuar um pedido para a geração ou reposição de seu estoque. O sistema primeiramente valida esse usuário (caso de uso <b>Validar Usuário</b> ). Se o usuário for identificado pelo sistema, este fornece os dados do pedido a ser realizado. Caso esse pedido precise ser processado urgentemente, o sistema interrompe o processamento do pedido anterior e insere o pedido atual como o primeiro elemento da fila de pedidos a serem processados (extensão <b>estabelecer prioridade</b> ). O pedido atual é processado
<b>Fluxo Básico</b>	
<b>Passo 1</b>	inclusão ( <b>Validar Usuário</b> )
<b>Passo 2</b>	Usuário é identificado - obter os itens do pedido do cliente
<b>Passo 3</b>	Pedido atual do cliente não tem urgência de processamento - extensão ( <b>estabelecer prioridade</b> ) não ocorre
<b>Passo 4</b>	processar o pedido no prazo de manufatura estabelecido  <b>caso de uso encerrado</b>

Tabela 2.1 – Especificação textual simplificada do caso de uso **Efetuar Pedido** (continuação)

<b>Fluxos Alternativos</b>	
<b>Fluxo Alternativo 1</b>	<p>No <b>Passo 3 do Fluxo Básico</b>, o pedido atual do cliente tem urgência de processamento</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- extensão (<b>estabelecer prioridade</b>)</li> </ul> <p><b>Voltar ao Passo 4 do Fluxo Básico</b></p>
<b>Fluxo Alternativo 2</b>	<p>No <b>Passo 2 do Fluxo Básico</b>, o usuário não é identificado</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sistema não aceita o usuário. Nenhum pedido é efetuado.</li> <li>- sistema mostra ao usuário uma mensagem de usuário não autorizado a utilizar o serviço</li> </ul> <p><b>caso de uso encerrado</b></p>

Tabela 2.2 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso **1** (caso de uso **Efetuar Pedido**)

<b>Cenário 1A</b> – Pedido sem prioridade de processamento	Fluxo Básico	
<b>Cenário 1B</b> – Pedido com prioridade de processamento	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 1
<b>Cenário 1C</b> – Usuário não identificado	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 2

## 2.6. Técnicas de Teste para Casos de Uso

Os casos de uso constituem uma fonte valiosa para a atividade de teste, uma vez que seu diagrama é usado para modelar todos os demais aspectos de um sistema. A partir de um caso de uso, é possível derivar casos de teste sem que nenhum código tenha sido gerado anteriormente. A seguir, são descritos trabalhos anteriores que utilizam os casos de uso como fonte de informação para o desenvolvimento de casos de teste.

### 2.6.1. Abordagem de Heumann

Heumann [Heu01] propõe uma técnica para derivar casos de teste a partir dos cenários de um caso de uso. No contexto dessa técnica, um caso de teste consiste em um

*conjunto de dados* e os *resultados esperados* da simulação do comportamento do caso de uso para esses dados.

Segundo Heumann [Heu01], o *conjunto de dados* pertencente a um caso de teste pode ser constituído por dados de entrada e/ou por dados armazenados em bancos de dados. Um outro tipo de dado identificado nesse conjunto consiste nos dados gerados por outros casos de uso como respostas/resultados de suas funcionalidades. Em um relacionamento de inclusão, por exemplo, o resultado da execução do caso de uso incluído é utilizado pelo caso de uso base. Conseqüentemente, esse dado-resultado deve pertencer ao conjunto de dados de um caso de teste para o caso de uso base.

O *resultado esperado* é formulado para satisfazer um determinado objetivo, como o de exercitar um determinado caminho do fluxo de ações de um caso de uso, ou seja, exercitar um determinado cenário do caso de uso. Considerando esse objetivo, o conjunto de dados de um caso de teste deve incluir algum valor responsável por selecionar um fluxo específico de execução dentro do caso de uso.

Em resumo, Heumann [Heu01] propõe que sejam associados um ou mais casos de teste a cada cenário de utilização de um caso de uso. A derivação de mais de um caso de teste para cada cenário deve-se à possibilidade de se testar condições limites e à existência de casos de teste *negativos*, ou seja, de casos de teste que não permitem que o cenário considerado seja executado.

O primeiro passo para a derivação de casos de teste consiste em identificar o conjunto de cenários de um caso de uso. Para todo caso de uso existe um cenário principal (*happy day scenario*) definido pelo fluxo de ações básico e podem existir outros cenários derivados a partir dos fluxos alternativos existentes. Esses últimos cenários, chamados de cenários alternativos, são identificados percorrendo-se caminhos dentro do fluxo de ações do caso de uso de modo a atravessar o fluxo básico e um ou mais fluxos alternativos, do começo ao fim do caso de uso.

O conjunto de cenários derivados para um caso de uso a partir de seu fluxo de ações deve ser listado em uma tabela, chamada de *Tabela de Cenários*. A Tabela 2.2, na seção anterior, apresenta a Tabela de Cenários para o caso de uso **Efetuar Pedido** (Figura 2.1).

Uma vez identificado o conjunto de cenários para um caso de uso, deve-se identificar a condição específica que faz com que cada cenário seja executado. Uma condição é constituída por um conjunto de dados que permite a execução de um respectivo cenário. Esses dados encontram-se especificados no fluxo de ações do caso de uso. Assim, para o **cenário 1A** do caso de uso **Efetuar Pedido**, por exemplo, a condição específica que faz com que esse cenário seja executado é composta pelo seguinte conjunto de dados: *usuário identificado e pedido sem prioridade de processamento*. Para o **cenário 1B**, a condição específica é constituída pelo conjunto de dados: *usuário identificado e pedido com prioridade de processamento* e para o **cenário 1C**, a condição é composta por um único dado: *usuário não identificado*.

Deve-se procurar gerar pelo menos um caso de teste positivo para cada cenário, ou seja, identificar uma condição específica (conjunto de dados) para cada cenário que faça com que este seja executado.

É importante ressaltar que pode-se obter mais de um caso de teste para um mesmo cenário, uma vez que os casos de teste gerados para exercitar outros cenários do caso de uso são considerados casos de teste negativos para o cenário considerado. Além disso, entre o conjunto de dados que faz com que um cenário seja executado podem existir dados que apresentem valores limites, como o dado *saldo não negativo*, que pode ser decomposto em: *saldo = 0* e *saldo > 0*.

O conjunto de casos de teste desenvolvido para um determinado caso de uso deve ser listado em uma tabela, chamada de *Tabela de Casos de Teste*. A Tabela 2.3 apresenta a Tabela de Casos de Teste para o caso de uso **Efetuar Pedido**. Nessa tabela, cada linha representa um caso de teste, ao qual estão associados um número identificador, o cenário a ser executado, o conjunto de dados que participa do caso de teste e o resultado esperado.

Na primeira coluna da Tabela 2.3, o número que identifica um caso de teste é apresentado no formato **CT x1-x2**, sendo que “**CT**” consiste em uma abreviação usada para Caso de Teste, “**x1**” indica o número que representa o caso de uso analisado e “**x2**” indica o número do caso de teste desenvolvido. Nas colunas que apresentam o conjunto de dados que participa de um caso de teste, um “**V**” indica que o dado da condição deve ser *válido*, enquanto um “**I**” indica que o dado da condição deve ser *inválido*. Um “**n/a**” indica que o dado não é aplicável ao caso de teste.

Tabela 2.3 – Tabela de casos de teste para o caso de uso **1** (caso de uso **Efetuar Pedido**)

<b>Caso de Teste</b>	<b>Cenários</b>	<b>Usuário identificado</b>	<b>Pedido com prioridade de processamento</b>	<b>Resultado Esperado</b>
CT 1-1	<b>1A</b> – Pedido sem prioridade de processamento	V	I	Pedido realizado
CT 1-2	<b>1B</b> – Pedido com prioridade de processamento	V	V	Pedido realizado
CT 1-3	<b>1C</b> – Usuário não identificado	I	n/a	Pedido não realizado. Mensagem de usuário não autorizado a utilizar o sistema

Uma vez projetados os casos de teste, valores de dados reais podem ser adicionados a eles. Na Tabela 2.4, são apresentados os *Casos de Teste com Valores* para o caso de uso **Efetuar Pedido**.

Tabela 2.4 – Tabela de casos de teste com valores para o caso de uso 1 (caso de uso **Efetuar Pedido**)

Caso de Teste	Cenários	Usuário identificado	Pedido com prioridade de processamento	Resultado Esperado
CT 1-1	1A – Pedido sem prioridade de processamento	jheumann	Não	Pedido realizado
CT 1-2	1B – Pedido com prioridade de processamento	jheumann	Sim	Pedido realizado
CT 1-3	1C – Usuário não identificado	jkruger	n/a	Pedido não realizado. Mensagem de usuário não autorizado a utilizar o sistema

### 2.6.2. Abordagem de Beckman e Gupta

Beckman e Gupta [Bec02] também descrevem um método para derivar casos de teste a partir de casos de uso. Consideram que um caso de uso pode ser representado em três diferentes níveis de abstração: nível de *Conceito do Produto*, nível *Meta* e nível *Goal*.

O nível *Conceito do Produto* consiste no nível mais alto de abstração. Esse nível apresenta uma visão concisa do sistema de forma que qualquer pessoa, um executivo, um gerente, um testador ou um cliente, pode entender rapidamente qual o resultado que o sistema deve produzir, quem interage com este e como o resultado é entregue aos que interagem com o sistema. Um caso de uso *Conceito do Produto* consiste em uma breve descrição dos atores, objetivos e eventos do sistema.

Em um nível mais baixo de abstração, o caso de uso *Conceito do Produto* é analisado para produzir os chamados casos de uso *Meta*. Um caso de uso *Meta* retrata as preocupações referentes à instalação, ao uso, ao serviço e ao suporte do sistema. Assim, esse caso de uso oferece uma visão mais detalhada do caso de uso *Conceito do Produto*.

No entanto, a visão *Meta* ainda não apresenta detalhes suficientes para a derivação de casos de teste. Conseqüentemente, um caso de uso *Meta* é decomposto em um caso de uso *Goal* em busca de uma visão menos abstrata. Os casos de uso *Goal* apresentam um nível de detalhamento capaz de descrever como um ator interage com o sistema para alcançar objetivos específicos, ou seja, resultados significativos para o ator.

Uma vez que os casos de uso *Conceito do Produto*, os casos de uso *Meta* e os casos de uso *Goal* tiverem sido definidos e aprovados pelo cliente, pode-se dar início ao processo de derivação de casos de teste.

Beckman e Gupta [Bec02] afirmam que os casos de teste principais de um sistema encontram-se resumidos nos casos de uso *Meta* e detalhados nos casos de uso *Goal*. Assim como na abordagem de Heumann [Heu01], são gerados casos de teste para o cenário principal de um caso de uso e para as suas variações de comportamento (fluxos alternativos do caso de uso). No entanto, Beckman e Gupta [Bec02] não identificam claramente os cenários de um caso de uso e nem apresentam diretrizes para isso. Apesar dessa característica, a abordagem apresenta o diferencial de associar pré-condições a um caso de teste, que devem ser satisfeitas antes que este seja executado.

A seguir, a Tabela 2.5 apresenta como exemplo um caso de uso *Goal*. Os casos de teste gerados para esse caso de uso são apresentados na Tabela 2.6.

Tabela 2.5 – Descrição textual do caso de uso *Goal: Login*

<b>Título</b>	<i>Login</i>
<b>Descrição</b>	Ator entra no sistema
<b>Atores</b>	Funcionário, Instrutor
<b>Pré-condição</b>	O ator tem acesso a um navegador, foi registrado e forneceu um nome identificador ( <i>ID</i> ) e uma senha
<b>Evento Iniciante</b>	Funcionário ou Instrutor deseja entrar no sistema
<b>Seqüência Normal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ator encontra a página <i>web</i></li> <li>2. Ator entra com o seu nome identificador (<i>ID</i>)</li> <li>3. Ator entra com a senha</li> </ol>
<b>Pós-condição</b>	Ator acessando o sistema com sucesso
<b>Extensões</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3.1. Cadastrar-se em um curso</li> <li>3.2. Alterar cadastro</li> <li>3.3. Verificar situação do cadastro</li> <li>3.4. Sair do sistema</li> </ol>
<b>Variações</b>	<p>Se ator entrar com um nome identificador (<i>ID</i>) inválido, então resultado de “<i>Login incorreto</i>”</p> <p>Se ator entrar com senha inválida, então resultado de “<i>Login incorreto</i>”</p>

Tabela 2.6 – Casos de teste para o caso de uso *Goal: Login*

<b>Procedimento de Teste</b>	<b>Ação</b>	<b>Entrada</b>	<b>Saída</b>
Teste positivo	Entrar no sistema como um Funcionário	<i>ID</i> válido Senha válida	Lista do conteúdo do curso exibida
	Entrar no sistema como um Instrutor	<i>ID</i> válido Senha válida	Lista dos cursos ministrados exibida
Teste negativo	Entrar no sistema como um Funcionário	<i>ID</i> inválido Senha válida	Mensagem de defeito
	Entrar no sistema como um Funcionário	<i>ID</i> válido Senha inválida	Mensagem de defeito

### 2.6.3. Abordagem de Colanzi

Colanzi [Col99] propõe um processo de desenvolvimento de software orientado a objetos, chamado de ProDeS/UML, que utiliza a notação da *Unified Modeling Language* (UML). Esse processo introduz uma abordagem de teste que fornece diretrizes para a geração de modelos de teste ao longo do desenvolvimento de software.

Para cada fase do desenvolvimento de software, essa abordagem de teste propõe a geração de dois modelos: o *modelo de teste*, que inclui os requisitos de teste extraídos dos modelos de especificação do software referentes à fase considerada, e o *modelo de avaliação de teste*, que engloba atividades de garantia de qualidade da atividade de teste.

Na fase de Engenharia de Requisitos, os requisitos funcionais do sistema são capturados no diagrama de casos de uso, sendo que cada caso de uso deve ser acompanhado por especificações textuais que o descreva. O modelo de teste para essa fase, chamado de *modelo de teste dos requisitos*, é gerado a partir do diagrama de casos de uso desenvolvido.

Considerando o diagrama de casos de uso como fonte de informação, Colanzi [Col99] propõe a aplicação, preferencialmente em conjunto, dos critérios de teste funcionais: Grafo de Causa-Efeito, Análise do Valor Limite e Particionamento em Classes de Equivalência [Mye79]. A aplicação de critérios da técnica *funcional* no diagrama de casos de uso é justificada pelo fato de esses critérios testarem a funcionalidade do sistema independentemente de uma particular implementação.

Para aplicar os critérios Particionamento em Classes de Equivalência e Análise do Valor Limite sugere-se que as condições de entrada de dados das especificações dos casos de uso sejam analisadas para definir as classes de equivalência do sistema. Em seguida, para cada classe de equivalência identificada devem ser gerados casos de teste que estejam nos limites da classe. Assim, o Modelo de Teste dos Requisitos é constituído por duas tabelas: uma tabela que contém as classes de equivalência identificadas para cada caso de uso e outra que contém os casos de teste referentes a essas classes de equivalência.

A fim de ilustrar a aplicação do critério Particionamento em Classes de Equivalência foi utilizado o caso de uso **Inserção de Item Bibliográfico** do *Sistema de Apoio à Escrita* (SAPES), um sistema responsável por gerenciar as informações relativas às publicações de um pesquisador. Na especificação do caso de uso **Inserção de Item Bibliográfico** existem várias alternativas de inserção:

- 1) Inserção de um item bibliográfico não existente (inserção realizada);
- 2) Inserção de um item bibliográfico já existente (inserção não realizada);
- 3) Inserção de um item bibliográfico que possua algum item de informação incompleto. Nesse caso, o pesquisador pode optar por:

- inserir o item bibliográfico incompleto, mas com atributos autor e título fornecidos (inserção realizada);
- inserir o item bibliográfico incompleto, com atributos autor e/ou título não fornecidos (inserção não realizada);
- completar os itens de informação que estiverem incompletos (inserção realizada);
- cancelar a inserção do item (inserção não realizada).

A seguir, as Tabelas 2.7 e 2.8 apresentam o *Modelo de Teste dos Requisitos* para o caso de uso **Inserção de Item Bibliográfico**.

Tabela 2.7 – Tabela de classes de equivalência

Caso de Uso: <b>Inserção de Item Bibliográfico</b>		
<b>Restrições de Entrada</b>	<b>Classes Válidas</b>	<b>Classes Inválidas</b>
Existência do Item Bibliográfico	Não existente (1)	Existente (2)
Compleitude do Item Bibliográfico	Completo (3) Incompleto, mas com atributos autor e título fornecidos (4)	Incompleto, com atributos autor e/ou título não fornecidos (5)

Tabela 2.8 – Tabela de casos de teste

Caso de Uso: <b>Inserção de Item Bibliográfico</b>			
<b>Caso de Teste</b>	<b>Entrada</b>	<b>Saída Esperada</b>	<b>Classe de Equivalência</b>
1	Item não existente completo	Mensagem("Item Bibliográfico inserido com sucesso")	1, 3
2	Item não existente incompleto	Mensagem("Item Bibliográfico incompleto. Deseja (1) completá-lo, (2) inseri-lo incompletamente ou (3) cancelar a inserção?")	1, 4
3	Item existente incompleto	Mensagem("Item Bibliográfico já existe")	2
4	Item com atributo autor não fornecido	Mensagem("Item Bibliográfico incompleto. Deseja (1) completá-lo ou (2) cancelar a inserção?")	5

Concluída a geração do Modelo de Teste dos Requisitos, deve-se realizar as atividades sugeridas pelo *Modelo de Avaliação do Teste*, que consistem em analisar a consistência entre o Modelo de Teste dos Requisitos e o modelo usado como fonte de informação para a sua geração.

Para o exemplo das Tabelas 2.7 e 2.8, o primeiro passo consiste em revisar os testes gerados pelo critério Particionamento em Classes de Equivalência. Para isso deve-se verificar se foi gerado um caso de teste para cada classe de equivalência inválida e ao menos um caso de teste que cubra todas as classes de equivalência válidas. O segundo passo consiste em avaliar a massa de teste gerada, verificando-se primeiramente se foram gerados testes para todos os casos de uso do sistema.

Uma outra forma de se avaliar a massa de teste gerada consiste em verificar se todos os cenários dos casos de usos foram executados pelo menos uma vez. Nesse ponto, a abordagem de teste proposta pode ser complementada pela abordagem de Heumann [Heu01], uma vez que Heumann apresenta diretrizes para se derivar os cenários de um caso de uso e identificar o conjunto de dados que faz com que cada cenário seja executado.

#### 2.6.4. Abordagem de Ryser e Glinz

Ryser e Glinz [Rys00] também utilizam os cenários de um caso de uso para auxiliar o desenvolvimento de casos de teste de forma sistemática. No entanto, eles afirmam que a UML (*Unified Modeling Language*) não oferece suporte à descrição de cenários e dos relacionamentos existentes entre estes. Assim, eles apresentam um novo tipo de diagrama, chamado de *Diagrama de Dependências*, com uma notação capaz de modelar os relacionamentos existentes entre um conjunto de cenários.

Além disso, uma nova abordagem de derivação de casos de teste a partir de cenários, chamada de *Abordagem SCENT – SCENario-Based Validation and Test of Software*, é proposta. Essa abordagem formaliza um conjunto de cenários em diagramas de estados e deriva casos de teste percorrendo caminhos dentro desses diagramas e dos diagramas de dependências, que retratam os relacionamentos entre os cenários. Em resumo, a abordagem SCENT pode ser melhor definida pelos seguintes passos:

- Formaliza cenários, descritos em linguagem natural, em diagramas de estados a fim de evitar as características de uma linguagem natural, como a ambigüidade, a contradição, a omissão e a imprecisão;
- Complementa os diagramas de estados, se necessário, com pré e pós-condições, valores de dados (dados de entrada, resultados esperados, faixa de valores de dados) e requisitos não-funcionais, como requisitos de desempenho, a fim de torná-los completos para a derivação de casos de teste;
- Deriva casos de teste percorrendo os caminhos existentes nos diagramas de estado e nos diagramas de dependência, escolhendo uma estratégia de teste apropriada e documentando os casos de teste.

Nessa abordagem, a formalização de cenários em diagramas de estados consiste em transformar os cenários, descritos em uma linguagem natural estruturada, em uma representação de estados. No entanto, a abordagem SCENT não formaliza esse passo de

transformação, sugerindo apenas a adoção de algumas heurísticas. Detalhes sobre a abordagem SCENT em geral podem ser obtidos em [Rys99] e [Rys00].

Em resumo, a abordagem proposta por Ryser e Glinz [Rys00] para a geração de casos de teste por meio de cenários formalizados difere das abordagens citadas anteriormente pelo fato de eliminar os problemas inerentes às linguagens naturais, formalizando os cenários em diagramas de estados, e considerar as dependências existentes entre os cenários, gerando casos de teste que exercitem essas dependências.

No entanto, essa abordagem apresenta alguns pontos negativos, como um mapeamento não muito claro entre cenários e diagramas de estados. Além disso, a geração de um outro diagrama implica um custo adicional ao projeto e permite que características sejam acidentalmente omitidas pelo desenvolvedor.

## 2.7. Considerações Finais

Neste capítulo, foram apresentados alguns conceitos básicos sobre o diagrama de casos de uso da UML, incluindo os elementos que o constituem: os atores, os próprios casos de uso, e os relacionamentos existentes entre atores e casos de uso e entre casos de uso. Um exemplo de diagrama de casos de uso foi apresentado para ilustrar a notação UML empregada. Definiu-se e exemplificou-se o conceito de cenários para um caso de uso.

Como revisão bibliográfica, foram discutidas as técnicas de teste para casos de uso existentes na literatura. A abordagem de teste proposta por Heumann [Heu01], assim como a abordagem de Beckman e Gupta [Bec02], deriva casos de teste a partir dos cenários de um caso de uso.

Apesar de ambas as abordagens se beneficiarem da mesma fonte de informação para a geração de casos de teste, Beckman e Gupta propõem que os casos de uso sejam especificados em três diferentes níveis de abstração: nível de *Conceito do Produto*, nível *Meta* e nível *Goal*. A abordagem de Heumann, assim como todas as demais abordagens apresentadas, trabalha apenas com o nível de abstração correspondente ao nível *Goal* da abordagem de Beckman e Gupta. A especificação de um caso de uso nesse nível de abstração possui um detalhamento adequado para a derivação de casos de teste. Os demais níveis de abstração propostos por Beckman e Gupta mostram-se úteis apenas para conduzir o desenvolvimento dos casos de uso e dos casos de teste de forma progressiva.

A abordagem de Colanzi [Co199] não utiliza o conceito de cenários para a derivação de casos de teste. A derivação é realizada aplicando-se os critérios funcionais de Particionamento em Classes de Equivalência, Análise do Valor Limite e/ou Grafo de Causa-Efeito. Os cenários, apesar de não serem utilizados para a geração de casos de teste, são usados posteriormente para avaliar a qualidade da massa de teste gerada, verificando se cada cenário dos casos de uso é executado pelo menos uma vez.

A abordagem de Ryser e Glinz [Rys00], assim como as abordagens de Heumann e de Beckman e Gupta, também utiliza os cenários de um caso de uso para auxiliar o desenvolvimento de casos de teste. No entanto, eles afirmam que a UML não oferece suporte à descrição de cenários e dos relacionamentos existentes entre estes e apresentam um novo tipo de diagrama para cobrir essa deficiência. Esse novo diagrama, o *Diagrama de Dependências*, é utilizado dentro da Abordagem SCENT. Essa abordagem formaliza um conjunto de cenários em diagramas de estados e deriva casos de teste percorrendo caminhos dentro desses diagramas e dos diagramas de dependências, que retratam os relacionamentos entre os cenários.

Da análise e comparação entre as abordagens, verificou-se que existem abordagens variadas para a derivação de casos de teste a partir de casos de uso. No entanto, identificou-se uma ausência de diferentes formas de se avaliar uma massa de teste gerada.

A abordagem de Colanzi é a única abordagem que não utiliza os cenários dos casos de uso como fonte de informação para a geração de casos de teste e, com isso, podem utilizar os cenários para avaliar a massa de teste gerada. No entanto, a execução de todos os cenários consiste em uma medida de avaliação da massa de teste da mesma natureza da sua geração, ou seja, continua-se verificando as características funcionais da especificação.



## Capítulo 3 – Critérios de Teste Baseados em Casos de Uso

Neste capítulo, é apresentado um novo conjunto de critérios proposto para a derivação ou avaliação de casos de teste a partir do diagrama de casos de uso. No entanto, antes da apresentação desses critérios, o diagrama de casos de uso do sistema de controle do serviço de telefonia do celular Baby da Telesp é apresentado para ser utilizado como fonte de informação para exemplificar a aplicação do conjunto de critérios proposto.

### 3.1. Motivação

Considerando que as abordagens de teste baseadas em casos de uso existentes (Capítulo 2) levam em consideração as características funcionais dos casos de uso, o novo conjunto de critérios proposto permite a derivação/avaliação de casos de teste a partir da *estrutura* definida pelos casos de uso e seus relacionamentos. Esse novo conjunto de critérios pode ser aplicado tanto para gerar dados de teste, com o objetivo de fazer com que certos elementos da estrutura do diagrama de casos de uso sejam exercitados, como para avaliar uma massa de teste a fim de verificar a cobertura do diagrama.

Os elementos estruturais do diagrama de casos de uso foram descritos na Seção 2.4. Entre os elementos estruturais existentes, foram considerados três tipos de relacionamentos a serem exercitados: os relacionamentos de *comunicação*, existentes entre atores e casos de uso; e os relacionamentos de *inclusão* e de *extensão*, existentes entre casos de uso.

Com a aplicação do novo conjunto de critérios, pretende-se derivar dados de teste que exercitem todas as comunicações, inclusões e extensões presentes no diagrama pelo menos uma vez durante o teste de requisitos. Com isso, é possível obter um nível de cobertura de teste para os elementos estruturais do diagrama.

Assim, esses critérios estabelecem *o que* testar em um diagrama de casos de uso e quando dar por concluído o teste, uma vez que podem ser usados como critério de parada para a atividade de teste, permitindo que ela seja quantificada.

Antes da apresentação do conjunto de critérios proposto, é apresentado o diagrama de casos de uso de um sistema exemplo de controle de telefonia celular pré-paga. A apresentação desse diagrama tem como objetivo permitir exemplificar a aplicação de cada critério.

## 3.2. Exemplo de Diagrama de Casos de Uso: Sistema de Controle de Telefonia Celular Pré-Paga

Na Figura 3.1 é apresentado o diagrama de casos de uso derivado a partir da descrição textual do sistema de controle do celular pré-pago Baby da Telesp. Essa descrição, apresentada no Apêndice D, é uma adaptação do *Manual do Cliente e Termo de Compromisso do Celular Pré-Pago Baby da Telesp* [ManualTelespCelular].

Esse diagrama de casos de uso foi desenvolvido por profissionais da Embrapa Informática Agropecuária como parte do curso intitulado “Modelagem de Requisitos Usando Casos de Uso” [Cha02].

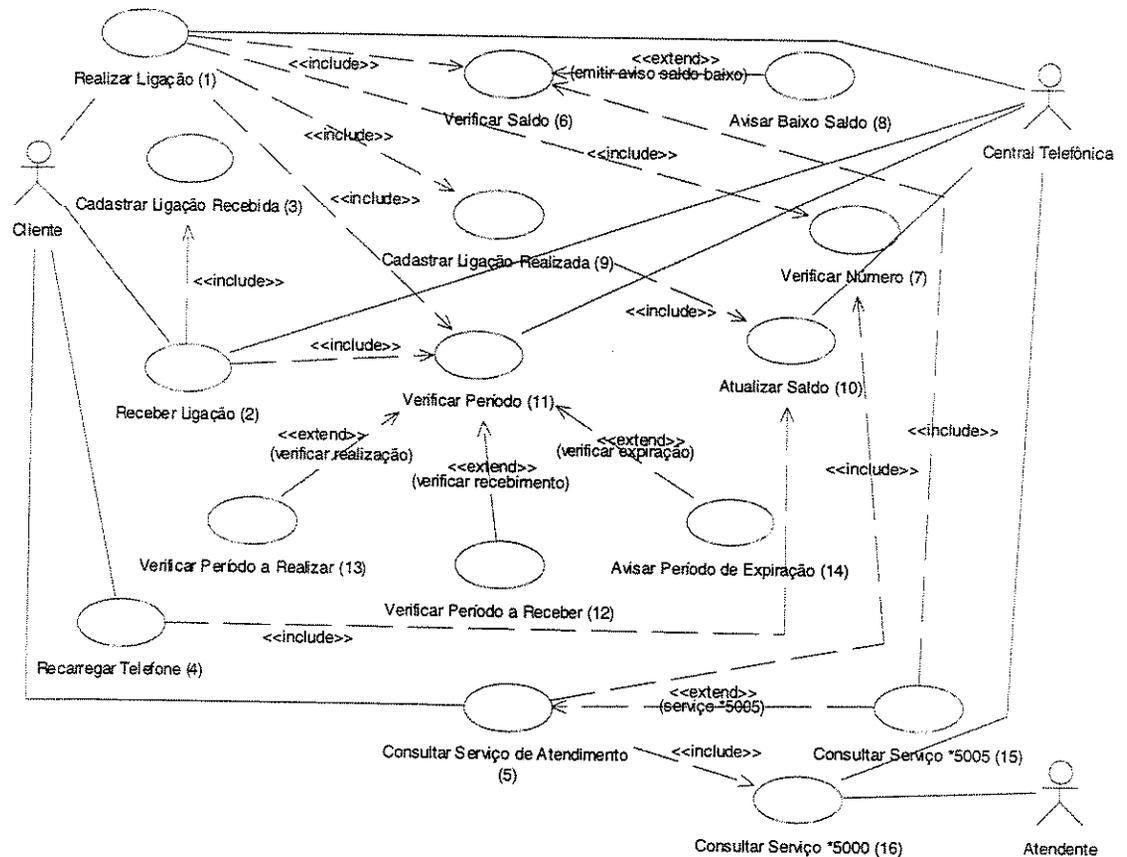


Figura 3.1 – Diagrama de casos de uso do sistema de controle do celular Baby da Telesp

### 3.3. Conceitos Básicos

A seguir, conceitos são estabelecidos para o melhor entendimento dos critérios propostos.

**Conceito 1 – Exercício de um caso de uso**

Um caso de uso *A* é dito *exercitado* quando um certo ator ou um outro caso de uso requisitar o comportamento de *A*, ou de apenas parte deste, e *A* produzir o(s) resultado(s) desse comportamento.

**Conceito 2 – Exercício de um relacionamento de comunicação**

Um relacionamento de comunicação é dito *exercitado* quando, para um ator e um caso de uso que participam do relacionamento, o ator requisitar o comportamento do caso de uso.

**Conceito 3 – Exercício de um relacionamento de inclusão ou extensão**

Um relacionamento de inclusão (extensão) é dito *exercitado* quando, para dois casos de uso *A* e *B* que participam do relacionamento, o caso de uso *A* incluir (estender) o comportamento do caso de uso *B*.

**Conceito 4 – Caso de uso incluído**

Um caso de uso *A* é dito *incluído* quando um caso de uso *B* incluir o comportamento de *A* por meio de um relacionamento de inclusão.

**Conceito 5 – Caso de uso inclusor**

Um caso de uso *B* é dito *inclusor* quando *B* incluir o comportamento de um caso de uso *A*, por meio de um relacionamento de inclusão.

**Conceito 6 – Caso de uso estendido**

Um caso de uso *A* é dito *estendido* quando um caso de uso *B* estender o comportamento de *A* por meio de um relacionamento de extensão.

**Conceito 7 – Caso de uso extensor**

Um caso de uso *B* é dito *extensor* quando *B* estender o comportamento de um caso de uso *A* por meio de um relacionamento de extensão.

São apresentadas a seguir as notações gráficas utilizadas para ilustrar a aplicação do conjunto de critérios proposto.

### 3.4. Notações Gráficas

As notações gráficas apresentadas a seguir foram definidas para representar graficamente os relacionamentos de um diagrama de casos de uso como requisitos de teste. É importante ressaltar que essas notações não pertencem à norma UML e também não constituem uma extensão a essa norma.

#### *Notação referente ao Relacionamento de Comunicação*

O relacionamento de comunicação é representado graficamente por meio de uma linha reta entre um ator e um caso de uso [UML Notation Guide v. 1.4]. Quando um relacionamento de comunicação consistir em um requisito de teste de um determinado critério, a reta que representa este relacionamento deve estar realçada. Esse requisito de teste consiste em exigir que um caso de uso seja exercitado por meio do ator ligado à reta realçada.

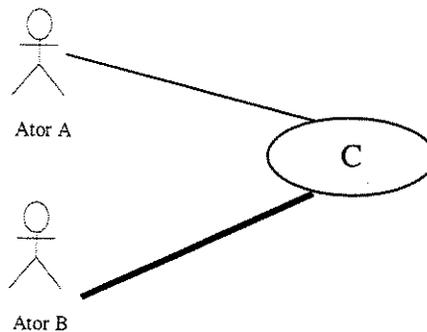


Figura 3.2 – Notação referente ao relacionamento de comunicação

#### *Notação referente ao Relacionamento de Inclusão*

O relacionamento de inclusão é representado graficamente por meio de uma seta entre dois casos de uso rotulada com o estereótipo <<include>> [UML Notation Guide v. 1.4]. Quando um relacionamento de inclusão consistir em um requisito de teste de um determinado critério, a seta que representa este relacionamento deve estar realçada. Esse requisito de teste consiste em exigir que para dois casos de uso ligados por uma seta realçada, um caso de uso inclua o comportamento do outro por meio do relacionamento realçado.

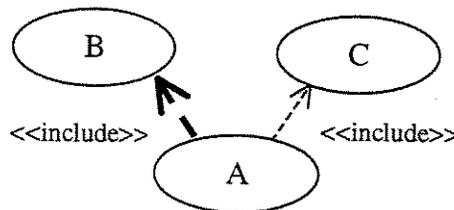


Figura 3.3 – Notação referente ao relacionamento de inclusão

### Notação referente ao Relacionamento de Extensão

O relacionamento de extensão é representado graficamente por meio de uma seta entre dois casos de uso rotulada com o estereótipo <<extend>> [UML Notation Guide v. 1.4]. Quando um relacionamento de extensão consistir em um requisito de teste de um determinado critério, a seta que representa este relacionamento deve estar realçada. Esse requisito de teste consiste em exigir que para dois casos de uso ligados por uma seta realçada, um caso de uso estenda o comportamento do outro por meio do relacionamento realçado.

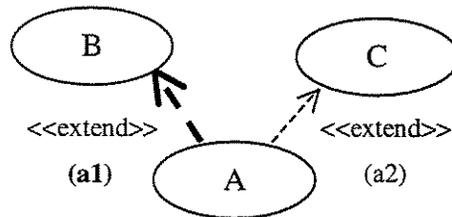


Figura 3.4 – Notação referente ao relacionamento de extensão

## 3.5. Critérios de Teste Baseados na Estrutura do Diagrama de Casos de Uso

Os critérios apresentados a seguir estão organizados em cinco grupos. O primeiro grupo, chamado de Critério de Teste Baseado no Relacionamento de Comunicação, inclui um único critério que é aplicado aos casos de uso de um diagrama que são iniciados diretamente por um ator.

Três outros grupos de critérios são aplicados aos casos de uso de um diagrama que mantêm relacionamentos com outros casos de uso. O segundo grupo, chamado de Critérios de Teste Baseados no Relacionamento de Inclusão, é aplicado aos casos de uso de um diagrama que mantêm relacionamentos de *inclusão* entre si. O terceiro e o quarto grupos, chamados de Critérios de Teste Baseados no Relacionamento de Extensão e Critérios de Teste Baseados em Combinações de Extensões, são aplicados aos casos de uso que mantêm relacionamentos de *extensão*.

O último grupo, chamado de Critério de Teste Baseado nos Três Tipos de Relacionamentos, contém um único critério, que é aplicado aos casos de uso de um diagrama que mantêm relacionamentos de comunicação, de inclusão e/ou de extensão.

A seguir, são apresentados os critérios propostos, em cujas definições considera-se um conjunto de dados de teste  $T$  aplicado a um diagrama de casos de uso  $D$ .

Após a definição de cada critério, um exemplo de aplicação é apresentado. Esse exemplo de aplicação utiliza o diagrama de casos de uso do Sistema Exemplo da Telesp Celular apresentado na Figura 3.1. Tendo como fonte de informação esse diagrama, são

obtidos os requisitos de teste correspondentes a cada critério. Os casos de uso são referenciados por meio dos números entre parênteses que se encontram especificados ao lado dos nomes dos casos de uso.

### 3.5.1. Critério de Teste Baseado no Relacionamento de Comunicação

**Definição 1 – Critério todas-as-comunicações (c1)**

Um conjunto de dados de teste  $T$  satisfaz o critério *todas-as-comunicações* se cada relacionamento de comunicação que inicia um caso de uso de  $D$  tiver sido exercitado pelo menos uma vez.

Um relacionamento de comunicação pode indicar que um ator inicia um caso de uso ou simplesmente interage com este. O Guia de Notação da UML [UML Notation Guide v.1.4] não apresenta notações gráficas distintas para tratar essas duas situações. Assim, analisando-se somente o diagrama não é possível identificar se um relacionamento de comunicação inicia um caso de uso ou apenas participa deste.

A semântica de um relacionamento de comunicação é obtida na especificação textual do cada caso de uso que participa do relacionamento. Portanto, para se aplicar o critério *todas-as-comunicações* é necessário consultar as especificações textuais dos casos de uso que mantêm relacionamentos de comunicação com mais de um ator a fim de definir qual ator inicia a execução do caso de uso.

A Figura 3.5 apresenta um diagrama de casos de uso geral, acrescido da notação gráfica definida na Seção 3.4, que permite ilustrar os requisitos de teste definidos pelo critério *todas-as-comunicações* para esse diagrama. A aplicação desse critério é importante em relação aos demais critérios a serem apresentados para assegurar que os casos de uso que não apresentam nenhum relacionamento de inclusão ou de extensão com outros casos de uso, como o caso de uso  $C$  da Figura 3.5, sejam exercitados durante a atividade de teste.

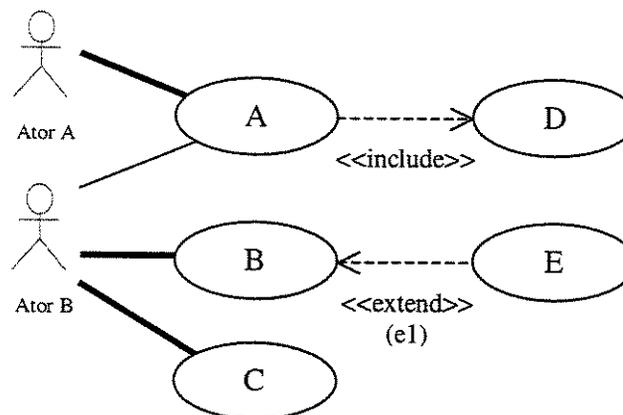


Figura 3.5 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério *todas-as-comunicações*

A Tabela 3.1 apresenta os resultados da aplicação do critério *todas-as-comunicações* (c1) no diagrama de casos de uso do sistema da Telesp Celular. Essa tabela indica os casos de uso de um diagrama que devem ser exercitados por meio dos relacionamentos de comunicação existentes.

Tabela 3.1 – Requisitos de teste gerados pela aplicação do critério c1

Requisitos de Teste	
Exercício dos casos de uso	Relacionamentos de comunicação
1	Cliente-caso de uso 1
4	Cliente-caso de uso 4
5	Cliente-caso de uso 5
2	Central-caso de uso 2
11	Central-caso de uso 11

A primeira linha da Tabela 3.1, por exemplo, indica que o caso de uso 1 deve ser exercitado por meio do relacionamento de comunicação *Cliente-caso de uso 1*. Em outras palavras, o ator Cliente deve requisitar a execução do caso de uso 1.

### 3.5.2. Critérios de Teste Baseados no Relacionamento de Inclusão

Os critérios definidos a seguir utilizam os dois diagramas de casos de uso genéricos apresentados na Figura 3.6 abaixo para ilustrar as suas aplicações.

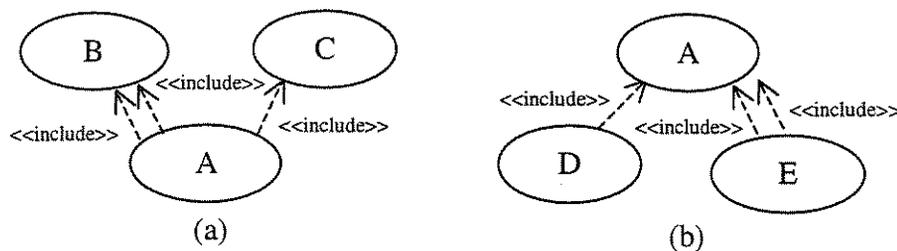


Figura 3.6 – Diagramas de Casos de Uso Genéricos

#### Definição 2 – Critério *todos-os-inclusores* (c2)

Um conjunto de dados de teste  $T$  satisfaz o critério *todos-os-inclusores* se cada caso de uso inclusor de  $D$  tiver exercitado pelo menos um caso de uso incluído.

A Figura 3.7 ilustra a aplicação do critério *todos-os-inclusores*, apresentando os requisitos de teste definidos por esse critério para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.6(a). A Figura 3.8 apresenta os requisitos de teste definidos para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.6(b). Em ambos os diagramas deve-se considerar que todos os relacionamentos são relacionamentos de *inclusão*.

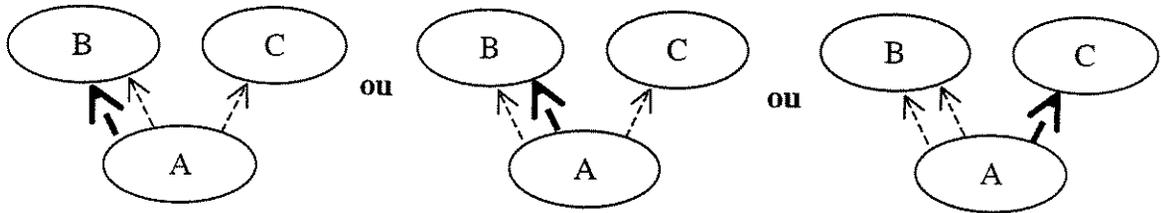


Figura 3.7 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério *todos-os-inclusores* para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.6(a)

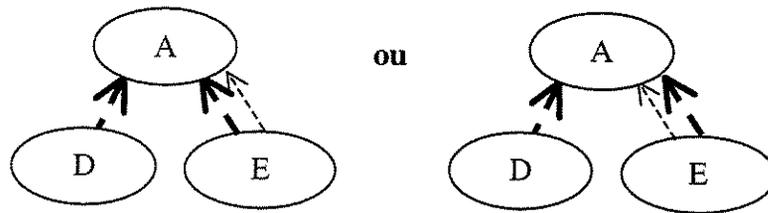


Figura 3.8 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério *todos-os-inclusores* para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.6(b),

A aplicação desse critério tem como objetivo assegurar que para cada caso de uso inclusor de um diagrama pelo menos um caso de uso incluído seja exercitado durante o teste. Isso implica no exercício de todos os casos de uso inclusores do diagrama.

A Tabela 3.2 apresenta os resultados da aplicação do critério *todos-os-inclusores* (c2) no diagrama de casos de uso do sistema da Telesp Celular. Essa tabela indica, para cada caso de uso inclusor, os casos de uso incluídos que devem ser exercitados por meio dos relacionamentos de inclusão existentes.

Tabela 3.2 – Requisitos de teste gerados pela aplicação do critério c2

Requisitos de Teste		
Casos de uso inclusores	Exercício dos casos de uso incluídos	Relacionamentos de inclusão
1	6 ou 7 ou 9 ou 11	1-6 ou 1-7 ou 1-9 ou 1-11
2	3 ou 11	2-3 ou 2-11
4	10	4-10
5	7 ou 16	5-7 ou 5-16
9	10	9-10
15	6	15-6

A primeira linha da Tabela 3.2, por exemplo, indica que para o caso de uso inclusor **1**, devem ser exercitados os casos de uso incluídos **6**, **7**, **9** ou **11** por meio dos relacionamentos de inclusão *1-6*, *1-7*, *1-9* ou *1-11*, respectivamente. Em outras palavras,

o caso de uso 1 inclui o comportamento dos casos de uso 6, 7, 9 e 11, mas basta que uma dessas inclusões seja exercitada.

**Definição 3 – Critério todos-os-incluídos (c3)**

Um conjunto de dados de teste  $T$  satisfaz o critério *todos-os-incluídos* se cada caso de uso incluído de  $D$  tiver sido exercitado pelo menos uma vez.

A Figura 3.9 ilustra a aplicação do critério *todos-os-incluídos*, apresentando os requisitos de teste definidos por esse critério para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.6(a). A Figura 3.10 apresenta os requisitos de teste definidos para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.6(b). Em ambos os diagramas deve-se considerar que todos os relacionamentos são relacionamentos de *inclusão*.

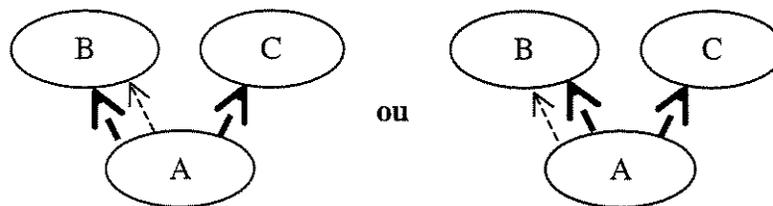


Figura 3.9 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério *todos-os-incluídos* para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.6(a)

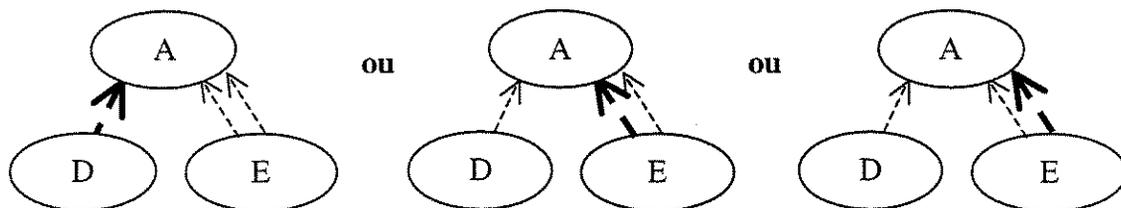


Figura 3.10 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério *todos-os-incluídos* para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.6(b)

A aplicação desse critério tem como objetivo assegurar que todos os casos de uso incluídos de um diagrama sejam exercitados durante o teste.

A Tabela 3.3 apresenta os resultados da aplicação do critério *todos-os-incluídos* (c3) no diagrama de casos de uso do sistema da Telesp Celular. Essa tabela indica os casos de uso incluídos que devem ser exercitados por meio dos relacionamentos de inclusão existentes.

Tabela 3.3 – Requisitos de teste gerados pela aplicação do critério **c3**

Requisitos de Teste	
Exercício dos casos de uso incluídos	Relacionamentos de inclusão
3	2-3
6	1-6 ou 15-6
7	1-7 ou 5-7
9	1-9
10	4-10 ou 9-10
11	1-11 ou 2-11
16	5-16

A primeira linha da Tabela 3.3, por exemplo, indica que deve ser exercitado o caso de uso incluído **3** por meio do relacionamento de inclusão 2-3.

**Definição 4 – Critério todas-as-inclusões (c4)**

Um conjunto de dados de teste  $T$  satisfaz o critério *todas-as-inclusões* se cada relacionamento de inclusão entre dois casos de uso de  $D$  tiver sido exercitado pelo menos uma vez.

Esse critério é importante para assegurar que, quando um caso de uso inclui o comportamento de um outro caso de uso em dois ou mais pontos distintos do seu fluxo de ações, todos os relacionamentos de inclusão sejam exercitados.

A Figura 3.11 ilustra a aplicação do critério *todas-as-inclusões*, apresentando os requisitos de teste definidos por esse critério para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.6(a). A Figura 3.12 apresenta os requisitos de teste definidos para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.6(b). Em ambos os diagramas deve-se considerar que todos os relacionamentos são relacionamentos de *inclusão*.

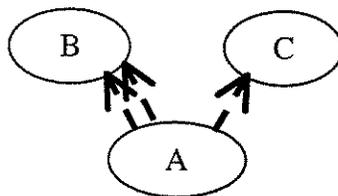


Figura 3.11 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério *todas-as-inclusões* para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.6(a)

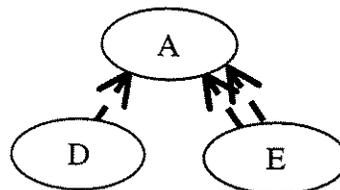


Figura 3.12 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério *todas-as-inclusões* para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.6(b)

A Tabela 3.4 apresenta os resultados da aplicação do critério *todas-as-inclusões* (c4) no diagrama de casos de uso do sistema da Telesp Celular, apresentado na Figura 3.1. Essa tabela indica todos os relacionamentos de inclusão que devem ser exercitados durante o teste.

Tabela 3.4 – Requisitos de teste gerados pela aplicação do critério c4

Requisitos de Teste
Exercício dos relacionamentos de inclusão
1-6
1-7
1-9
1-11
2-3
2-11
4-10
5-7
5-16
9-10
15-6

Do grupo de Critérios de Teste Baseados no Relacionamento de Inclusão, constituído pelos critérios *todos-os-inclusores* (c2), *todos-os-incluídos* (c3) e *todas-as-inclusões* (c4), o critério c4 é o critério mais relevante e provável de ser efetivamente aplicado. Isso deve-se ao fato de esse critério definir uma gama mais completa de requisitos de teste, exigindo uma cobertura mais abrangente dos relacionamentos de inclusão de um diagrama em relação aos demais critérios.

### 3.5.3. Critérios de Teste Baseados no Relacionamento de Extensão

Os critérios definidos a seguir utilizam os dois diagramas de casos de uso genéricos apresentados na Figura 3.13 abaixo para ilustrar as suas aplicações.

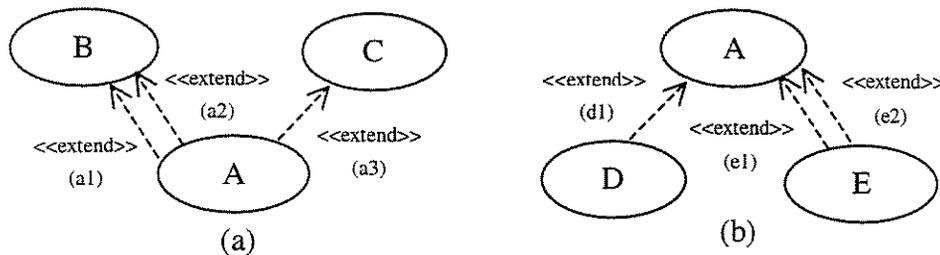


Figura 3.13 – Diagramas de Casos de Uso Genéricos

**Definição 5 – Critério todos-os-estendidos (c5)**

Um conjunto de dados de teste  $T$  satisfaz o critério *todos-os-estendidos* se, para cada caso de uso estendido de  $D$ , pelo menos um caso de uso extensor tiver sido exercitado.

A Figura 3.14 ilustra a aplicação do critério *todos-os-estendidos*, apresentando os requisitos de teste definidos por esse critério para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(a). A Figura 3.15 apresenta os requisitos de teste definidos para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(b). Em ambos os diagramas deve-se considerar que todos os relacionamentos são relacionamentos de *extensão*.

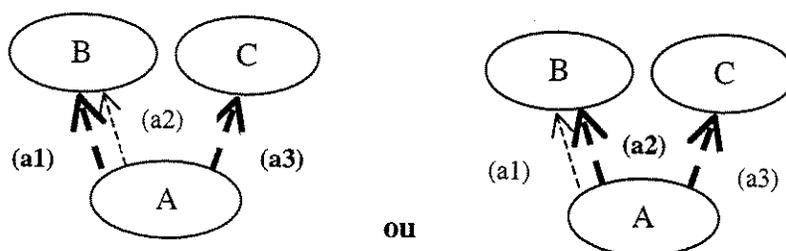


Figura 3.14 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério *todos-os-estendidos* para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(a)

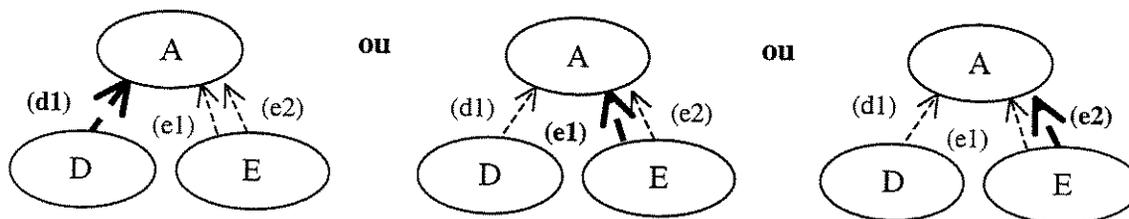


Figura 3.15 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério *todos-os-estendidos* para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(b)

A aplicação desse critério tem como objetivo assegurar que para todo caso de uso estendido de um diagrama pelo menos um caso de uso extensor seja exercitado durante o teste. Isso implica o exercício de todos os casos de uso estendidos do diagrama.

A Tabela 3.5 apresenta os resultados da aplicação do critério *todos-os-estendidos* (c5) no diagrama de casos de uso do sistema da Telesp Celular. Essa tabela indica, para cada caso de uso estendido, os casos de uso extensores que devem ser exercitados por meio dos relacionamentos de extensão existentes.

Tabela 3.5 – Requisitos de teste gerados pelo critério **c5**

Requisitos de teste		
Casos de uso estendidos	Exercício dos casos de uso extensores	Relacionamentos de extensão
5	15	15-5
6	8	8-6
11	12 ou 13 ou 14	12-11 ou 13-11 ou 14-11

A primeira linha da Tabela 3.5, por exemplo, indica que para o caso de uso estendido **5**, devem ser exercitados os casos de uso extensores **15** ou **16** por meio dos relacionamentos de extensão **15-5** ou **16-5**, respectivamente. Em outras palavras, o caso de uso **5** é estendido pelo comportamento dos casos de uso **15** e **16**, mas basta que uma dessas extensões seja exercitada.

**Definição 6 – Critério todos-os-extensores (c6)**

Um conjunto de dados de teste  $T$  satisfaz o critério *todos-os-extensores* se cada caso de uso extensor de  $D$  tiver sido exercitado pelo menos uma vez.

A Figura 3.16 ilustra a aplicação do critério *todos-os-extensores*, apresentando os requisitos de teste definidos por esse critério para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(a). A Figura 3.17 apresenta os requisitos de teste definidos para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(b). Em ambos os diagramas deve-se considerar que todos os relacionamentos são relacionamentos de *extensão*.

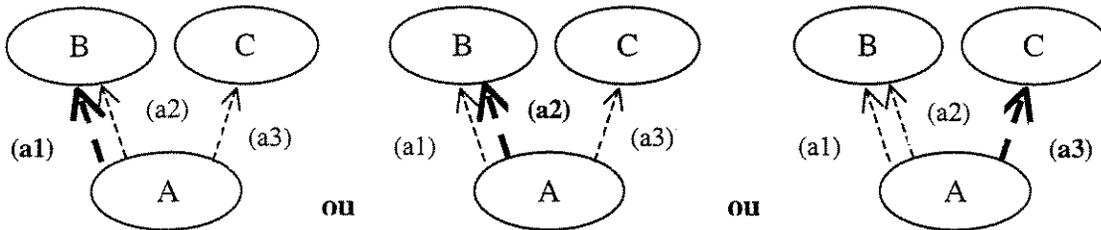


Figura 3.16 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério *todos-os-extensores* para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(a)

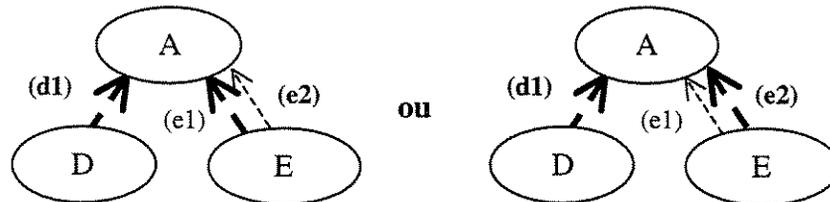


Figura 3.17 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério *todos-os-extensores* para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(b)

A aplicação desse critério tem como objetivo assegurar que todos os casos de uso extensores de um diagrama sejam exercitados durante o teste.

A Tabela 3.6 apresenta os resultados da aplicação do critério *todos-os-extensores* (c6) no diagrama de casos de uso do sistema da Telesp Celular. Essa tabela indica os casos de uso extensores que devem ser exercitados por meio dos relacionamentos de extensão existentes.

Tabela 3.6 – Requisitos de teste gerados pelo critério c6

Requisitos de Teste	
Exercício dos casos de uso extensores	Relacionamentos de extensão
8	8-6
12	12-11
13	13-11
14	14-11
15	15-5

A primeira linha da Tabela 3.6, por exemplo, indica que deve ser exercitado o caso de uso extensor 8 por meio do relacionamento de extensão 8-6.

**Definição 7 – Critério *todas-as-extensões* (c7)**

Um conjunto de dados de teste  $T$  satisfaz o critério *todas-as-extensões* se cada relacionamento de extensão entre dois casos de uso de  $D$  tiver sido exercitado pelo menos uma vez.

Esse critério é importante para assegurar que, quando um caso de uso for estendido por um outro caso de uso através de mais de um relacionamento de extensão, todos os relacionamentos de extensão sejam exercitados.

A Figura 3.18 ilustra a aplicação do critério *todas-as-extensões*, apresentando os requisitos de teste definidos por esse critério para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(a). A Figura 3.19 apresenta os requisitos de teste definidos para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(b). Em ambos os diagramas deve-se considerar que todos os relacionamentos são relacionamentos de *extensão*.

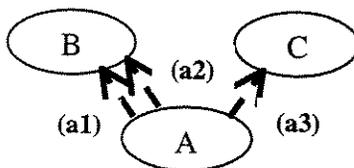


Figura 3.18 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério *todas-as-extensões* para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(a)

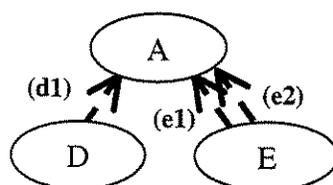


Figura 3.19 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério *todas-as-extensões* para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(b)

A Tabela 3.7 apresenta os resultados da aplicação do critério *todas-as-extensões* (c7) no diagrama de casos de uso do sistema da Telesp Celular. Essa tabela indica todos os relacionamentos de extensão que devem ser exercitados durante o teste.

Tabela 3.7 – Requisitos de teste gerados pelo critério c7

Requisitos de Teste
Exercício dos relacionamentos de extensão
8-6
12-11
13-11
14-11
15-5

Note-se que os requisitos de teste obtidos da aplicação do critério *todas-as-extensões* (c7) são equivalentes aos requisitos obtidos da aplicação do critério *todos-os-extensores* (c6). Isso ocorre porque o sistema sobre o qual os critérios foram aplicados não apresenta um caso de uso que estenda dois ou mais casos de uso, como mostra a Figura 3.18. Caso o sistema apresentasse um caso de uso com tal característica, o critério c7 exigiria que todas as extensões entre um caso de uso A e os casos de uso estendidos por A fossem exercitadas, enquanto o critério c6 exigiria que apenas uma dessas extensões fosse exercitada.

Entre o grupo de Critérios de Teste Baseados no Relacionamento de Extensão, constituído pelos critérios *todos-os-estendidos* (c5), *todos-os-extensores* (c6) e *todas-as-extensões* (c7), o critério c7 é o critério mais relevante e provável de ser efetivamente aplicado. Isso deve-se ao fato de esse critério definir uma gama mais completa de requisitos de teste, exigindo uma cobertura mais abrangente dos relacionamentos de extensão de um diagrama em relação aos demais critérios.

### 3.5.4. Critérios de Teste Baseados em Combinações de Extensões

Os critérios apresentados anteriormente para os relacionamentos de comunicação, de inclusão e de extensão requerem, cada um com suas particularidades, que casos de uso sejam exercitados por meio de determinados relacionamentos.

Diferindo desses critérios, os critérios baseados em combinações de extensões não requerem que os relacionamentos de extensão sejam somente exercitados, mas requerem que estes também deixem de ser exercitados. Isso permite que os requisitos de teste derivem dados de teste capazes de fazer com que a condição de um relacionamento de extensão seja satisfeita e não satisfeita, ou seja, o relacionamento de extensão seja exercitado e deixe de ser exercitado.

De modo geral, os critérios baseados em combinações de extensões exigem que todas as possíveis combinações de exercícios e não-exercícios de dois ou mais relacionamentos de extensão sejam exercitadas.

Para a apresentação desses critérios, faz-se necessária a definição de alguns *parâmetros* e a adoção de uma nova *notação gráfica* para representar o *não-exercício* de um relacionamento de extensão como requisito de teste. A seguir, são apresentados os parâmetros e a nova notação gráfica adotada.

#### Parâmetros das Extensões

**Parâmetro m** – representa a *quantidade de extensões* que têm como destino o caso de uso em análise e origem um *único* outro caso de uso.

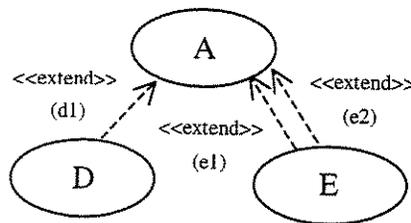


Figura 3.20 – Diagrama de casos de uso genérico 1

Tendo como referência o caso de uso A do diagrama da Figura 3.20:

- m = 1, para o par de casos de uso D e A;
- m = 2, para o par de casos de uso E e A.

**Parâmetro p** – representa a *quantidade de extensões* que têm como *destino* o caso de uso em análise.

Tendo como referência o caso de uso A do diagrama da Figura 3.20: p = 3, ou seja, existem três extensões para A.

**Parâmetro r** - representa a *quantidade de extensões* que têm como *origem* o caso de uso em análise.

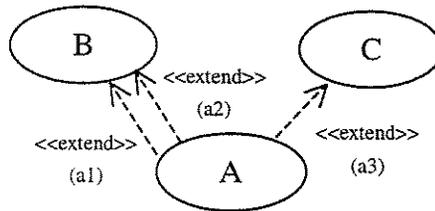


Figura 3.21 – Diagrama de casos de uso genérico 2

Tendo como referência o caso de uso A do diagrama da Figura 3.21:  $r = 3$ , ou seja, existem três extensões que partem de A estendendo um ou mais casos de uso.

### Notação Gráfica Adicional

Quando o requisito de teste de um determinado critério for o não-exercício de um relacionamento de extensão, a seta que representa esse relacionamento deve estar circulada. Esse requisito de teste consiste em exigir que para dois casos de uso ligados por uma seta circulada, um caso de uso *não* estenda o comportamento do outro por meio do relacionamento circulado. A Figura 3.22 abaixo apresenta o não-exercício de um relacionamento de extensão como requisito de teste.

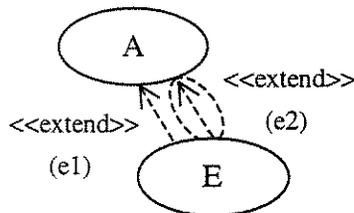


Figura 3.22 – Notação referente ao não-exercício de uma extensão

A seguir, são apresentadas as definições dos critérios de teste baseados em combinações de extensões. Após a definição de cada critério, são apresentados um exemplo genérico e um exemplo de aplicação, que utiliza o diagrama de casos de uso da Telesp Celular (Figura 3.1).

**Definição 8 – Critério todos-os-estendidos-pares (c8)**

Um conjunto de dados de teste  $T$  satisfaz o critério *todos-os-estendidos-pares* se, para cada caso de uso estendido de  $D$  por  $m$  relacionamentos de extensão ( $m \geq 2$ ), todas as combinações de exercícios e não-exercícios dessas extensões tiverem sido exercitadas.

A Figura 3.24 apresenta os requisitos de teste definidos por esse critério para o diagrama de casos de uso genérico apresentado na Figura 3.23, usando as notações gráficas definidas na Seção 3.4 e nesta seção.

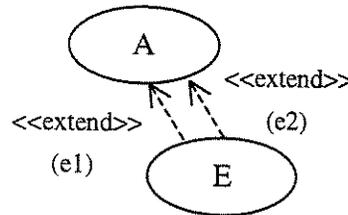


Figura 3.23 – Diagrama de casos de uso genérico

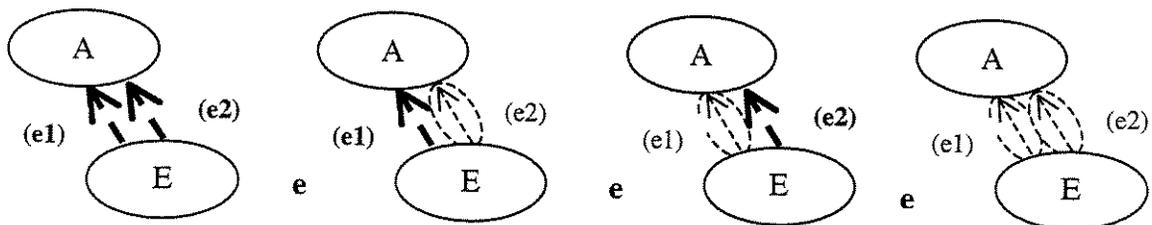


Figura 3.24 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério *todos-os-estendidos-pares* para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.23

A aplicação desse critério tem como objetivo assegurar que sejam exercitadas todas as combinações dos exercícios e não-exercícios das extensões existentes entre dois casos de uso. Note-se que, para cada caso de uso estendido por um único outro caso de uso por meio de dois ou mais relacionamentos de extensão, esse critério define  $2^m$  combinações de exercícios e não-exercícios a serem exercitadas.

Não foi possível realizar um exemplo de aplicação do critério **c8** no diagrama de casos de uso do sistema da Telesp Celular (Figura 3.1), uma vez que esse diagrama não apresenta um caso de uso que seja estendido por outro caso de uso por meio de duas ou mais extensões.

**Definição 9 – Critério todos-os-estendidos-combinações (c9)**

Um conjunto de dados de teste  $T$  satisfaz o critério *todos-os-estendidos-combinações* se, para cada caso de uso estendido de  $\mathcal{D}$  por no mínimo dois casos de uso, todas as combinações de exercícios e não-exercícios de  $p$  extensões tiverem sido exercitadas.

A Figura 3.25 ilustra a aplicação do critério *todos-os-estendidos-combinações*, apresentando os requisitos de teste definidos por esse critério para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13 (b). Nesse diagrama deve-se considerar que todos os relacionamentos são relacionamentos de *extensão*.

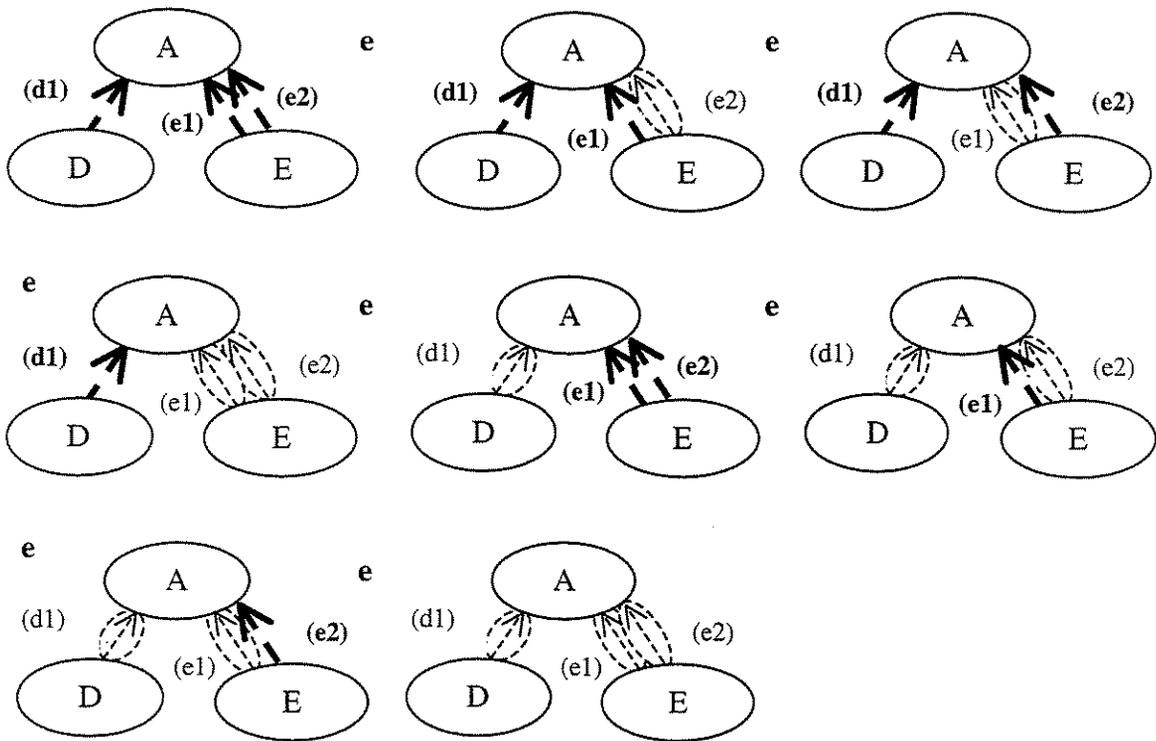


Figura 3.25 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério *todos-os-estendidos-combinações* para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(b)

A aplicação desse critério tem como objetivo assegurar que sejam exercitadas as combinações dos exercícios e não-exercícios de todas as extensões que estendem um caso de uso em análise. Note-se que, para cada caso de uso estendido por dois ou mais casos de uso, esse critério define  $2^p$  combinações de exercícios e não-exercícios a serem exercitadas.

A Tabela 3.8 apresenta os resultados da aplicação do critério *todos-os-estendidos-combinações* (c9) no diagrama de casos de uso do sistema da Telesp Celular (Figura 3.1). Essa tabela indica, para cada caso de uso estendido, os relacionamentos de extensão que o estendem e as combinações dos exercícios (E) e não-exercícios (NE) desses relacionamentos.

Tabela 3.8 – Requisitos de teste gerados pelo critério c9

Requisitos de Teste						
Casos de uso estendidos	Casos de uso extensores	Relacionamentos de extensão	$p$	$2^p$ combinações		
11	12 e 13 e 14	12-11 e 13-11 e 14-11	3	12-11	13-11	14-11
				E	E	E
				E	E	NE
				E	NE	E
				E	NE	NE
				NE	E	E
				NE	E	NE
				NE	NE	E
				NE	NE	NE

A Tabela 3.8 indica que o caso de uso estendido 11 é estendido pelos casos de uso 12, 13 e 14 por meio dos relacionamentos de extensão *12-11*, *13-11* e *14-11*, respectivamente ( $p = 3$ ). O critério c9 define como requisitos de teste todas as possíveis combinações de exercícios e não-exercícios desses relacionamentos, totalizando  $2^p$  combinações a serem exercitadas. Nas colunas que apresentam as combinações, um “E” indica que o relacionamento de extensão deve ser exercitado, enquanto um “NE” indica que o relacionamento não deve ser exercitado.

**Definição 10 – Critério todos-os-extensores-combinações (c10)**

Um conjunto de dados de teste  $T$  satisfaz o critério *todos-os-extensores-combinações* se, para cada caso de uso de  $\mathcal{D}$  que estende no mínimo dois casos de uso, todas as combinações de exercícios e não-exercícios de  $r$  extensões tiverem sido exercitadas.

A Figura 3.26 apresenta os requisitos de teste definidos por esse critério para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13 (a). No diagrama deve-se considerar que todos os relacionamentos são relacionamentos de *extensão*.

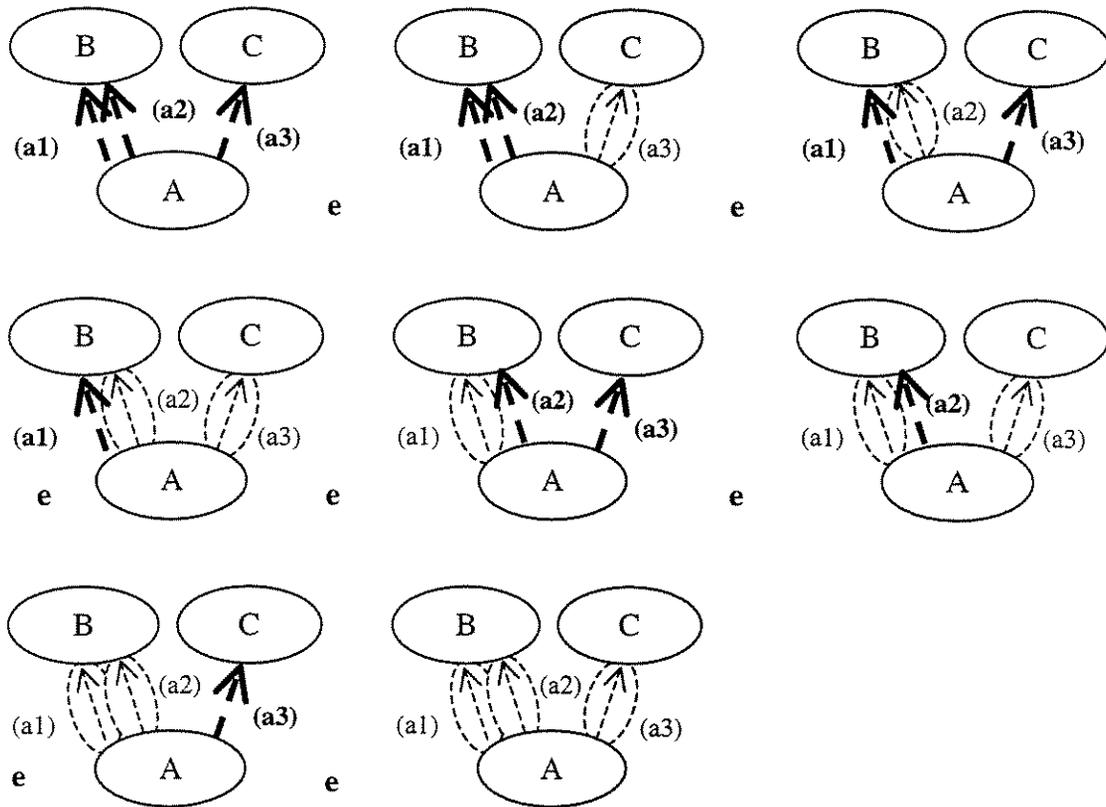


Figura 3.26 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério *todos-os-extensores-combinações* para o diagrama de casos de uso genérico da Figura 3.13(a)

A aplicação desse critério tem como objetivo assegurar que sejam exercitadas as combinações dos exercícios e não-exercícios de todas as extensões de um caso de uso em análise que estendem outros casos de uso. Note-se que, para cada caso de uso que estende dois ou mais casos de uso, esse critério define  $2^f$  combinações de exercícios e não-exercícios a serem exercitadas.

Não foi possível realizar um exemplo de aplicação do critério **c10** no diagrama de casos de uso do sistema da Telesp Celular (Figura 3.1), uma vez que esse diagrama não apresenta um caso de uso que estenda dois ou mais casos de uso.

Os critérios *todos-os-estendidos-pares* (**c8**), *todos-os-estendidos-combinações* (**c9**) e *todos-os-extensores-combinações* (**c10**), que formam o grupo de Critérios de Teste Baseados em Combinações de Extensões, apresentam particularidades que fazem com que sejam aplicados conforme os relacionamentos de extensão existentes em um diagrama de casos de uso. A seguir, estão listadas as situações nas quais recomenda-se a aplicação de um desses critérios:

- Critério **c8**: Aplicado quando o diagrama apresentar um caso de uso estendido por um único outro caso de uso por meio de mais de um relacionamento de extensão;

- Critério **c9**: Aplicado quando o diagrama apresentar um caso de uso estendido por mais de um caso de uso;
- Critério **c10**: Aplicado quando o diagrama apresentar um caso de uso que estenda mais de um caso de uso.

### 3.5.5. Critério de Teste Baseado nos Três Tipos de Relacionamentos

**Definição 11** – Critério *todas-as-comunicações-inclusões-extensões* (c11)

Um conjunto de dados de teste  $T$  satisfaz o critério *todas-as-comunicações-inclusões-extensões* se cada relacionamento de comunicação, de inclusão e de extensão de  $\mathcal{D}$  tiver sido exercitado pelo menos uma vez.

A Figura 3.27(b) apresenta os requisitos de teste definidos por esse critério para o diagrama de casos de uso genérico apresentado na Figura 3.27(a).

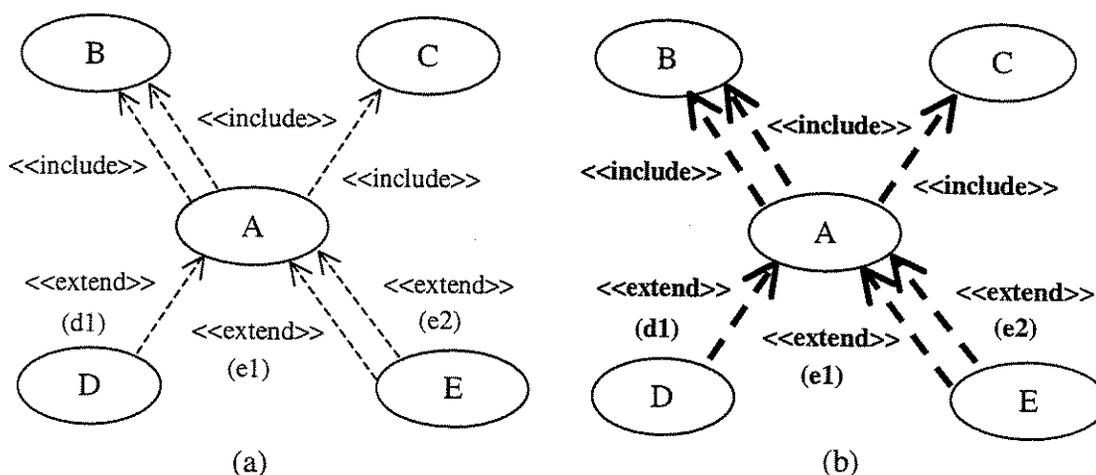


Figura 3.27 – Representação gráfica dos requisitos de teste definidos pelo critério *todas-as-comunicações-inclusões-extensões*

A aplicação desse critério tem como objetivo assegurar que todos os relacionamentos de comunicação, de inclusão e de extensão de um diagrama sejam exercitados durante o teste.

A Tabela 3.9 apresenta os resultados da aplicação do critério *todas-as-comunicações-inclusões-extensões* (c11) no diagrama de casos de uso do sistema da Telesp Celular (Figura 3.1). Essa tabela indica todos os relacionamentos de comunicação, de inclusão e de extensão que devem ser exercitados durante o teste.

Tabela 3.9 – Requisitos de teste gerados pelo critério **c11**

Requisitos de Teste		
Exercício dos relacionamentos de comunicação	Exercício dos relacionamentos de inclusão	Exercício dos relacionamentos de extensão
Cliente-1	1-6	8-6
Cliente-4	1-7	12-11
Cliente-5	1-9	13-11
Central-2	1-11	14-11
Central-11	2-3	15-5
	2-11	
	4-10	
	5-7	
	5-16	
	9-10	
	15-6	

O critério *todas-as-comunicações-inclusões-extensões* (**c11**) é um critério que reúne três outros critérios definidos anteriormente: o critério *todas-as-comunicações* (**c1**), *todas-as-inclusões* (**c4**) e *todas-as-extensões* (**c7**). O agrupamento desses três critérios no critério **c11** tem como objetivo fornecer ao testador um único critério que exija uma cobertura completa dos exercícios de todos os tipos de relacionamentos considerados no teste baseado em casos de uso.

### 3.6. Comparações entre Critérios

A comparação entre critérios de teste é uma prática comum e importante, pois possibilita que as diferenças entre os critérios sejam mais facilmente entendidas. Uma das maneiras de se comparar dois critérios é por meio da relação de *inclusão*.

Segundo essa relação, um critério **c1** inclui um critério **c2** se todo e qualquer conjunto de casos de teste que satisfaz **c1** também satisfaz **c2**. Um critério **c1** inclui *estritamente* um critério **c2** se **c1** inclui **c2** e **c2** não inclui **c1**. A inclusão estrita é denotada pelo símbolo  $c1 \Rightarrow c2$  e consiste em uma relação transitiva. Diz-se que um critério **c1** e um critério **c2** são incomparáveis quando nenhuma das relações,  $c1 \Rightarrow c2$  e  $c2 \Rightarrow c1$ , for verdadeira [Wey85] [Fra88] [Nta88] [Clar89]. A incomparabilidade entre dois critérios é representada da seguinte forma:  $c1 \not\Rightarrow c2$ .

A relação de inclusão indica o grau de exigência dos critérios. Em outras palavras, se um critério **c1** inclui estritamente um critério **c2**, então mais requisitos de teste são requeridos e, com isso, mais casos de teste são necessários para satisfazer o critério **c1** em relação ao critério **c2**. Assim, o grau de exigência do critério **c1** é *maior* do que o do critério **c2**.

### 3.6.1. Análise de Inclusão dos Critérios

A seguir, uma comparação dos critérios propostos neste trabalho é apresentada tendo como base o conceito de inclusão estrita. Para a realização dessa análise, considera-se que todos os relacionamentos de um diagrama são exercitáveis, ou seja, que existem casos de teste que os exercitam. A Figura 3.28 apresenta o resultado da análise de inclusão estrita para os critérios propostos.

É importante ressaltar que um critério  $i$  inclui estritamente um critério  $j$  se e somente se essa relação estiver explícita na Figura 3.28 ou puder ser induzida a partir da transitividade de alguma relação presente nessa figura. Os pares de critérios que não são relacionados por uma inclusão estrita são considerados incomparáveis.

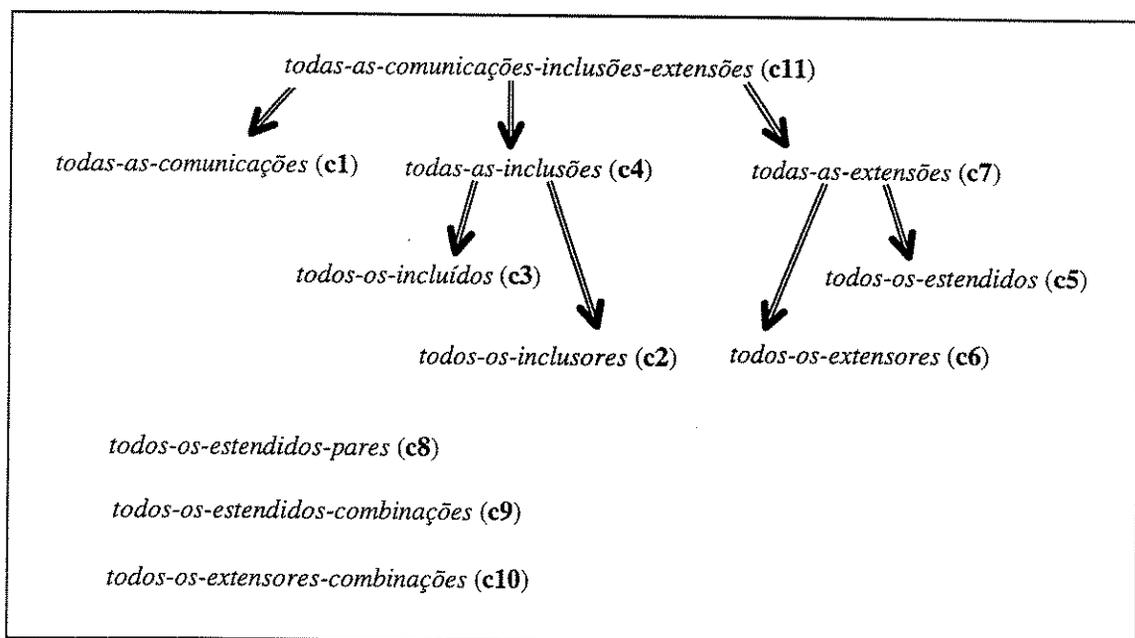


Figura 3.28 – Ordenação de inclusão estrita do conjunto de critérios proposto

A seguir, a subseção 3.6.2 apresenta uma prova para cada relação de inclusão estrita presente na Figura 3.28, enquanto a subseção 3.6.3 apresenta provas das relações de incomparabilidade entre os critérios. Nessas subseções são utilizadas as seguintes definições:  $D$  para representar um diagrama de casos de uso qualquer,  $T$  para representar um conjunto de dados de teste e  $T'$  para um conjunto de dados de teste distinto de  $T$ . A subseção 3.6.4 apresenta uma análise de complexidade dos critérios propostos.

### 3.6.2. Provas das Relações de Inclusão

**Teorema 1** – todas-as-comunicações-inclusões-extensões (c11)  $\Rightarrow$  todas-as-comunicações (c1)

*Prova:*

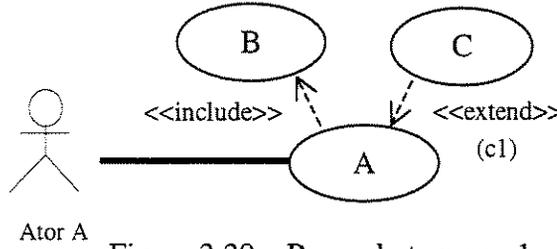


Figura 3.29 – Prova do teorema 1

Dado  $T$  que satisfaz **c11**,  $T$  também satisfaz **c1**, uma vez que todos os relacionamentos de comunicação de  $D$  são exercitados em  $T$ . Considerando a Figura 3.29,  $T'$  que satisfaz **c1** não necessariamente satisfaz **c11**, uma vez que **c11** requer que todos os relacionamentos de comunicação, de inclusão e de extensão sejam exercitados e  $T'$  faz com que apenas o relacionamento de comunicação em realce seja exercitado.

**Teorema 2** – todas-as-comunicações-inclusões-extensões (c11)  $\Rightarrow$  todas-as-inclusões (c4)

*Prova:*

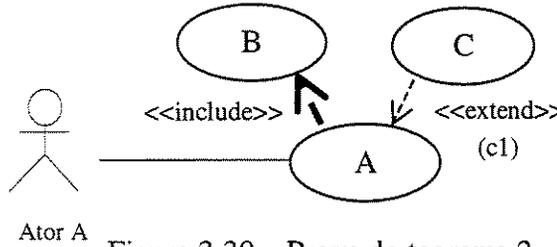


Figura 3.30 – Prova do teorema 2

Dado  $T$  que satisfaz **c11**,  $T$  também satisfaz **c4**, uma vez que todos os relacionamentos de inclusão de  $D$  são exercitados em  $T$ . Considerando a Figura 3.30,  $T'$  que satisfaz **c4** não necessariamente satisfaz **c11**, uma vez que **c11** requer que todos os relacionamentos de comunicação, de inclusão e de extensão sejam exercitados e  $T'$  faz com que somente o relacionamento de inclusão em realce seja exercitado.

**Teorema 3** – todas-as-comunicações-inclusões-extensões (c11)  $\Rightarrow$  todas-as-extensões (c7)

*Prova:*

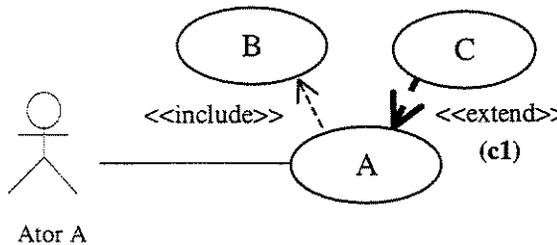


Figura 3.31 – Prova do teorema 3

Dado  $T$  que satisfaz **c11**,  $T$  também satisfaz **c7**, uma vez que todos os relacionamentos de extensão de  $\mathcal{D}$  são exercitados em  $T$ . Considerando a Figura 3.31,  $T'$  que satisfaz **c7** não necessariamente satisfaz **c11**, uma vez que **c11** requer que todos os relacionamentos de comunicação, de inclusão e de extensão sejam exercitados e  $T'$  faz com que somente o relacionamento de extensão em realce seja exercitado.

**Teorema 4** – *todas-as-inclusões (c4)  $\Rightarrow$  todos-os-incluídos (c3)*

*Prova:*

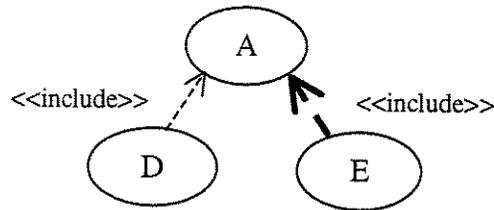


Figura 3.32– Prova do teorema 4

Dado  $T$  que satisfaz **c4**,  $T$  também satisfaz **c3**, uma vez que todos os casos de uso incluídos de  $\mathcal{D}$  são exercitados em  $T$ . Considerando a Figura 3.32,  $T'$  que satisfaz **c3** não necessariamente satisfaz **c4**, uma vez que **c4** requer que os relacionamentos de inclusão  $D-A$  e  $E-A$  sejam exercitados e  $T'$  faz com que somente o relacionamento de inclusão  $E-A$  em realce seja exercitado.

**Teorema 5** – *todas-as-inclusões (c4)  $\Rightarrow$  todos-os-inclusores (c2)*

*Prova:*

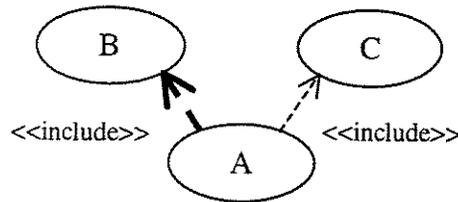


Figura 3.33 – Prova do teorema 5

Dado  $T$  que satisfaz **c4**,  $T$  também satisfaz **c2**, uma vez que todos os casos de uso incluídos de  $\mathcal{D}$  são exercitados por todos os casos de uso que os incluem, o que garante que todo caso de uso inclusor de  $\mathcal{D}$  acione pelo menos um caso de uso incluído. Considerando a Figura 3.33,  $T'$  que satisfaz **c2** não necessariamente satisfaz **c4**, uma vez que **c4** requer que os relacionamentos de inclusão  $A-B$  e  $A-C$  sejam exercitados e  $T'$  faz com que somente o relacionamento de inclusão  $A-B$  em realce seja exercitado.

**Teorema 6** – *todas-as-extensões (c7)  $\Rightarrow$  todos-os-estendidos (c5)*

*Prova:*

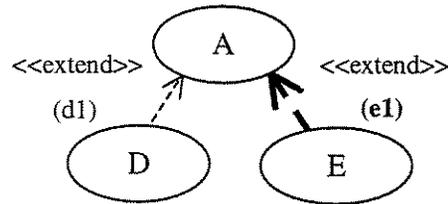


Figura 3.34 – Prova do teorema 6

Dado  $T$  que satisfaz **c7**,  $T$  também satisfaz **c5**, uma vez que todos os casos de uso extensores de  $D$  são exercitados, o que garante que para todo caso de uso estendido de  $D$ , pelo menos um caso de uso extensor tenha sido exercitado. Considerando a Figura 3.34,  $T'$  que satisfaz **c5** não necessariamente satisfaz **c7**, uma vez que **c7** requer que os relacionamentos de extensão  $D-A$  e  $E-A$  sejam exercitados e  $T'$  faz com que somente o relacionamento de extensão  $E-A$  em realce seja exercitado.

**Teorema 7** – *todas-as-extensões (c7)  $\Rightarrow$  todos-os-extensores (c6)*

*Prova:*

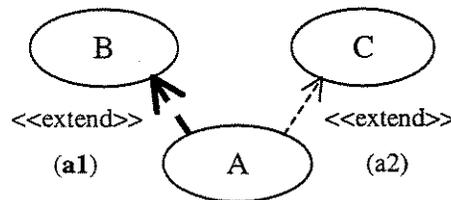


Figura 3.35 – Prova do teorema 7

Dado  $T$  que satisfaz **c7**,  $T$  também satisfaz **c6**, uma vez que faz com que todos os casos de uso extensores de  $D$  sejam exercitados. Considerando a Figura 3.35,  $T'$  que satisfaz **c6** não necessariamente satisfaz **c7**, uma vez que **c7** requer que os relacionamentos de extensão  $A-B$  e  $A-C$  sejam exercitados e  $T'$  faz com que somente o relacionamento de extensão  $A-B$  em realce seja exercitado.

### 3.6.3. Provas das Relações de Incomparabilidade

**Teorema 8 – todos-os-estendidos-pares**  $(c8) \not\leftrightarrow c1, c2, c3, c5, c6$

**Parte a)  $c8 \not\leftrightarrow c1, c2, c3$**

$c8$  não inclui estritamente os critérios  $c1$ ,  $c2$  e  $c3$  pois o critério  $c8$  requer o exercício dos relacionamentos de extensão de  $D$ , enquanto esses critérios requerem o exercício de relacionamentos distintos dos relacionamentos de extensão (comunicação e inclusão). Pela mesma razão  $c1 \not\leftrightarrow c8$ ,  $c2 \not\leftrightarrow c8$  e  $c3 \not\leftrightarrow c8$ .

**Parte b)  $c8 \not\leftrightarrow c5$**

$c8 \not\leftrightarrow c5$ : Dado  $T$  que satisfaz  $c8$ ,  $T$  não necessariamente satisfaz  $c5$ . Considerando  $D$  da Figura 3.36,  $c5$  requer que pelo menos um caso de uso extensor do caso de uso A e do caso de uso C sejam exercitados e  $T$  faz com que somente o caso de uso extensor de A (caso de uso B) seja exercitado.

$c5 \not\leftrightarrow c8$ : Dado  $T'$  que satisfaz  $c5$ ,  $T'$  não necessariamente satisfaz  $c8$ . Considerando  $D$  da Figura 3.36,  $c8$  requer que todas as combinações de exercícios e não-exercícios dos relacionamentos de extensão (b1) e (b2) sejam exercitadas e  $T'$  faz com que somente o relacionamento de extensão (b1) seja exercitado.

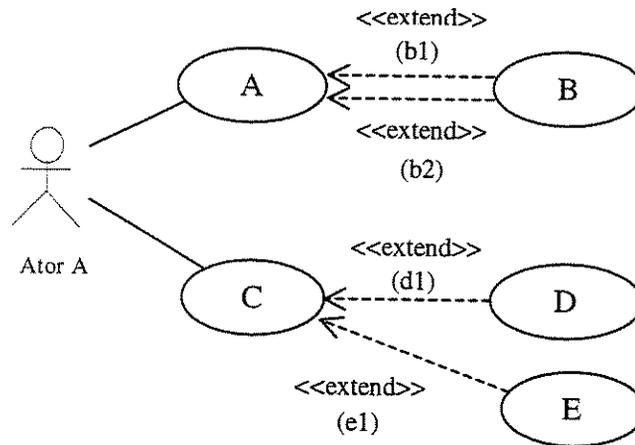


Figura 3.36 – Prova do teorema 8 de incomparabilidade

**Parte c)  $c8 \not\leftrightarrow c6$**

$c8 \not\leftrightarrow c6$ : Dado  $T$  que satisfaz  $c8$ ,  $T$  não necessariamente satisfaz  $c6$ . Considerando a Figura 3.36,  $c6$  requer que cada caso de uso extensor de  $D$  seja exercitado e  $T$  faz com que somente o caso de uso extensor de A (caso de uso B) seja exercitado.

**c6  $\not\Rightarrow$  c8:** Dado  $T'$  que satisfaz **c6**,  $T'$  não necessariamente satisfaz **c8**. Considerando  $\mathcal{D}$  da Figura 3.36, **c8** requer que todas as combinações de exercícios e não-exercícios dos relacionamentos de extensão (b1) e (b2) sejam exercitadas e  $T'$  faz com que somente o relacionamento de extensão (b1) seja exercitado.

**Corolário: c8  $\not\Rightarrow$  c4, c7, c11**

**c8  $\not\Rightarrow$  c4**, porque **c4  $\Rightarrow$  c2** e **c2  $\not\Rightarrow$  c8**  
**c8  $\not\Rightarrow$  c7**, porque **c7  $\Rightarrow$  c5** e **c5  $\not\Rightarrow$  c8**  
**c8  $\not\Rightarrow$  c11**, porque **c11  $\Rightarrow$  c1** e **c1  $\not\Rightarrow$  c8**

As relações de incomparabilidade entre **c9** e **c1, c2, c3, c4, c5, c6, c7, c11** e entre **c10** e **c1, c2, c3, c4, c5, c6, c7, c11** podem ser provadas de maneira análoga.

**Teorema 9 – todos-os-estendidos-pares (c8)  $\not\Rightarrow$  todos-os-estendidos-combinações (c9)**

**c8  $\not\Rightarrow$  c9:** Dado  $T$  que satisfaz **c8**,  $T$  não necessariamente satisfaz **c9**. Considerando  $\mathcal{D}$  da Figura 3.36, **c9** requer que todas as combinações de exercícios e não-exercícios dos relacionamentos de extensão (d1) e (e1) sejam exercitadas e  $T$  faz com que somente sejam exercitadas as combinações dos relacionamentos de extensão (b1) e (b2).

**c9  $\not\Rightarrow$  c8:** Dado  $T'$  que satisfaz **c9**,  $T'$  não necessariamente satisfaz **c8**. Considerando  $\mathcal{D}$  da Figura 3.36, **c8** requer que todas as combinações de exercícios e não-exercícios dos relacionamentos de extensão (b1) e (b2) sejam exercitadas e  $T'$  faz com que somente sejam exercitadas as combinações dos relacionamentos de extensão (d1) e (e1).

**Teorema 10 – todos-os-estendidos-pares (c8)  $\not\Rightarrow$  todos-os-extensores-combinações (c10)**

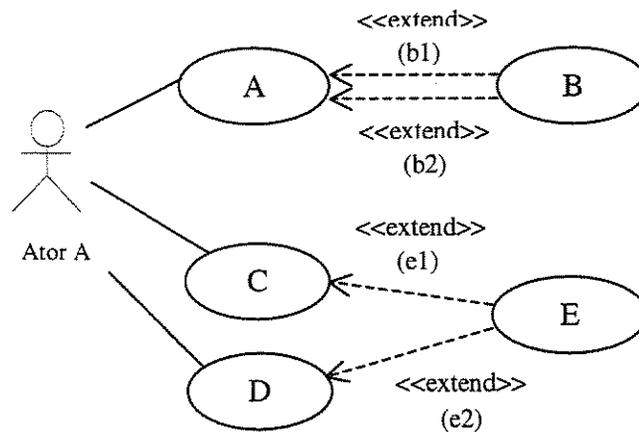


Figura 3.37 – Prova do teorema 10 de incomparabilidade

**c8  $\not\Rightarrow$  c10:** Dado  $T$  que satisfaz **c8**,  $T$  não necessariamente satisfaz **c10**. Considerando  $\mathcal{D}$  da Figura 3.37, **c10** requer que todas as combinações de exercícios e não-exercícios dos relacionamentos de extensão (e1) e (e2) sejam exercitadas e  $T$  faz com que somente sejam exercitadas as combinações dos relacionamentos de extensão (b1) e (b2).

**c10  $\not\Rightarrow$  c8:** Dado  $T'$  que satisfaz **c10**,  $T'$  não necessariamente satisfaz **c8**. Considerando  $\mathcal{D}$  da Figura 3.37, **c8** requer que todas as combinações de exercícios e não-exercícios dos relacionamentos de extensão (b1) e (b2) sejam exercitadas e  $T'$  faz com que somente sejam exercitadas as combinações dos relacionamentos de extensão (e1) e (e2).

**Teorema 11** – *todos-os-estendidos-combinações (c9)  $\not\leftrightarrow$  todos-os-extensores-combinações (c10)*

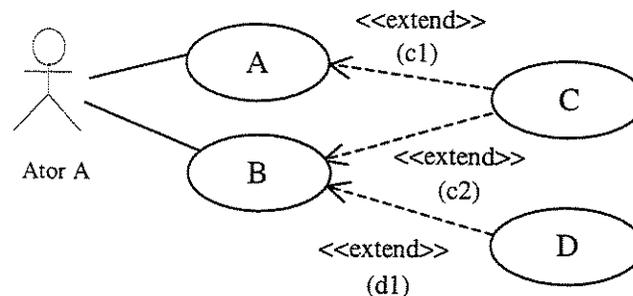


Figura 3.38 – Prova do teorema 11 de incomparabilidade

**c9  $\not\Rightarrow$  c10:** Dado  $T$  que satisfaz **c9**,  $T$  não necessariamente satisfaz **c10**. Considerando  $\mathcal{D}$  da Figura 3.38, **c10** requer que todas as combinações de exercícios e não-exercícios dos relacionamentos de extensão (c1) e (c2) sejam exercitadas e  $T$  faz com que somente sejam exercitadas as combinações dos relacionamentos de extensão (c2) e (d1).

**c10  $\not\Rightarrow$  c9:** Dado  $T'$  que satisfaz **c10**,  $T'$  não necessariamente satisfaz **c9**. Considerando  $\mathcal{D}$  da Figura 3.38, **c9** requer que todas as combinações de exercícios e não-exercícios dos relacionamentos de extensão (c2) e (d1) sejam exercitadas e  $T'$  faz com que somente sejam exercitadas as combinações dos relacionamentos de extensão (c1) e (c2).

### 3.6.4. Complexidade dos Critérios

A complexidade de um critério de teste é dada pela quantidade mínima de casos de teste necessária para satisfazê-lo, no pior caso. A seguir, são apresentadas as complexidades dos critérios propostos.

#### Complexidade dos critérios baseados nos relacionamentos de comunicação, de inclusão e de extensão

Considere-se que  $D$  apresenta  $n$  casos de uso, sendo que cada caso de uso estabelece  $r_i$  relacionamentos de comunicação, de inclusão e/ou de extensão. Se para exercitar cada relacionamento for necessário um caso de teste, então para testar um caso de uso são necessários  $r_i$  casos de teste. Assim, a quantidade total de casos de teste para  $D$ , no pior caso, será:

$$\sum_{i=1}^n r_i$$

Essa somatória é sempre menor que  $n * (\max r_i)$

#### Complexidade dos critérios baseados em combinações de extensões

Considere-se que  $D$  apresenta  $n$  casos de uso que são estendidos ou estendem no mínimo dois outros casos de uso, sendo que cada um desses casos de uso estabelecem  $r_i$  relacionamentos de extensão. Se para exercitar cada combinação de exercícios e não-exercícios dos  $r_i$  relacionamentos de extensão de um caso de uso for necessário um caso de teste, então são necessários  $2^{r_i}$  casos de teste para testar o caso de uso. Assim, a quantidade total de casos de teste para  $D$ , no pior caso, será:

$$\sum_{i=1}^n 2^{r_i}$$

Essa somatória é sempre menor que  $n * (2^{\max r_i})$

## 3.7. Considerações Finais

Neste capítulo apresentou-se um novo conjunto de critérios de teste a serem aplicados em casos de uso. Esses critérios requerem o exercício de determinados requisitos de teste que consistem, resumidamente, no exercício dos relacionamentos que definem a estrutura de um diagrama de casos de uso: os relacionamentos de comunicação, de inclusão e de extensão.

Apenas alguns dos onze critérios de teste serão realmente aplicados durante a atividade de teste. Na prática, os testadores tendem a considerar apenas os critérios que definem os aspectos relevantes a serem testados de forma mais abrangente. No entanto, a

definição de uma hierarquia de critérios permitiu identificar os aspectos relevantes a serem testados em um diagrama de casos de uso. Os seis critérios mais prováveis de serem aplicados são:

- critérios *todas-as-comunicações* (c1), *todas-as-inclusões* (c4) e *todas-as-extensões* (c7), que requerem o exercício de todos os relacionamentos de cada tipo;
- critério *todas-as-comunicações-inclusões-extensões* (c11), que requer o exercício de todos os relacionamentos de um diagrama;
- critérios *todos-os-estendidos-combinações* (c9) e *todos-os-extensores-combinações* (c10), que requerem o exercício e o *não-exercício* dos relacionamentos de extensão.

É importante ressaltar que esses critérios baseiam-se em um modelo de especificação e, portanto, não levam em consideração a implementação. Assim, o conjunto de critérios apresentado é de natureza funcional, apesar de apresentar a característica do teste estrutural de considerar a *estrutura* do diagrama de casos de uso. Essa característica possibilita verificar a abrangência da atividade de teste em termos dos elementos da estrutura do diagrama que foram testados e não testados.

Os critérios apresentados foram aplicados no diagrama de casos de uso exemplo do sistema da Telesp Celular. Para cada critério foram gerados seus respectivos requisitos de teste. Os critérios propostos também foram comparados entre si com o objetivo de identificar as suas similaridades e diferenças.

No próximo capítulo, é apresentada uma ferramenta de cobertura de teste desenvolvida para automatizar a aplicação do conjunto de critérios proposto. Empregando essa ferramenta, um estudo de caso é realizado a partir do diagrama de casos de uso do sistema da Telesp Celular.

## Capítulo 4 – Descrição da Ferramenta UCT

Uma ferramenta de teste denominada UCT – *Use Case Tester* – foi desenvolvida com o objetivo de apoiar a aplicação do conjunto de critérios de teste baseado em casos de uso proposto. A aplicação desse conjunto de critérios de forma automatizada torna a atividade de teste menos custosa, facilitando em termos de esforço e tempo a atividade de teste baseada em casos de uso. Diante desse benefício e do fato dessa ferramenta utilizar uma especificação de software, e não a sua implementação, a ferramenta UCT representa um incentivo à execução simulada de dados de teste em uma fase do desenvolvimento de software que antecede qualquer detalhe de implementação.

A ferramenta UCT possui três grandes funcionalidades: levantar os requisitos de teste dos critérios definidos; simular a execução de casos de teste a partir das especificações textuais dos casos de uso de um diagrama; e realizar a análise de cobertura da estrutura do diagrama a partir dos resultados da simulação. Este capítulo descreve essas três funcionalidades. No entanto, antes de descrever essas funcionalidades, é apresentada uma linguagem de descrição de casos de uso proposta neste trabalho. Essa linguagem é usada para descrever os casos de uso de um sistema em um formato mais formalizado para entrada na ferramenta.

### 4.1. Linguagem de Descrição de Casos de Uso

Os casos de uso de um sistema são representados graficamente no diagrama de casos de uso e enriquecidos com detalhes por meio de especificações puramente textuais. Essas especificações textuais complementam o diagrama de casos de uso e obedecem a estruturas de especificação de casos de uso presentes na literatura, como as propostas por Larman [Lar97] e Cockburn [Coc01].

No entanto, essas estruturas de especificação de casos de uso propõem a utilização de uma notação textual informal, o que dificulta a análise automatizada de uma especificação de caso de uso. Em virtude disso, uma notação mais formalizada foi definida a fim de gerar descrições de casos de uso que possam ser lidas automaticamente. Assim, a ferramenta UCT tem como entrada um arquivo texto que especifica os casos de uso de um sistema por meio dessa notação, que consiste em uma linguagem de descrição de casos de uso.

É recomendável que a geração do arquivo de entrada tenha como base as especificações textuais de casos de uso geradas para os casos de uso de um diagrama. Nesse caso, a geração do arquivo de entrada consistirá basicamente em transpor o conteúdo das especificações textuais de casos de uso para a sintaxe estabelecida pela

linguagem de descrição, a fim de transformar esse conteúdo em uma entrada válida para a ferramenta.

A linguagem de descrição de casos de uso definida para este trabalho apresenta uma quantidade concisa de comandos, que representam as informações estritamente necessárias ao entendimento do comportamento dos casos de uso e à identificação dos requisitos de teste de cada critério. A Figura 4.1 apresenta informalmente a sintaxe dessa linguagem, sendo que as palavras reservadas estão em realce. O Apêndice A apresenta a gramática dessa linguagem no formato reconhecido pela ferramenta Yacc [Mas90].

<p><b>use_case_identifier</b> (<i>número que identifica unicamente o caso de uso</i>);</p> <p><b>use_case_name</b> (<i>nome do caso de uso</i>);</p> <p><b>actors</b> (<b>start</b> <i>nome do ator que inicia o caso de uso</i>); ou <b>actors</b> (<b>start</b> <i>nome do ator iniciante, nomes dos atores que apenas interagem com o caso de uso</i>);</p> <p><b>include_relationships</b> (<i>relacionamentos de inclusão entre o caso de uso atual e os demais casos de uso do sistema</i>);</p> <p><b>extend_relationships</b> (<i>relacionamentos de extensão entre o caso de uso atual e os demais casos de uso do sistema</i>);</p> <p><b>initial_states</b> (<i>dados que participam do caso de uso</i>);</p> <p><b>actions_stream</b> (<i>fluxo de ações do caso de uso</i>)</p>
--

Figura 4.1 – Formato do arquivo de entrada para a ferramenta UCT

O comando **actions\_stream** aceita em seu corpo, entre o “(” e “)” de sua sintaxe, os comandos a seguir, que em conjunto definem o fluxo de ações de um caso de uso:

**if** (*condição*) { *seqüência de comandos* }

**action** (*descrição em linguagem natural de uma ação do caso de uso*);

**inclusion** (*nome do caso de uso incluído*);

**extension\_condition** (*nome da extensão*): **if** (*condição da extensão*) {  
    **extension** (*nome da extensão*) }

**extension\_definition** (*nome da extensão*) { *seqüência de comandos* }

O comando **include\_relationships** aceita, entre o “(” e “)” de sua sintaxe, relacionamentos de inclusão em um formato específico, como a seguir:

**include\_relationships** (1-3, 1-3(a), 1-11, 10-1);

Essa linha de comando deve ser lida da seguinte forma: o caso de uso 1 inclui duas vezes o caso de uso 3, também inclui o caso de uso 11 e é incluído pelo caso de uso 10. Note-se que o formato **número – número** para representar um relacionamento de inclusão obedece ao sentido da seta desse relacionamento, onde o primeiro **número** corresponde ao caso de uso origem (caso de uso inclusor) e o segundo **número**, ao caso de uso destino (caso de uso incluído).

O mesmo ocorre em relação ao comando **extend\_relationships**, que aceita relacionamentos de extensão entre o “(” e “)” de sua sintaxe. O formato para representar um relacionamento de extensão também obedece ao sentido da seta do relacionamento. No entanto, o primeiro **número** corresponde ao caso de uso extensor e o segundo **número**, ao caso de uso estendido.

O comando **initial\_states** apresenta, entre o “(” e “)” de sua sintaxe, os dados que participam de um caso de uso. Esses dados são obtidos na especificação textual de um caso de uso, na parte em que seu fluxo de ações é descrito. Cada condição presente no fluxo de ações de um caso de uso é constituída por um conjunto de dados que devem ser especificados no comando **initial\_states**. A importância desses dados deve-se ao fato de permitirem que a ferramenta UCT simule a execução dos diferentes cenários de um caso de uso.

A declaração desses dados, entre o “(” e “)” da sintaxe do comando **initial\_states**, obedece ao formato do exemplo:

**initial\_states** ({estoqueBaixo, estoqueSuficiente}, {produtoDanificado, produtoVencido}, {DividaQuitada, DividaNaoQuitada});

Os dados que se encontram entre chaves são dados excludentes, ou seja, quando um desses dados for válido, os demais dados do conjunto são inválidos.

A seguir, é apresentada a estrutura da ferramenta UCT. Cada módulo da ferramenta implementa uma de suas funcionalidades, que são descritas em detalhes após a apresentação da estrutura.

## 4.2. Estrutura da Ferramenta UCT

A ferramenta UCT é composta por quatro módulos. A Figura 4.2 ilustra sua estrutura.

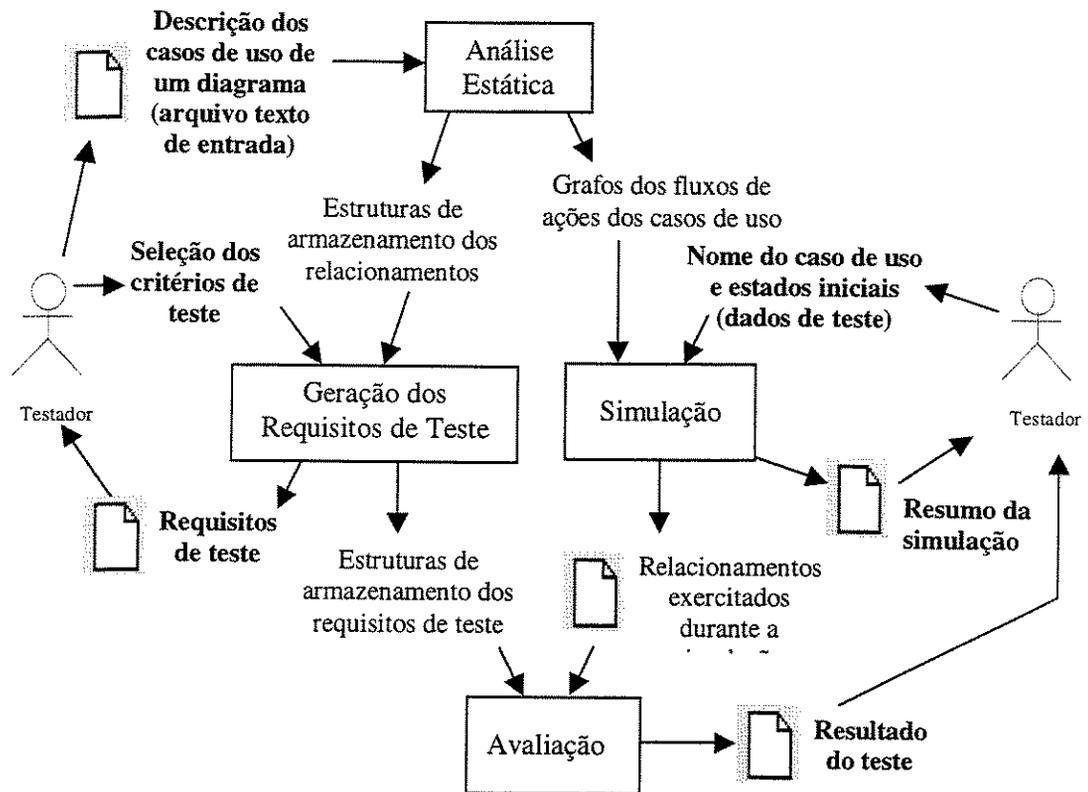


Figura 4.2 – Estrutura geral da ferramenta UCT

**Módulo Análise Estática** – Efetua uma análise léxica e sintática da descrição dos casos de uso de um diagrama. Essa análise é realizada com o auxílio das ferramentas Lex e Yacc [Mas90], que realizam a leitura do arquivo de entrada para a ferramenta UCT e permitem gerar uma representação interna que armazena as informações referentes aos casos de uso analisados.

**Módulo Geração de Requisitos de Teste** – Implementa a funcionalidade *Levantamento de Requisitos de Teste*, gerando os elementos requeridos para os critérios de teste escolhidos pelo usuário.

**Módulo Simulação** – Implementa a funcionalidade *Simulação da Execução dos Casos de Teste*, monitorando o cenário de um caso de uso executado durante a simulação do seu comportamento. Essa monitoração permite identificar os exercícios dos relacionamentos de comunicação, de inclusão e/ou de extensão realizados entre o caso de uso que foi simulado e os demais casos de uso do diagrama.

**Módulo Avaliação** – Implementa a funcionalidade *Análise de Cobertura*, verificando a satisfação dos critérios escolhidos pelo usuário. A satisfação de um critério é verificada comparando-se os relacionamentos de comunicação, de inclusão e/ou de extensão exercitados durante a simulação dos casos de uso de um diagrama com os requisitos de teste de cada critério.

### 4.3. Análise Estática

A partir da análise estática do arquivo de entrada que contém as especificações dos casos de uso de um diagrama, a ferramenta UCT mapeia cada caso de uso em uma representação interna. Essas representações internas são interligadas de forma a obter uma lista de casos de uso.

A representação interna de cada caso de uso é composta de cinco outras listas:

- uma lista com os atores que interagem com o caso de uso, gerada a partir da análise estática do comando **actors** do arquivo de entrada;
- uma lista com os casos de uso incluídos pelo caso de uso e outra lista com os casos de uso que o incluem, ambas geradas a partir da análise estática do comando **include\_relationships** do arquivo de entrada;
- uma lista com os casos de uso estendidos pelo caso de uso e outra lista com os casos de uso que o estendem, ambas geradas a partir da análise estática do comando **extend\_relationships** do arquivo de entrada.

### 4.4. Geração de Requisitos de Teste

A fim de se levantar os requisitos de teste para os critérios escolhidos pelo usuário, essas listas são percorridas pelo módulo **Geração de Requisitos de Teste** da ferramenta UCT, que analisa os aspectos intrínsecos a cada critério. Esse módulo percorre as listas de todos os casos de uso de um diagrama especificados no arquivo de entrada da ferramenta. Complementando a Figura 4.2, que apresenta a estrutura geral da ferramenta UCT, a Figura 4.3 detalha as entradas e saídas desse módulo.

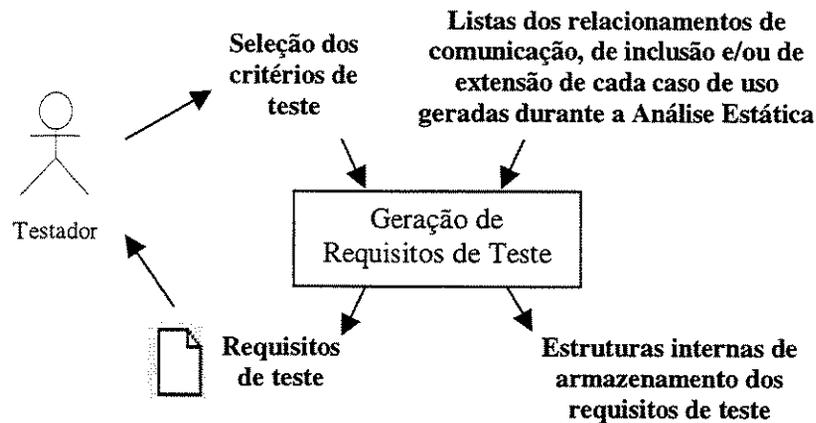


Figura 4.3 – Entradas e saídas do módulo **Geração de Requisitos de Teste**

Para a geração dos requisitos de teste segundo o critério *todas-as-inclusões* (**c4**), por exemplo, o módulo **Geração de Requisitos de Teste** percorre, para cada caso de uso do diagrama, a lista dos casos de uso incluídos pelo caso de uso analisado. Essas inclusões, que consistem nos requisitos de teste do critério **c4**, são armazenadas em arquivo para serem mostradas ao testador. Assim, considerando como entrada para a ferramenta UCT o diagrama de casos de uso genérico apresentado na Figura 4.4, o módulo **Geração de Requisitos de Teste** gera para o critério **c4** o arquivo *requisitos4*, apresentado na Figura 4.5, que contém os requisitos de teste desse critério.

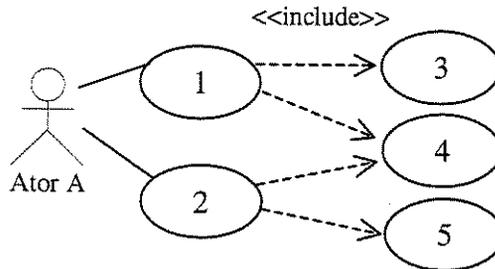


Figura 4.4 – Diagrama de casos de uso genérico

```

Requisitos de Teste para o Criterio todas-as-inclusoes (c4)
---- Exercício dos relacionamentos de inclusão ----
    1-3
    1-4
    2-4
    2-5
  
```

Figura 4.5 – Arquivo *requisitos4*

No Apêndice B, são apresentados os procedimentos que o módulo **Geração de Requisitos de Teste** utiliza para gerar os requisitos de teste para cada critério. Os requisitos gerados são armazenados em arquivos e em estruturas internas, que são usadas posteriormente na atividade de avaliação do teste.

## 4.5. Simulação dos Casos de Teste

A representação interna de cada caso de uso, além de conter as listas dos atores e das inclusões e extensões que este estabelece, também contém um grafo que representa o seu fluxo de ações. Esse grafo, gerado a partir da análise estática do comando `actions_stream` do arquivo de entrada, é usado pelo módulo **Simulação** para simular o comportamento do caso de uso.

A simulação do comportamento de um caso de uso consiste em, dado um conjunto de dados de teste escolhido pelo usuário, percorrer o seu grafo de ações de forma a determinar a seqüência de exercícios das inclusões e/ou extensões estabelecidas com outros casos de uso. Dessa forma, a simulação é um ponto chave da ferramenta UCT, uma vez que permite exercitar determinados requisitos de teste de acordo com o conjunto de dados de teste escolhido.

A Figura 4.6 apresenta as entradas e saídas do módulo **Simulação**, complementando a estrutura geral da ferramenta UCT apresentada na Figura 4.2.

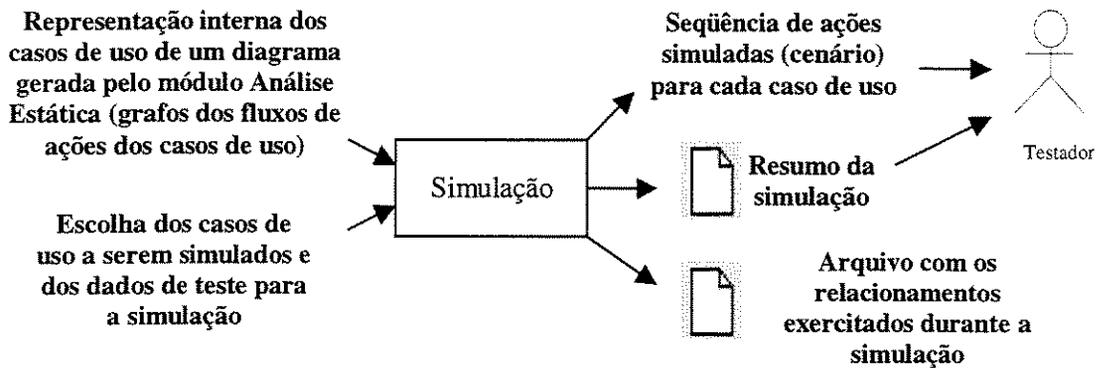


Figura 4.6 – Entradas e saídas do módulo **Simulação**

O arquivo *resumo da simulação*, uma das saídas geradas pelo módulo **Simulação**, tem como objetivo apresentar ao usuário o histórico da simulação de um caso de uso. Esse histórico inclui o nome do caso de uso simulado, os dados de teste escolhidos para a sua simulação e os relacionamentos de inclusão e de extensão exercitados. Uma outra saída do módulo **Simulação**, o arquivo *relacionamentos exercitados*, apresenta somente os relacionamentos exercitados durante a simulação. A geração desse arquivo deve-se à necessidade de fornecer ao módulo **Avaliação** um arquivo simples, cujo conteúdo possa ser facilmente comparado aos requisitos de teste dos critérios aplicados.

#### 4.5.1. Grafos dos Fluxos de Ações

Quanto aos grafos que representam os fluxos de ações de casos de uso, que constituem uma das entradas do módulo **Simulação**, estes são gerados pelo módulo **Análise Estática** e podem ser constituídos por cinco tipos de nós, conforme os comandos existentes dentro da seção `actions_stream` dos casos de uso especificados no arquivo de entrada:

- Para o comando **action** (*descrição em linguagem natural de um comportamento do caso de uso*), o módulo **Análise Estática** gera um nó, chamado de nó *action*, que armazena em sua estrutura a descrição do comportamento do caso de uso analisado como uma cadeia de caracteres;
- Para o comando **if** (*condição*) { *seqüência de comandos* }, o módulo **Análise Estática** gera um nó, chamado de nó *if*, que apresenta em sua estrutura três

campos: (1) um campo que aponta para a condição associada ao **if**, armazenada em forma de árvore; (2) outro campo que aponta para o próximo nó do grafo, que representa um comando pertencente ao escopo do comando **if**; e (3) um terceiro campo que aponta para o nó do grafo que representa o primeiro comando fora do escopo do comando **if**;

- Para o comando **inclusion** (*nome do caso de uso incluído*), o módulo **Análise Estática** gera um nó, chamado de nó *inclusion*, que armazena em sua estrutura o nome do caso de uso incluído pelo caso de uso analisado;
- Para o comando **extension\_condition** (*nome da extensão*): **if** (*condição da extensão*) { **extension** (*nome da extensão*)}, o módulo **Análise Estática** gera um nó, chamado de nó *extension*, que apresenta em sua estrutura um campo que armazena o nome da extensão e outro campo que aponta para a condição da extensão, armazenada em forma de árvore;
- Para o comando **extension\_definition** (*nome da extensão*) { *seqüência de comandos*}, o módulo **Análise Estática** gera um nó, chamado de nó *extension\_definition*, que armazena em sua estrutura o nome da extensão.

Os nós gerados para esses comandos são interconectados por nós intermediários que contêm apontadores para os cinco tipos de nós citados acima.

O processo de construção do grafo do fluxo de ações de um caso de uso é simples: o módulo **Análise Estática** cria um nó para cada comando encontrado no arquivo de entrada e faz com que o penúltimo nó criado aponte para o último nó e assim sucessivamente.

No entanto, para o comando **if** (*condição*) { *seqüência de comandos*}, o grafo deve ser capaz de representar fluxos alternativos. Para isso, o módulo **Análise Estática** armazena o endereço do nó *if* e, posteriormente, faz com que um dos campos desse nó aponte para o primeiro comando existente fora do escopo do **if**. Assim, constrói-se o caminho a ser percorrido quando a condição de um comando **if** não for satisfeita.

Por exemplo, para o arquivo de entrada mostrado na Figura 4.8, que especifica os casos de uso do diagrama da Figura 4.7, o módulo **Análise Estática** constrói os grafos apresentados na Figura 4.9, que representam os fluxos de ações dos casos de uso especificados nesse arquivo.

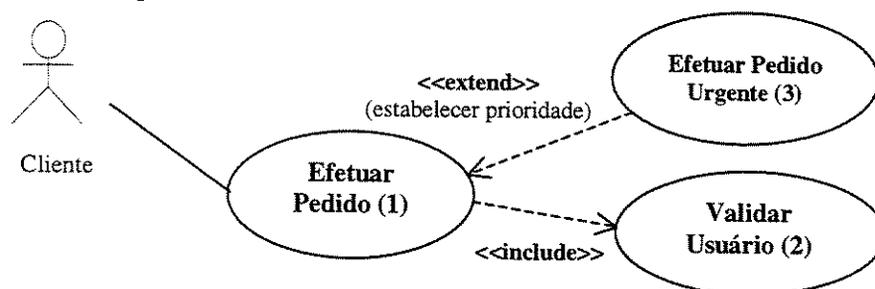


Figura 4.7 – Diagrama de casos de uso exemplo

```

use_case_identifier (1);
use_case_name (Efetuar Pedido);
actors (start Cliente);
include_relationships (1-2);
extend_relationships (3-1);
initial_states ({usuário identificado, usuário não identificado}, {pedido urgente});
actions_stream (
  inclusion (Validar Usuário);
  if (usuário identificado)
  {
    action (obter os dados do pedido do usuário);
    extension_condition (estabelecer prioridade): if (pedido urgente) {
      extension (estabelecer prioridade) }
    action (processar o pedido no prazo de manufatura estabelecido);
  }
  if (usuário não identificado)
  { action (mostrar mensagem de usuário não autorizado a utilizar o serviço);}
)

use_case_identifier (2);
use_case_name (Validar Usuário);
...

use_case_identifier (3);
use_case_name (Efetuar Pedido Urgente);
actors (start Cliente);
extend_relationships (3-1);
actions_stream (
  extension_definition (estabelecer prioridade) {
    action (obter taxa cobrada pelo serviço de urgência);
    action (informar taxa cobrada pelo serviço de urgência);
    action (diminuir o prazo de manufatura);
    action (informar o prazo especial de manufatura do serviço de urgência);
  }
)

```

Figura 4.8 – Arquivo de entrada para a ferramenta UCT

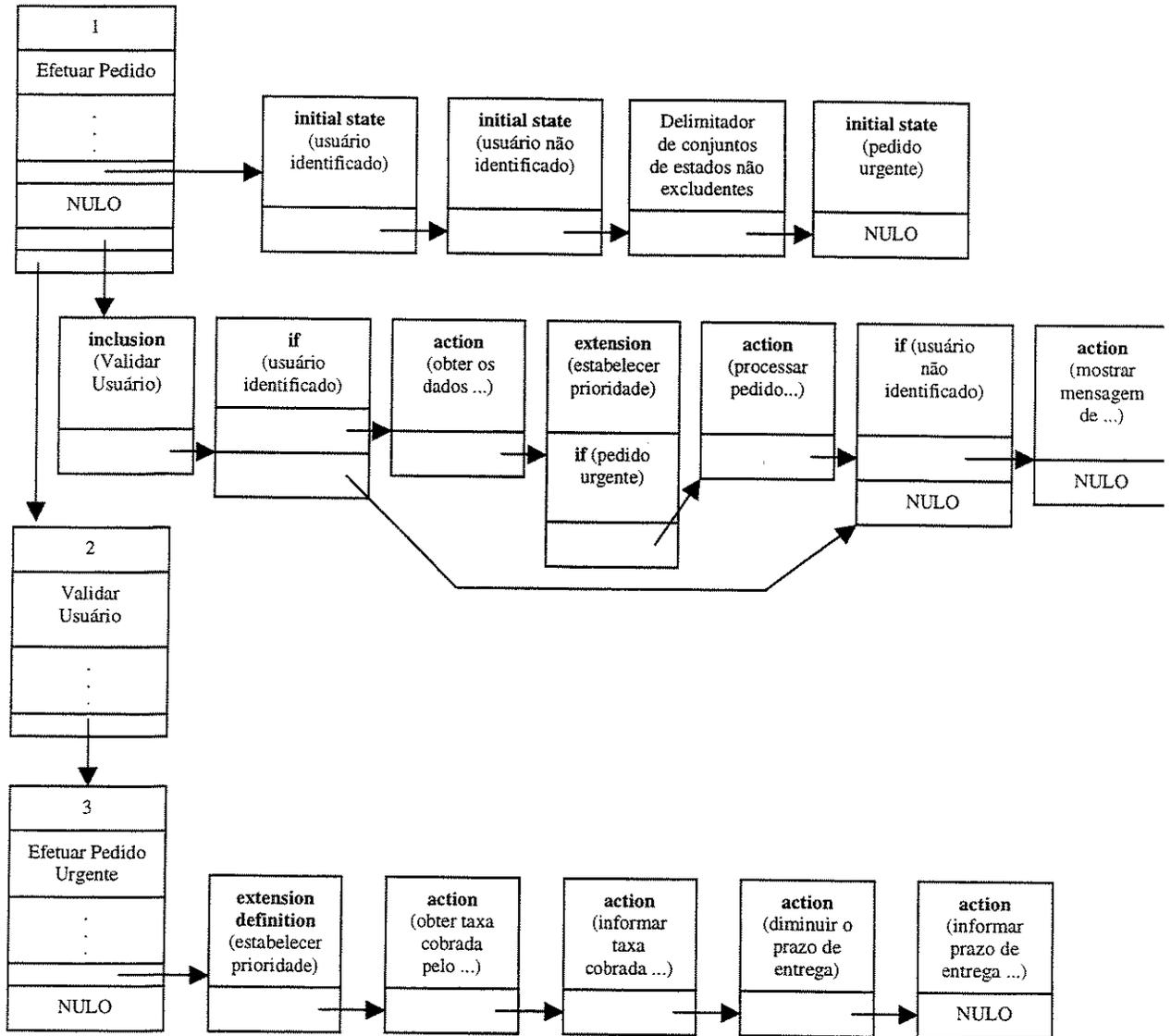


Figura 4.9 – Representação interna (parcial) gerada pelo módulo **Análise Estática** para o arquivo de entrada da Figura 4.8

#### 4.5.2. Simulação do Comportamento dos Casos de Uso

Para simular o comportamento de um caso de uso, o módulo **Simulação** percorre o grafo do fluxo de ações do caso de uso, mostrando ao usuário a seqüência de ações simuladas, ou seja, o caminho percorrido dentro do grafo. Um caminho do grafo do fluxo de ações de um caso de uso corresponde a um de seus cenários.

O módulo **Simulação** determina qual cenário de um caso de uso será simulado de acordo com os dados de teste escolhidos pelo usuário. Assim, antes de iniciar a simulação de um caso de uso, o módulo **Simulação** solicita que o usuário escolha, do conteúdo do

comando **initial\_states**, os dados a serem considerados durante a simulação. Os dados escolhidos são armazenados em uma lista, chamada de *lista de dados de teste*, que é associada ao caso de uso que se deseja simular.

Uma vez escolhidos os dados de teste para a simulação de um caso de uso, o módulo **Simulação** começa a percorrer o seu grafo de fluxo de ações. À medida que os nós do grafo são percorridos, uma mensagem de simulação de cada nó é impressa na tela. No entanto, para alguns tipos de nós do grafo, o módulo **Simulação** também adota os seguintes procedimentos:

- Ao encontrar um nó *if*, o módulo **Simulação** avalia a condição associada a esse comando. A avaliação dessa condição consiste em verificar se o conjunto de elementos que constitui a condição está presente na lista de dados de teste do caso de uso. Se essa verificação for verdadeira, a condição do comando **if** é satisfeita. Assim, o módulo **Simulação** percorre o caminho que leva ao próximo nó do grafo, que representa um comando dentro do escopo do **if**. Caso contrário, se a condição do **if** não for satisfeita, o módulo **Simulação** percorre um caminho alternativo que leva ao primeiro nó fora do escopo desse comando;
- Ao encontrar um nó *inclusion*, o módulo **Simulação** primeiramente armazena o endereço desse nó e com a informação do nome do caso de uso incluído, busca esse nome na lista de casos de uso (representação interna gerada pelo módulo **Análise Estática**). O fluxo de ações do caso de uso incluído é, então, simulado. Para realizar essa simulação, o módulo solicita que o usuário escolha dados de teste referentes ao caso de uso incluído, que encontram-se listados no comando **initial\_states** desse caso de uso. Finalizada a simulação do caso de uso incluído, o módulo **Simulação** recupera o endereço do nó *inclusion* e volta a simular o fluxo de ações do caso de uso inclusor a partir desse nó. Imprime-se no arquivo *resumo da simulação* o relacionamento de inclusão exercitado e os dados de teste escolhidos para a simulação do caso de uso inclusor e do caso de uso incluído. No arquivo *relacionamentos exercitados*, imprime-se somente o relacionamento de inclusão exercitado;
- Ao encontrar um nó *extension*, o módulo **Simulação** avalia a condição associada a esse comando. O processo de avaliação dessa condição é idêntico ao de uma condição **if** não associada a uma extensão. Se essa verificação for verdadeira, o módulo **Simulação** simula o comportamento do fluxo de ações do caso de uso extensor delimitado pela definição de extensão. Finalizada a simulação do caso de uso extensor, o módulo **Simulação** volta a simular o fluxo de ações do caso de uso estendido a partir do nó *extension*. Imprime-se no arquivo *resumo da simulação* o relacionamento de extensão exercitado e os dados de teste escolhidos para a simulação do caso de uso estendido e do caso de uso extensor. No arquivo *relacionamentos exercitados*, imprime-se somente o relacionamento de extensão exercitado. Se a condição da extensão não for satisfeita, a extensão não ocorre e o módulo **Simulação** simula a execução do próximo nó do grafo. Nesse caso, imprime-se nos arquivos *resumo da simulação* e *relacionamentos exercitados*, o relacionamento de extensão como sendo não exercitado. Um relacionamento de

extensão não exercitado constitui um requisito de teste para o conjunto de critérios **c8**, **c9** e **c10**.

Finalizada a simulação de um caso de uso, o módulo **Simulação** solicita que o usuário escolha outros casos de uso do diagrama, especificados no arquivo de entrada, para serem simulados. O usuário pode também solicitar a simulação de um caso de uso anteriormente simulado, a fim de exercitar um outro cenário desse caso de uso. Para isso, ele deve escolher um conjunto de dados de teste que seja diferente dos dados de teste escolhidos na simulação anterior. Quando o usuário conclui a simulação, o arquivo *relacionamentos exercitados* é fornecido ao módulo **Avaliação**, que o utiliza para analisar a cobertura dos requisitos de teste dos critérios aplicados.

## 4.6. Avaliação

Uma vez gerada a seqüência dos relacionamentos de comunicação, de inclusão e/ou de extensão exercitados durante a simulação, essa seqüência de exercícios é comparada com os requisitos de teste dos critérios aplicados. Essa comparação permite que a ferramenta identifique os requisitos de teste exercitados e não exercitados durante o teste por simulação, realizando uma análise de cobertura desses requisitos. Note-se que esses requisitos foram gerados anteriormente e encontram-se armazenados em estruturas internas à ferramenta.

A seqüência de relacionamentos exercitados durante o teste por simulação é escrita automaticamente no arquivo *relacionamentos exercitados*, que apresenta um formato específico. Os resultados da simulação do comportamento do caso de uso 1 da Figura 4.10, por exemplo, é armazenado no arquivo *relacionamentos exercitados* da seguinte forma:

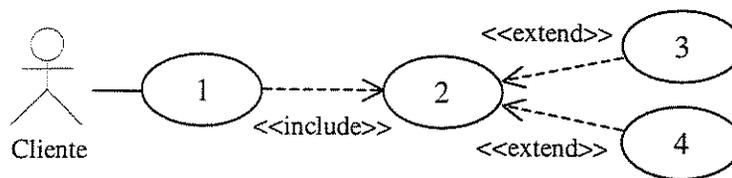


Figura 4.10 – Diagrama de casos de uso exemplo

```
Cliente-1com (uc1: 1-2inc (uc2: 3-2ext (uc3: ) 4-2_not_ext))
```

Cliente-1com representa o exercício do relacionamento de comunicação Cliente-1, que inicia o caso de uso 1. O início da simulação do comportamento desse caso de uso é representado por um “(” seguido do número do caso de uso simulado “uc1:”. O caso de uso 1 inclui o caso de uso 2, representado pelo relacionamento 1-2inc. Assim, o caso de uso 2 começa a ser executado, o que é representado por “(uc2:”. Todos os relacionamentos que estiverem entre um abre e fecha parênteses se referem à simulação de um determinado caso de uso, especificado logo após o abre parênteses. O caso de uso

2 é estendido pelo caso de uso 3, representado por “3-2ext”. Inicia-se a execução do caso de uso 3. Como o caso de uso 3 não inclui e também não é estendido por outros casos de uso, a sua simulação é representada por (uc3: ). A execução volta ao caso de uso 2, que é estendido pelo caso de uso 4, mas a condição para que essa extensão seja exercitada não é satisfeita durante a simulação. Portanto, essa extensão não é exercitada, o que é representado por 4-2\_not\_ext. Termina-se a simulação do caso de uso 2, representada por um “)”. Como o caso de uso 1 inclui apenas o caso de uso 2 e não é estendido por outros casos de uso, termina-se também a simulação desse caso de uso.

O arquivo *relacionamentos exercitados* é usado como entrada para o módulo **Avaliação** e a sua formatação tem como objetivo facilitar a comparação entre os requisitos de teste de cada critério e os relacionamentos exercitados durante a simulação. A Figura 4.11, a seguir, detalha as entradas e saídas do módulo **Avaliação**, complementando a estrutura geral da ferramenta UCT apresentada na Figura 4.2.

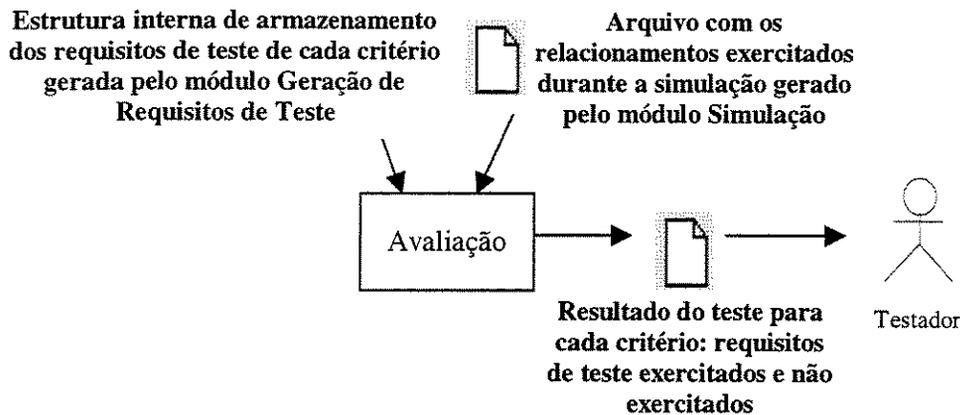


Figura 4.11 – Entradas e saídas do módulo **Avaliação**

Note-se que o módulo **Avaliação** tem como entrada dois tipos de informações que serão comparadas entre si: os requisitos de teste de cada critério e o arquivo dos relacionamentos exercitados durante a simulação. Os requisitos de teste encontram-se armazenados em estruturas internas à ferramenta. Essas estruturas consistem em listas que foram previamente geradas pelo módulo **Geração de Requisitos de Teste** e apresentam estruturas distintas para determinados conjuntos de critérios.

Para o conjunto de critérios **c1**, **c4**, **c7** e **c11**, o módulo **Geração de Requisitos** utiliza listas simples para armazenar os requisitos de teste. Para cada um desses critérios é gerada uma lista, cujos elementos apresentam dois campos: um que armazena o requisito de teste do critério (um relacionamento) e outro que armazena o resultado da comparação entre o requisito de teste e os relacionamentos exercitados durante a simulação. Esse resultado, gerado pelo módulo **Avaliação**, é representado por valores booleanos: “verdadeiro” significa que o requisito de teste foi exercitado durante o teste por simulação e “falso” significa que o requisito não foi exercitado.

A forma como o módulo **Avaliação** compara os requisitos de teste dos critérios **c1**, **c4**, **c7** e **c11** e os relacionamentos exercitados durante o teste por simulação, que encontram-se armazenados no arquivo *relacionamentos exercitados*, é apresentada nas Tabelas C.1 e C.2 do Apêndice C.

Para o conjunto de critérios **c2**, **c3**, **c5** e **c6**, o módulo **Geração de Requisitos de Teste** utiliza listas de listas para armazenar os requisitos de teste. Para cada um desses critérios é gerada uma lista, cuja estrutura é apresentada pela Figura 4.12.

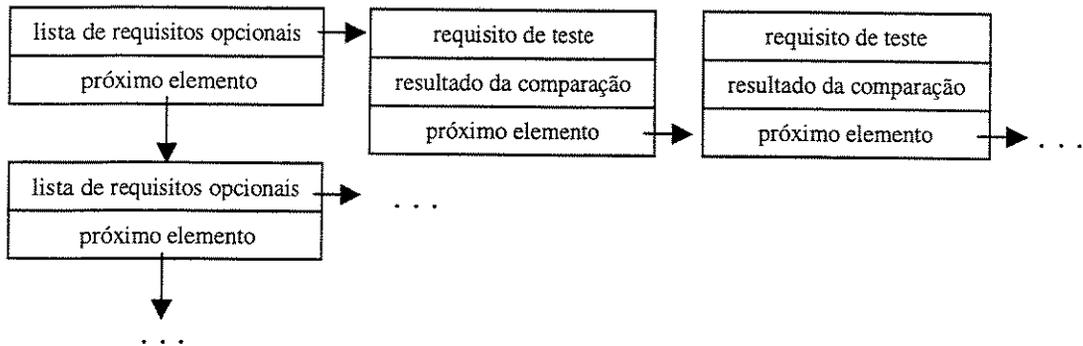


Figura 4.12 – Estrutura de armazenamento dos requisitos de teste dos critérios **c2**, **c3**, **c5** e **c6**

Nessa estrutura de listas, uma lista principal (lista na posição vertical) conecta outras listas (na posição horizontal) que armazenam os requisitos de teste cujos exercícios são opcionais. Utilizando essa estrutura de armazenamento, os requisitos de teste do critério *todos-os-inclusores* (**c2**), por exemplo, para o diagrama de casos de uso da Figura 4.13(a) são armazenados conforme mostra a Figura 4.13(b) abaixo.

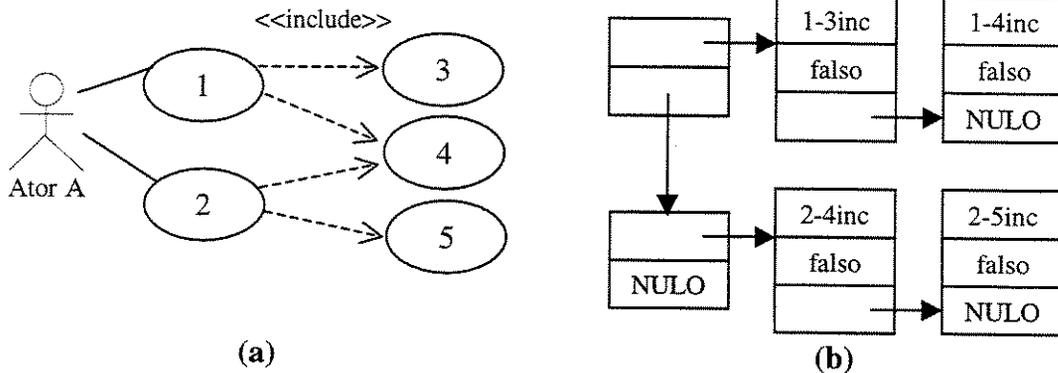


Figura 4.13 – Exemplo de armazenamento dos requisitos de teste do critério **c2**

Os requisitos de teste “1-3inc” e “1-4inc”, apresentados na Figura 4.13(b), são requisitos de teste opcionais, uma vez que se apenas um desses requisitos for exercitado durante a simulação, o critério **c2** é satisfeito. Assim, para que o critério **c2** seja satisfeito é necessário que sejam exercitados os requisitos de teste “1-3inc” ou “1-4inc” e os requisitos de teste “2-4inc” ou “2-5inc”.

A forma como é realizada a comparação entre os requisitos de teste dos critérios **c2**, **c3**, **c5** e **c6** e os relacionamentos exercitados durante o teste por simulação é apresentada na Tabela C.3 do Apêndice C. O procedimento mostrado nessa Tabela para a avaliação da cobertura dos requisitos de teste desses critérios é similar ao utilizado para avaliar a cobertura dos requisitos de teste dos critérios **c1**, **c4**, **c7** e **c11** mostrado na Tabela C.1 do Apêndice C. Existem apenas duas diferenças que os distinguem.

Uma dessas diferenças está relacionada à forma como os requisitos de teste dos critérios são armazenados. Isso faz com que o procedimento dos critérios **c2**, **c3**, **c5** e **c6** percorra listas de listas enquanto o procedimento dos critérios **c1**, **c4**, **c7** e **c11** percorre listas simples.

A outra diferença diz respeito ao conteúdo do arquivo do resultado da avaliação. O procedimento dos critérios **c2**, **c3**, **c5** e **c6**, assim como o procedimento dos critérios **c1**, **c4**, **c7** e **c11**, imprime no arquivo *resultado* os requisitos de teste exercitados (relacionamentos cujos valores dos campos *resultado da comparação* forem verdadeiros) e os requisitos não exercitados durante a simulação. Os requisitos de teste não exercitados dos critérios **c1**, **c4**, **c7** e **c11** consistem em requisitos a serem exercitados em simulações futuras, para os quais o testador projetará novos casos de teste que visam exercitá-los.

No entanto, entre os requisitos de teste não exercitados dos critérios **c2**, **c3**, **c5** e **c6** nem todos precisam ser exercitados em simulações futuras. Assim, para esses critérios um outro procedimento distingue entre os requisitos de teste não exercitados quais devem ser necessariamente exercitados em simulações futuras para que o critério seja satisfeito.

Por exemplo, se o critério *todos-os-inclusores* (**c2**) for aplicado no teste por simulação do diagrama de casos de uso da Figura 4.13(a) e o relacionamento “1-3” for o único requisito de teste exercitado, o conteúdo do arquivo *resultado\_crit2* é apresentado conforme mostra a Figura 4.14 abaixo.

```
RESULTADOS DA SIMULACAO SEGUNDO O CRITERIO 2
----- Requisitos de teste exercitados durante a simulação -----
    1-3
--- Requisitos de teste não exercitados durante a simulação ---
    1-4
    2-4
    2-5
-- Requisitos de teste a serem exercitados em simulações futuras
    2-4 ou 2-5
```

Figura 4.14 – Arquivo *resultado\_crit2*

Note-se que o requisito de teste “1-4” não foi exercitado, mas o seu exercício não é necessário para que o critério **c2** seja satisfeito, uma vez que esse critério define como requisito de teste o exercício dos relacionamentos “1-3” ou “1-4” e o relacionamento “1-3” já foi exercitado.

Para o conjunto de critérios **c8**, **c9** e **c10**, o módulo **Geração de Requisitos de Teste** também utiliza listas de listas para armazenar os requisitos de teste. Essas listas apresentam a mesma estrutura apresentada na Figura 4.12. No entanto, as listas que são interconectadas pela lista principal não armazenam requisitos de testes opcionais (critérios **c2**, **c3**, **c5** e **c6**), mas sim os requisitos de teste dos critérios **c8**, **c9** e **c10**, que consistem em conjuntos de relacionamentos de extensão que têm como destino um único caso de uso (critérios **c8** e **c9**) ou conjuntos de relacionamentos de extensão que partem de um único caso de uso e estendem outros casos de uso (critério **c10**).

A forma como é realizada a comparação entre os requisitos de teste dos critérios **c8**, **c9** e **c10** e os relacionamentos exercitados durante o teste por simulação é apresentada nas Tabelas C.4 e C.5 do Apêndice C.

Finalizada a análise de cobertura dos requisitos de teste dos critérios aplicados durante a simulação, o módulo **Avaliação** disponibiliza ao usuário os arquivos com os resultados do teste. É também disponibilizado ao usuário o arquivo *resumo da simulação*, gerado pelo módulo **Simulação**.

## 4.7. Considerações Finais

Nesse capítulo, foi apresentada a ferramenta de teste UCT – *Use Case Tester*, desenvolvida com o objetivo de apoiar a aplicação dos critérios de teste baseados em casos de uso propostos.

Essa ferramenta possui três funcionalidades principais, que consistem em:

- Levantar os requisitos de teste dos critérios definidos;
- Simular a execução de casos de teste a partir das especificações textuais dos casos de uso de um diagrama;
- Realizar a análise de cobertura da estrutura do diagrama a partir dos resultados da simulação.

Essas funcionalidades são implementadas pelos módulos **Geração de Requisitos de Teste**, **Simulação** e **Avaliação**, respectivamente. É importante ressaltar que o arquivo de entrada da ferramenta UCT deve descrever os casos de uso de um diagrama por meio da linguagem de descrição de casos de uso apresentada na Seção 4.1. Um outro módulo da ferramenta, chamado de módulo **Análise Estática**, realiza a leitura desse arquivo de

entrada e armazena as informações necessárias para apoiar a execução das três principais funcionalidades da ferramenta.

O módulo **Geração de Requisitos de Teste** utiliza as informações armazenadas sobre a estrutura do diagrama de casos de uso para gerar os requisitos de teste para os critérios de teste escolhidos pelo usuário. Em seguida, o módulo **Simulação** simula o comportamento dos casos de uso do diagrama, solicitando ao usuário os dados de teste a serem considerados durante a simulação de cada caso de uso. Um conjunto de dados de teste determina qual cenário do caso de uso será simulado. Finalizada a simulação, o módulo **Avaliação** verifica quais requisitos de teste foram exercitados e não exercitados durante a simulação, informando ao usuário a cobertura da estrutura do diagrama obtida.

No capítulo seguinte é apresentado um exemplo de aplicação da ferramenta UCT com o objetivo de mostrar o seu funcionamento para um caso real e, principalmente, a viabilidade da aplicação do conjunto de critérios proposto.



# Capítulo 5 – Estudo de Caso

Um estudo de caso foi realizado aplicando-se o conjunto de critérios proposto, por meio da ferramenta UCT, no diagrama de casos de uso do sistema de controle da Telesp Celular apresentado na Figura 3.1 (Capítulo 3). Nesse estudo de caso, os critérios foram aplicados para avaliar um conjunto de casos de teste funcional, gerado a partir da abordagem de Heumann [Heu01] para o mesmo diagrama. O objetivo desse estudo de caso é detalhado na Seção 5.1 a seguir.

Nas duas outras seções desse Capítulo são apresentados: (1) os passos realizados para a geração, segundo a abordagem de Heumann, do conjunto de casos de teste funcional utilizado no experimento; e (2) a simulação desses casos de teste na ferramenta UCT com a conseqüente geração e avaliação dos requisitos de teste exercitados. Foram simulados os casos de teste gerados para todos os casos de uso do diagrama; é mostrada apenas a simulação para um caso de uso em particular.

## 5.1. Objetivo do Estudo de Caso

A abordagem de Heumann, assim como as demais abordagens apresentadas no Capítulo 2, consiste em uma abordagem de derivação de casos de teste funcionais que, além de utilizar uma especificação de software como fonte de informação para o teste, analisa as características funcionais dessa especificação. Os critérios de teste propostos, apesar de serem classificados como critérios *funcionais*, por terem como base uma especificação de software, não consideram as características funcionais dessa especificação; consideram as características *estruturais*.

Essa particularidade permite que esses critérios avaliem os casos de teste funcionais gerados segundo a abordagem de Heumann sob uma visão distinta. Assim, o objetivo de se aplicar os critérios propostos para se avaliar a massa de teste puramente funcional gerada pela abordagem de Heumann é verificar se os critérios propostos evidenciam aspectos relevantes de teste não cobertos por essa massa de teste.

## 5.2. Derivando Casos de Teste Segundo a Abordagem de Heumann

Conforme proposto por Cockburn [Coc01] e adotado por Heumann [Heu01], para cada caso de uso do diagrama da Telesp Celular foi elaborada uma especificação textual

que detalha a funcionalidade do caso de uso, descrevendo o seu fluxo de ações. Essas descrições textuais estão disponíveis no Apêndice E.

O primeiro passo para a derivação de casos de teste segundo a abordagem de Heumann [Heu01] foi a identificação de um conjunto de cenários para cada caso de uso do diagrama da Telesp Celular. Esse diagrama, desenvolvido por profissionais da Embrapa Informática Agropecuária [Cha02], foi apresentado na Figura 3.1 (Capítulo 3), mas é reapresentado na Figura 5.1 abaixo para facilitar o acompanhamento do estudo de caso. Os cenários identificados para cada caso de uso desse diagrama foram nomeados e organizados em tabelas, que se encontram disponíveis no Apêndice E.

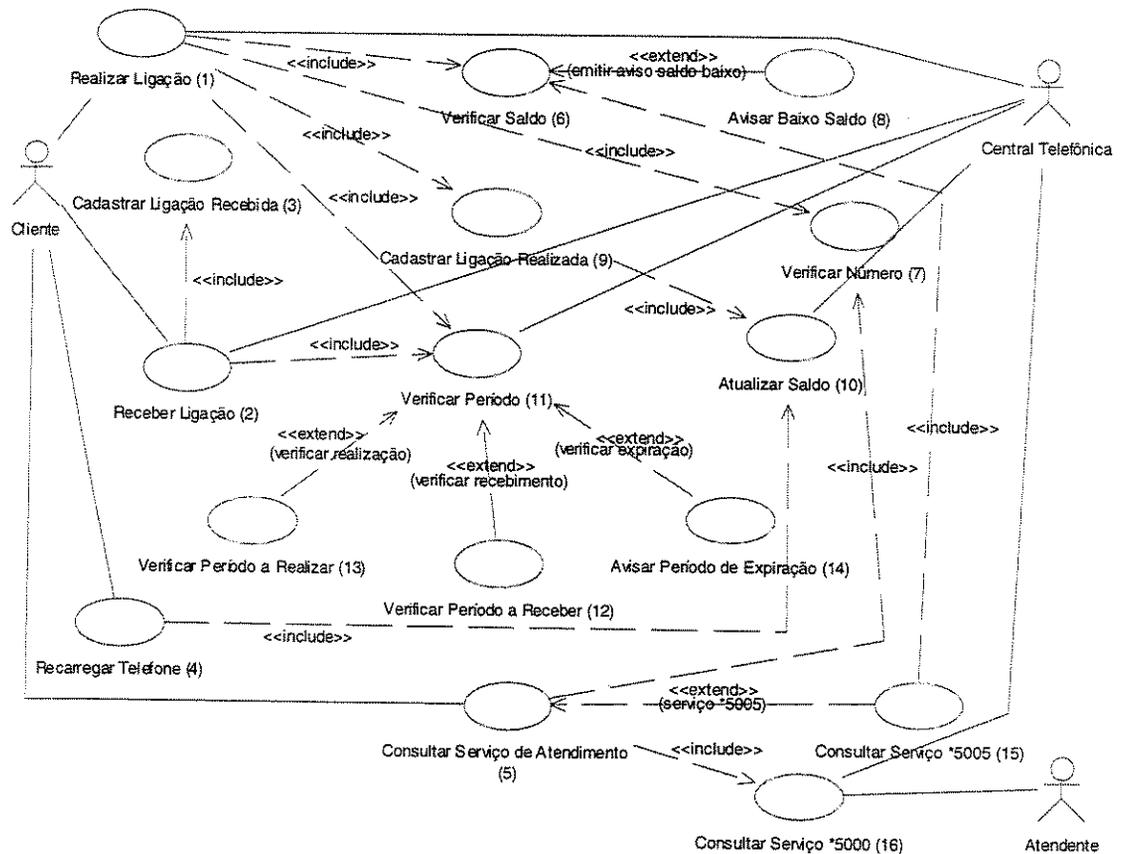


Figura 5.1 – Diagrama de casos de uso do sistema de controle do celular pré-pago Baby da Telesp

Para descrever o estudo de caso é utilizado como exemplo o caso de uso **Realizar Ligação**. Analisando-se a especificação textual desse caso de uso, foi possível identificar um conjunto de sete cenários. As Tabelas 5.1 e 5.2 apresentam a especificação textual do caso de uso **Realizar Ligação** e o conjunto de cenários identificados, respectivamente.

Tabela 5.1 – Especificação textual simplificada do caso de uso **Realizar Ligação**  
(continua na próxima página)

<b>Nome do Caso de Uso</b>	<b>Realizar Ligação</b>
<b>Nro. de Identificação</b>	<b>1</b>
<b>Atores</b>	Cliente (ator iniciante), Central Telefônica
<b>Evento Iniciante</b>	Cliente solicita a realização de uma ligação
<b>Inclusões</b>	Caso de uso <b>Verificar Número</b> Caso de uso <b>Verificar Saldo</b> Caso de uso <b>Verificar Período</b> Caso de uso <b>Cadastrar Ligação Realizada</b>
<b>Extensões</b>	
<b>Descrição</b>	<p>O cliente tecla no seu celular o número a ser chamado. O sistema, primeiramente, verifica se o número teclado é um número de telefone válido (caso de uso <b>Verificar Número</b>).</p> <p>Se a ligação for para um número de telefone válido e comum, o sistema verifica se o cliente possui saldo suficiente para realizar a ligação (caso de uso <b>Verificar Saldo</b>). No entanto, se a ligação for para um número de telefone válido mas não comum (ligação a cobrar, para código de emergência ou número gratuito), o sistema não verifica o saldo do cliente, pois nesse caso a realização da ligação depende apenas do período em que se encontra seu crédito.</p> <p>O próximo passo consiste em verificar o período em que se encontra o crédito do cliente (caso de uso <b>Verificar Período</b>).</p> <p>Se as verificações do número de telefone solicitado, do saldo do cliente e do período do seu crédito forem válidas, o sistema solicita que a Central Telefônica complete a ligação. Ao término da ligação, essa é cadastrada e o saldo do cliente é atualizado (caso de uso <b>Cadastrar Ligação Realizada</b>)</p>
<b>Fluxo Básico</b>	
<b>Passo 1</b>	inclusão ( <b>Verificar Número</b> )
<b>Passo 2</b>	Número teclado pelo cliente é um número de telefone comum e válido (número real e pertencente à área de cobertura da Telesp Celular) - inclusão ( <b>Verificar Saldo</b> )
<b>Passo 3</b>	Saldo do cliente é suficiente - inclusão ( <b>Verificar Período</b> )
<b>Passo 4</b>	Crédito do cliente está em período válido para realizar ligação - sistema solicita que a Central Telefônica complete a ligação requisitada pelo cliente - quando a ligação tiver sido finalizada, inclusão ( <b>Cadastrar Ligação Realizada</b> )  caso de uso encerrado

Tabela 5.1 – Especificação textual simplificada do caso de uso **Realizar Ligação** (continuação)

<b>Fluxos Alternativos</b>	
<b>Fluxo Alternativo 1</b>	<p>No <b>Passo 2</b> do <b>Fluxo Básico</b>, o número teclado pelo cliente é um número de telefone comum e não válido (número inexistente ou não pertencente a área de cobertura da Telesp Celular)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Central Telefônica não completa a ligação requisitada pelo cliente</li> <li>- sistema envia ao cliente uma mensagem de cancelamento da ligação solicitada devido ao número ser inválido</li> </ul> <p><b>caso de uso encerrado</b></p>
<b>Fluxo Alternativo 2</b>	<p>No <b>Passo 2</b> do <b>Fluxo Básico</b>, o número teclado pelo cliente é um número de telefone não comum e válido (número real e pertencente a área de cobertura da Telesp Celular)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- caso de uso <b>Verificar Saldo</b> não é incluído</li> <li>- inclusão (<b>Verificar Período</b>)</li> </ul> <p><b>Voltar ao Passo 4 do Fluxo Básico</b></p>
<b>Fluxo Alternativo 3</b>	<p>No <b>Passo 2</b> do <b>Fluxo Básico</b>, o número teclado pelo cliente é um número de telefone não comum e não válido (número inexistente ou não pertencente a área de cobertura da Telesp Celular)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Central Telefônica não completa a ligação requisitada pelo cliente</li> <li>- sistema envia ao cliente uma mensagem de cancelamento da ligação solicitada devido ao número ser inválido</li> </ul> <p><b>caso de uso encerrado</b></p>
<b>Fluxo Alternativo 4</b>	<p>No <b>Passo 3</b> do <b>Fluxo Básico</b>, o saldo do cliente é insuficiente</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Central Telefônica não completa a ligação requisitada pelo cliente</li> <li>- sistema envia ao cliente uma mensagem de cancelamento da ligação solicitada devido ao seu saldo ser insuficiente para realizar ligação</li> </ul> <p><b>caso de uso encerrado</b></p>
<b>Fluxo Alternativo 5</b>	<p>No <b>Passo 4</b> do <b>Fluxo Básico</b>, o crédito do cliente não está em período válido para realizar ligação</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Central Telefônica não completa a ligação requisitada pelo cliente</li> <li>- sistema envia ao cliente uma mensagem de cancelamento da ligação solicitada devido ao período em que se encontra o crédito do cliente não ser um período válido para realizar ligação</li> </ul> <p><b>caso de uso encerrado</b></p>

Tabela 5.2 – Tabela de cenários para o caso de uso 1 (caso de uso **Realizar Ligação**)

<b>Cenário 1A</b> – Ligação realizada para número de telefone comum e válido (real e pertencente à área de cobertura da Telesp). Cliente com saldo suficiente e em período válido p/ realizar ligação	Fluxo Básico		
<b>Cenário 1B</b> – Ligação realizada para número de telefone comum e não-válido (número inexistente ou não-pertencente à área de cobertura da Telesp)	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 1	
<b>Cenário 1C</b> – Ligação realizada para número de telefone não-comum e válido (real e pertencente à área de cobertura da Telesp). Cliente em período válido p/ realizar ligação	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 2	
<b>Cenário 1D</b> – Ligação realizada para número de telefone não-comum e válido (real e pertencente à área de cobertura da Telesp). Cliente em período inválido p/ realizar ligação	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 2	Fluxo Alternativo 5
<b>Cenário 1E</b> – Ligação realizada para número de telefone não-comum e não-válido (número inexistente ou não-pertencente à área de cobertura da Telesp Celular)	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 3	
<b>Cenário 1F</b> – Ligação realizada para número de telefone comum e válido (real e pertencente à área de cobertura da Telesp). Cliente com saldo insuficiente	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 4	
<b>Cenário 1G</b> – Ligação realizada para número de telefone comum e válido (real e pertencente à área de cobertura da Telesp). Cliente com saldo suficiente, mas em período inválido para realizar ligação	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 5	

Identificado o conjunto de cenários para cada caso de uso do diagrama, o próximo passo consistiu em desenvolver um ou mais casos de teste para cada cenário. A derivação de casos de teste para um determinado cenário foi realizada identificando-se a condição específica que faz com que o cenário seja executado.

Por exemplo, para a derivação de casos de teste para o cenário 1C da Tabela 5.2, a condição específica que faz com que esse cenário seja executado é composta pelo conjunto de dados: *número de telefone não-comum, válido e crédito do cliente em período válido*. Considerando que existem três tipos de números de telefone classificados como números de telefone não-comuns – *número de ligação a cobrar, número de ligação gratuita e número de emergência* – foi possível desenvolver mais de um caso de teste para o cenário 1C.

Os casos de teste desenvolvidos para o caso de uso **Realizar Ligação** encontram-se listados na Tabela 5.3. Nessa tabela, cada linha representa um caso de teste, ao qual estão associados um número identificador, o cenário a ser executado, o conjunto de dados que participa do caso de teste e o resultado esperado.

Na primeira coluna dessa tabela, o número que identifica um caso de teste é apresentado no formato “CT x1-x2”, sendo que “CT” consiste em uma abreviação usada para Caso de Teste, “x1” indica o número que representa o caso de uso analisado e “x2” indica o número do caso de teste desenvolvido. Nas colunas que apresentam o conjunto de dados que constitui um caso de teste, um “V” indica que o dado deve ser *válido*, enquanto um “I” indica que o dado deve ser *inválido*. Um “n/a” indica que o dado não é aplicável ao caso de teste. Por exemplo, os casos de teste 3, 4 e 5, que encontram-se realçados na Tabela 5.3, foram desenvolvidos para que o cenário 1C seja executado.

Tabela 5.3 – Tabela de casos de teste para o caso de uso 1: caso de uso **Realizar Ligação** (continua na próxima página)

Caso de Teste	Cenários	# Discado Comum	Ligação a Cobrar	# Gratuito	# Emergência	# Válido	Saldo Suficiente	Período Válido	Resultado Esperado
CT 1-1	1A	V	I	I	I	V	V	V	Ligação solicitada pelo cliente realizada
CT 1-2	1B	V	I	I	I	I	n/a	n/a	Ligação solicitada pelo cliente não realizada – número inválido. Mensagem de defeito ao cliente
<b>CT 1-3</b>	<b>1C</b>	I	<b>V</b>	I	I	V	n/a	V	Ligação solicitada pelo cliente realizada
<b>CT 1-4</b>	<b>1C</b>	I	I	<b>V</b>	I	V	n/a	V	Ligação solicitada pelo cliente realizada
<b>CT 1-5</b>	<b>1C</b>	I	I	I	<b>V</b>	V	n/a	V	Ligação solicitada pelo cliente realizada
CT 1-6	1D	I	V	I	I	V	n/a	I	Ligação solicitada pelo cliente não realizada – período do crédito do cliente inválido. Mensagem de defeito ao cliente

Tabela 5.3 – Tabela de casos de teste para o caso de uso **1**: caso de uso **Realizar Ligação** (continuação)

Caso de Teste	Cenários	# Discado Comum	Ligação a Cobrar	# Gratuito	# Emergência	# Válido	Saldo Suficiente	Período Válido	Resultado Esperado
CT 1-7	<b>1D</b>	I	I	V	I	V	n/a	I	Ligação solicitada pelo cliente não realizada – período do crédito do cliente inválido. Mensagem de defeito ao cliente
CT 1-8	<b>1D</b>	I	I	I	V	V	n/a	I	Ligação solicitada pelo cliente não realizada – período do crédito do cliente inválido. Mensagem de defeito ao cliente
CT 1-9	<b>1E</b>	I	V	I	I	I	n/a	n/a	Ligação solicitada pelo cliente não realizada – número inválido. Mensagem de defeito ao cliente
CT 1-10	<b>1E</b>	I	I	V	I	I	n/a	n/a	Ligação solicitada pelo cliente não realizada – número inválido. Mensagem de defeito ao cliente
CT 1-11	<b>1E</b>	I	I	I	V	I	n/a	n/a	Ligação solicitada pelo cliente não realizada – número inválido. Mensagem de defeito ao cliente
CT 1-12	<b>1F</b>	V	I	I	I	V	I	n/a	Ligação solicitada pelo cliente não realizada – saldo do cliente insuficiente. Mensagem de defeito ao cliente
CT 1-13	<b>1G</b>	V	I	I	I	V	V	I	Ligação solicitada pelo cliente não realizada – período do crédito do cliente inválido. Mensagem de defeito ao cliente

Os casos de teste desenvolvidos segundo a abordagem de Heumann [Heu01] para os demais casos de uso do diagrama exemplo da Telesp Celular encontram-se especificados no Apêndice F.

### 5.3. Simulando os Casos de Teste Gerados na Ferramenta UCT

Como entrada para a ferramenta UCT foi gerado um arquivo texto que descreve os casos de uso do diagrama da Telesp Celular (Figura 5.1) por meio da linguagem de descrição de casos de uso apresentada na Seção 4.1. Esse arquivo de entrada foi elaborado tendo como base as especificações textuais de casos de uso, descritas no Apêndice E, geradas para cada caso de uso do diagrama.

A seguir, um trecho desse arquivo texto de entrada para a ferramenta UCT é apresentado. Esse trecho corresponde à especificação do caso de uso **Realizar Ligação**.

```
use_case_identifier(1);
use_case_name(RealizarLigacao);
actors(start Cliente);
include_relationships(1-6, 1-7, 1-9, 1-11);
initial_states({realizarLigacao, receberLigacao, recarregarTelefone},
  {numComum, numACobrar, numGratuito, numEmergencia},
  {numValido, numInvalido}, {saldoSuficiente, saldoInsuficiente},
  {periodoValido, periodoInvalido});
actions_stream(
  inclusion(VerificarNumero);

  if (numValido)
  {
    if (numComum)
    { inclusion(VerificarSaldo);}

    if ((numComum and saldoSuficiente) or (numACobrar or (numGratuito or
numEmergencia)))
    {
      inclusion(VerificarPeriodo);
      if (periodoValido)
      {
        action(SistemaSolicitaQueCentralTelefonicaCompleteLigacaoRequisita
daPeloCliente);
        inclusion(CadastrarLigacaoRealizada);
      }
      if (periodoInvalido)
      {
        action(CentralTelefonicaNaoCompletaLigacaoRequisitadaPeloCliente);
        action(SistemaMostraMensagemAoCliente:"CancelamentoDaLigacao-
PeriodoInvalido");
      }
    }

    if (numComum and saldoInsuficiente)
    {
      action(CentralTelefonicaNaoCompletaLigacaoRequisitadaPeloCliente);
      action(SistemaMostraMensagemAoCliente:"CancelamentoDaLigacao-
SaldoInsuficiente");
    }
  }
}
```

```

if (numInvalido)
{
  action(CentralTelefonicaNaoCompletaLigacaoRequisitadaPeloCliente);
  action(SistemaMostraMensagemAoCliente:"CancelamentoDaLigacao-
  NumeroInvalido");
}
)

```

Note-se que na seção `initial_state` estão listados os dados presentes nas condições existentes dentro do fluxo de ações do caso de uso.

Tendo como entrada o arquivo texto que descreve os casos de uso do diagrama, a ferramenta UCT invoca o módulo **Geração de Requisitos de Teste** para gerar os requisitos de teste dos critérios escolhidos pelo usuário. Esses requisitos de teste foram armazenados em arquivos e disponibilizados ao usuário. Para o critério *todos-os-estendidos-combinações (c9)*, por exemplo, foi gerado o arquivo *requisitos9*, apresentado a seguir.

Requisitos de Teste para o Critério Todos-os-estendidos-combinacoes (c9)

Caso de uso estendido: 11  
 Caso de uso extensor: 14  
 Por meio dos relacionamentos de extensao: 14-11

-----  
 Caso de uso estendido: 11  
 Caso de uso extensor: 13  
 Por meio dos relacionamentos de extensao: 13-11

-----  
 Caso de uso estendido: 11  
 Caso de uso extensor: 12  
 Por meio dos relacionamentos de extensao: 12-11

-----  
 Quantidade total de extensoes que estendem o caso de uso 11 (m): 3  
 -----

Combinacoes dos Relacionamentos

12-11	13-11	14-11
E	E	E
E	E	NE
E	NE	E
E	NE	NE
NE	E	E
NE	E	NE
NE	NE	E
NE	NE	NE

Após a geração automática dos requisitos de teste para os critérios escolhidos pelo usuário, a ferramenta UCT invoca o módulo **Simulação**, que solicita ao usuário o número do caso de uso que se deseja simular. Escolheu-se simular o comportamento do caso de uso **Realizar Ligação**, que é representado pelo número 1.

O próximo passo consiste em escolher os dados válidos para essa simulação. O módulo **Simulação** solicita que essa escolha seja realizada entre os dados especificados no comando **initial\_states** do caso de uso 1 do arquivo de entrada. Esses dados, que consistem em dados de entrada para o teste por simulação, podem ser escolhidos de forma não sistemática. No entanto, como se deseja avaliar os casos de teste funcionais previamente gerados pela abordagem de Heumann [Heu01], os dados de teste escolhidos corresponderam aos dados de teste especificados na Tabela 5.3, que apresenta os dados de teste gerados para o caso de uso 1 segundo essa abordagem.

Escolhidos os dados de teste para o caso de uso 1, dá-se início à simulação. Simulou-se a execução de todos os casos de teste especificados na Tabela 5.3. No entanto, no arquivo *resumo da simulação* abaixo é apresentado apenas o histórico da simulação do caso de teste CT 1-1 dessa tabela.

Durante a simulação, para cada caso de uso incluído pelo caso de uso 1, uma nova escolha de dados de teste foi requisitada. Essa escolha é realizada entre os dados pertencentes ao caso de uso incluído. Para cada caso de uso a ser estendido por outro, entre os dados desse caso de uso a serem escolhidos encontra-se um ou mais dados que constituem a condição da extensão, que é sempre avaliada no caso de uso a ser estendido. O caso de uso extensor é acessado (a extensão ocorre) somente se essa condição tiver sido satisfeita.

#### RESUMO DA SIMULACAO

```
----- Simulacao do caso de uso 1 -----  
  
Dados de teste para o caso de uso 1:  
realizarLigacao,numComum,numValido,saldoSuficiente,periodoValido  
  
Relacionamento de inclusao exercitado: 1-7  
Dados de teste para o caso de uso 7:  
numComum,numExistente,numAreaCobertura  
  
Relacionamento de inclusao exercitado: 1-6  
Dados de teste para o caso de uso 6: saldoIgual2  
  
Relacionamento de extensao exercitado: 8-6  
Dados de teste para o caso de uso 8: -  
  
Relacionamento de inclusao exercitado: 1-11  
Dados de teste para o caso de uso 11: realizarLigacao,mesmaDataCorrente
```

Relacionamento de extensao nao exercitado: 12-11  
Dados de teste para o caso de uso 12: -

Relacionamento de extensao exercitado: 13-11  
Dados de teste para o caso de uso 13: periodo1,numComum

Relacionamento de extensao exercitado: 14-11  
Dados de teste para o caso de uso 14: periodoAtualExpirando

Relacionamento de inclusao exercitado: 1-9  
Dados de teste para o caso de uso 9: ligacaoFinalizadaNormalmente

Relacionamento de inclusao exercitado: 9-10  
Dados de teste para o caso de uso 10: realizarLigacao

---

## 5.4. Avaliando os Casos de Teste Simulados com a Ferramenta UCT

Finalizada a simulação do comportamento do caso de uso 1, executando-se os casos de teste projetados para esse caso de uso e os casos de teste projetados para os casos de uso incluídos por este, a ferramenta UCT invoca o módulo **Avaliação**, que analisa os requisitos de teste exercitados e não exercitados durante o teste por simulação. Para o critério *todos-os-estendidos-combinações* (**c9**), por exemplo, esse módulo gerou o arquivo *resultado\_crit9*, apresentado a seguir. Os demais critérios de teste propostos e aplicados nesse experimento foram satisfeitos pelo conjunto de casos de teste utilizado.

RESULTADOS DA AVALIACAO DA SIMULACAO PARA O CRITERIO c9

----- Requisitos de teste exercitados durante a simulacao -----

Combinacoes dos Relacionamentos

12-11	13-11	14-11
E	NE	E
E	NE	NE
NE	E	E
NE	E	NE

----- Requisitos de teste nao exercitados durante a simulacao -----

Combinacoes dos Relacionamentos

12-11	13-11	14-11
E	E	E
E	E	NE
NE	NE	E
NE	NE	NE

Analisando os resultados da avaliação, note-se que, entre os requisitos de teste não exercitados durante a simulação, encontram-se dois requisitos de teste considerados *não-exercitáveis*. De maneira análoga à definição de não-executabilidade de um requisito de teste para o teste baseado em programas [Cha91], no teste por simulação um requisito de teste é dito *não-exercitável* quando não é possível derivar casos de teste que façam com que esse requisito seja exercitado.

Para os requisitos	12-11	13-11	14-11 ,
	E	E	E
	E	E	NE

as condições das extensões 12-11 e 13-11 apresentam dados excludentes, ou seja, quando o dado pertencente à condição da extensão 12-11 for escolhido como válido, o dado da condição da extensão 13-11 não pode ser válido também, uma vez que um cliente não pode estar ao mesmo tempo realizando e recebendo ligações. Logo, o exercício de ambas as extensões 12-11 e 13-11 é um requisito de teste não-exercitável.

Os outros dois requisitos de teste não exercitados,	12-11	13-11	14-11 ,
		NE	NE
		NE	E
		NE	NE

revelam ao testador a existência de dois cenários não executados pelos casos de teste funcionais projetados pela abordagem de Heumann [Heu01].

O primeiro cenário consiste no acionamento dos casos de uso 11 e 14 (casos de uso **Verificar Período** e **Avisar Período de Expiração**, respectivamente), sendo que os casos de uso 12 e 13 não devem ser exercitados. Esse cenário é executado quando a Central Telefônica, em toda mudança automática da data corrente do sistema, solicita uma consulta à validade do período do crédito do cliente com o objetivo de emitir-lhe um aviso, caso essa validade esteja expirando no prazo de três dias.

O segundo cenário não executado consiste no exercício do caso de uso 11 (caso de uso **Verificar Período**) sem que sejam exercitados os casos de uso 12, 13 e 14 (casos de uso **Verificar Período a Receber**, **Verificar Período a Realizar** e **Avisar Período de Expiração**, respectivamente), que estendem o caso de uso 11. Analisando-se a especificação textual do caso de uso 11, percebe-se que não é possível exercitar esse requisito de teste devido a um engano cometido em sua especificação.

A forma como o caso de uso 11 foi especificado faz com que as extensões que ocorrem nesse caso de uso não representem comportamentos opcionais, mas façam parte do comportamento padrão do caso de uso. Na realidade, o comportamento padrão desse caso de uso foi especificado como sendo um conjunto de extensões, o que não respeita a característica de excepcionalidade do relacionamento de extensão da UML. De acordo com Booch et al. [Boo99], as extensões devem ser usadas para modelar casos de exceção, ou seja, casos opcionais que podem ocorrer a partir do comportamento padrão de um caso de uso. Esses casos de exceção ocorrem somente em certas situações, dadas pela condição do relacionamento.

Em resumo, os resultados da aplicação do critério *todos-os-estendidos-combinações* (c9) permitiram identificar: (1) um cenário não executado pelos casos de teste gerados pela abordagem de Heumann [Heu01]; e (2) uma incoerência semântica na especificação do diagrama de casos de uso da Telesp Celular.

## 5.5. Considerações Finais

O estudo de caso realizado consistiu na aplicação do conjunto de critérios proposto, por meio da ferramenta UCT, no diagrama de casos de uso do sistema da Telesp Celular (Figura 5.1). Nesse estudo de caso, os critérios foram aplicados para avaliar um conjunto de casos de teste puramente funcional, gerado a partir da abordagem de Heumann [Heu01] para o mesmo diagrama.

Essa aplicação obteve resultados satisfatórios, uma vez que os critérios propostos permitiram evidenciar um aspecto relevante de teste não coberto pelo conjunto de casos de teste puramente funcional. Além de identificar um cenário não executado por esse conjunto de casos de teste, os critérios propostos permitiram identificar uma incoerência semântica na especificação do diagrama de casos de uso analisado.

Esses resultados indicam que os critérios propostos, que visam a exercitar a *estrutura* de um diagrama de casos de uso, permitem tanto avaliar a qualidade de um conjunto de casos de teste desenvolvido a partir de uma técnica puramente funcional como também detectar defeitos na especificação do sistema. Em especial, essa última observação é importante, pois indica que os critérios são úteis para a detecção de defeitos em uma fase inicial do desenvolvimento de software, na qual o custo da correção de defeitos é bem menor.



# Capítulo 6 – Conclusões

## 6.1. Síntese do Trabalho

Neste trabalho foi proposto um conjunto de critérios de teste que utiliza como fonte de informação o diagrama de casos de uso da UML (*Unified Modeling Language*). Para apoiar a aplicação desse conjunto de critérios proposto foi desenvolvida uma ferramenta de cobertura de teste, chamada de ferramenta UCT (*Use Case Tester*), na qual um estudo de caso foi executado para exemplificar e validar a aplicação dos critérios.

A utilização de casos de uso como fonte de informação para o teste não é nova. Existem técnicas de teste propostas por outros autores que se baseiam em casos de uso ([Heu01], [Bec02], [Col99] e [Rys00]). A maioria dessas técnicas trabalha com o conceito de *cenário* de um caso de uso.

Os cenários de um caso de uso indicam as suas seqüências típicas de utilização, determinando as suas ações, entradas e saídas. Uma vez determinado o conjunto de cenários de um caso de uso, está-se determinando todos os possíveis caminhos dentro do seu fluxo de ações [Boo99]. Em resumo, essas técnicas de teste baseadas em cenários de casos de uso propõem que sejam identificados os cenários que um caso de uso representa e que se derivem casos de teste para exercitar cada cenário.

Da análise e comparação entre as técnicas de teste baseadas em casos de uso existentes, verificou-se que essas apresentam uma característica em comum: todas elas estão voltadas para as características *funcionais* da especificação de um caso de uso. A partir dessa verificação, foi proposto um conjunto de critérios, baseado em especificação, que ao invés de derivar os requisitos de teste em termos das características funcionais identificadas na especificação de um caso de uso, deriva os requisitos de teste em termos dos elementos *estruturais* dessa especificação.

Entre os elementos que compõem a estrutura de um diagrama de casos de uso, foram considerados três tipos de elementos a serem exercitados durante o teste: os relacionamentos de *comunicação*, existentes entre atores e casos de uso; e os relacionamentos de *inclusão* e de *extensão*, existentes entre casos de uso.

Os critérios de teste propostos são organizados em cinco conjuntos. O primeiro conjunto contém um único critério que é aplicado aos casos de uso de um diagrama que são iniciados diretamente por um ator. Esse critério estabelece como requisitos de teste o exercício dos relacionamentos de *comunicação* de um diagrama.

O segundo e o terceiro conjuntos de critérios, chamados de *Critérios de Teste Baseados no Relacionamento de Inclusão* e *Critérios de Teste Baseados no Relacionamento de Extensão*, definem como requisitos de teste o exercício dos relacionamentos de *inclusão* e de *extensão* de um diagrama, respectivamente. O quarto conjunto, chamado de *Critérios de Teste Baseados em Combinações de Extensões*, define como requisitos de teste o exercício de todas as possíveis combinações de *exercícios* e *não-exercícios* de dois ou mais relacionamentos de *extensão*.

O último conjunto, assim como o primeiro, contém um único critério, aplicado nos casos de uso de um diagrama que possuem qualquer um dos relacionamentos. Esse critério define como requisitos de teste o exercício de *todos* os relacionamentos de *comunicação*, de *inclusão* e de *extensão* de um diagrama.

Os critérios de teste propostos foram dispostos em uma *hierarquia* de critérios. Essa hierarquia foi constituída a partir da comparação entre os critérios, realizada por meio da relação de inclusão estrita [Wey85].

É importante ressaltar que esses critérios não levam em consideração a implementação do sistema; baseiam-se no modelo de especificação do diagrama de casos de uso. Assim, o conjunto de critérios de teste apresentado é de natureza funcional, apesar de apresentar a característica do teste estrutural de considerar a *estrutura* do diagrama.

Essa característica estrutural permite a geração ou avaliação de casos de teste sob uma visão distinta, que explora a *estrutura* de um caso de uso e não as suas características funcionais, como fazem as demais abordagens de teste existentes. A visão estrutural confere ao teste baseado em casos de uso uma garantia de cobertura do diagrama sob teste.

Para verificar a cobertura de um diagrama de forma automatizada, uma ferramenta de cobertura de teste, denominada UCT – *Use Case Tester*, foi implementada. Essa ferramenta apóia a aplicação do conjunto de critérios proposto, levantando os requisitos de teste e verificando a cobertura desses requisitos. Nessa ferramenta, o teste é realizado simulando-se o comportamento dos casos de uso de um diagrama, especificados em um arquivo texto de entrada, para cada conjunto de dados de teste escolhido pelo usuário.

Para validar os critérios propostos e a ferramenta desenvolvida, um estudo de caso foi realizado. Esse estudo de caso aplicou o conjunto de critérios proposto, por meio da ferramenta UCT, em um diagrama de casos de uso de um sistema de controle de telefonia celular para avaliar a qualidade de um conjunto de casos de teste puramente funcional. Esse experimento mostrou que o conjunto de casos de teste avaliado não faz com que todos os elementos da estrutura do diagrama sejam exercitados. Além disso, identificou-se a presença de um defeito no modelo graças à análise de um requisito de teste não exercitado.

## 6.2. Contribuições

As principais contribuições desse trabalho são resumidas abaixo:

1. **Introdução de um novo conjunto de critérios de teste baseado em casos de uso.** Esses critérios, apesar de serem baseados em especificações de casos de uso, definem elementos da *estrutura* dessas especificações a serem exercitados. A definição de elementos estruturais a serem exercitados durante o teste dá ao testador uma diretriz para a geração de casos de teste e/ou uma medida capaz de avaliar a qualidade de um conjunto de casos de teste já existente. Assim, os critérios de teste propostos permitem quantificar a atividade de teste, estabelecendo uma medida capaz de assegurar o quão completo os casos de uso foram testados em relação às suas estruturas. Por outro lado, os critérios permitem ainda atribuir a um conjunto de casos de teste que satisfaz esses critérios uma certificação de qualidade que consiste na cobertura da estrutura do diagrama de casos de uso considerado.
2. **Implementação de uma ferramenta que automatiza a aplicação do novo conjunto de critérios proposto.** A característica estrutural dos critérios propostos permite que a sua aplicação seja totalmente automatizada. Assim, uma ferramenta de cobertura de teste foi desenvolvida com o objetivo de apoiar a aplicação desses critérios. Essa ferramenta, denominada UCT (*Use Case Tester*), aceita como entrada um arquivo que contém as especificações textuais dos casos de uso de um diagrama em um formato pré-estabelecido. A ferramenta UCT gera, para o diagrama de casos de uso de um arquivo de entrada, os requisitos de teste segundo cada critério, simula a execução de testes sob as especificações dos casos de uso desse diagrama e analisa a cobertura dos requisitos de teste obtida.

A simulação do comportamento de um caso de uso é uma funcionalidade importante da ferramenta UCT, pois ela permite que sejam realizados testes da própria especificação de um caso de uso, sem a necessidade de um código fonte escrito. A simulação permite que o usuário verifique o comportamento do caso de uso, mostrando o cenário executado conforme o conjunto de dados de entrada (dados de teste). Esse aspecto confere confiança aos analistas de que os casos de uso capturam os requisitos funcionais desejados pelo cliente. A simulação permite a aplicação de critérios baseados tanto na estrutura como na semântica de uma especificação. Em ambos os casos, a especificação terá o seu comportamento simulado e testado.

3. **Realização de um estudo de caso para validar os critérios propostos e a ferramenta desenvolvida.** Esse estudo de caso consistiu na aplicação do conjunto de critérios proposto, por meio da ferramenta UCT, no diagrama de casos de uso do Serviço de Telefonia Celular Pré-Paga, apresentado nas Figuras 3.1 (Capítulo 3) e 5.1 (Capítulo 5). Nesse experimento, os critérios foram utilizados para avaliar a qualidade de um conjunto de casos de teste funcional previamente gerado pela abordagem de Heumann [Heu01]. Com a utilização da ferramenta UCT,

verificou-se que esse conjunto de casos de teste não satisfaz os critérios propostos, uma vez que eles não possibilitam uma cobertura completa do diagrama de casos de uso considerado.

A ferramenta UCT identificou um requisito de teste não exercitado, para o qual deve ser projetado um caso de teste que o exercite. Assim, a aplicação do conjunto de critérios proposto mostrou-se válida para avaliar a qualidade de uma massa de teste, permitindo que essa seja melhorada. O estudo de caso também revelou a presença de um defeito no modelo a partir da análise de um requisito de teste considerado não-exercitável. Esse defeito pôde ser detectado graças à aplicação dos critérios propostos e poderá ser corrigido antes que o processo de desenvolvimento avance para a próxima fase.

### **6.3. Trabalhos Futuros**

Com relação à aplicação dos critérios propostos, são necessários mais experimentos que confirmem as observações obtidas do experimento realizado nesta dissertação. O experimento realizado mostrou que a aplicação dos critérios propostos, por meio da ferramenta UCT, é útil para avaliar a qualidade de um conjunto de casos de teste previamente gerado. Outros experimentos precisam ser conduzidos, no mesmo sentido, com diagramas de casos de uso de diferentes aplicações.

A ferramenta UCT é uma ferramenta de cobertura de teste e, por isso, não está voltada para a geração de casos de teste. No entanto, os critérios propostos também estabelecem diretrizes de como realizar essa geração. Assim, há também a necessidade de se conduzir experimentos que apliquem os critérios nesse sentido, mesmo sem o apoio da ferramenta UCT.

Um aspecto a ser trabalhado nessa ferramenta consiste na implementação de uma interface gráfica que permita uma visualização de informações mais intuitiva ao usuário, facilitando a sua interação tanto para a simulação do comportamento de casos de uso como para a avaliação de casos de teste.

Um outro aspecto consiste na incorporação das funções da ferramenta UCT em ferramentas CASE de apoio à modelagem UML disponíveis no mercado. As ferramentas Rational Rose [Rational Rose v.2] e Poseidon [Poseidon v.1.5] são exemplos dessas ferramentas CASE que podem incluir as funcionalidades da UCT. Em especial, a ferramenta Poseidon é uma boa candidata a essa inclusão, pois evoluiu do projeto de código aberto ArgoUML [ArgoUML v.0.12] e apresenta uma versão base que pode ser obtida sem custos.

Por fim, os critérios propostos podem ser incluídos em uma estratégia de teste que integre técnicas de teste existentes para o teste baseado em especificações UML. Um exemplo de estratégia de teste à qual os critérios poderiam ser integrados é a abordagem de teste proposta por Colanzi [Col99].

## Referências Bibliográficas

- [ArgoUML v.0.12] Ferramenta de Modelagem ArgoUML, 2002, <http://argouml.tigris.org/>. Visitado em 03/01/2003.
- [Bec02] BECKMAN, O., GUPTA, B., *Developing Test Cases from Use Cases for Web Applications*, Proceedings of the International Conference on Practical Software Testing Techniques (PSTT 2002 South), New Orleans, LA, March 2002.
- [Boo99] BOOCH, G., RUMBAUGH, J., JACOBSON, I., *The Unified Modeling Language User Guide*, Addison-Wesley Object Technology Series, 1999.
- [Cha91] CHAIM, M. L., *POKE-TOOL – Uma Ferramenta para Suporte ao Teste Estrutural de Programas Baseado em Análise de Fluxo de Dados*, DCA-FEEC-UNICAMP, Campinas – SP, 1991. Dissertação de mestrado.
- [Cha01] CHAIM, M. L., *Depuração de Programas Baseada em Informação de Teste Estrutural*, DCA-FEEC-UNICAMP, Campinas – SP, 2001. Tese de doutorado.
- [Cha02] CHAIM, M. L., FERREIRA, D., FRANCESCHINI, L., *Modelagem de Requisitos Usando Casos de Uso*. Curso interno do centro de pesquisa Embrapa Informática Agropecuária, Campinas – SP, 2002.
- [Clar89] CLARKE, L. A., PODGURSKI, A., RICHARDSON, D. J., ZEIL, S. J., *A Formal Evaluation of Data Flow Path Selection Criteria*, IEEE Transactions on Software Engineering, v. 15, n. 11, November 1989.
- [Coc01] COCKBURN, A., *Writing Effective Use Cases*, Boston: Addison-Wesley, 2001.
- [Col99] COLANZI, T. E., *Uma Abordagem Integrada de Desenvolvimento e Teste de Software Baseada na UML*, ICMC/USP, São Carlos – SP, 1999. Dissertação de mestrado.
- [Fra88] FRANKL, F. G., WEYUKER, E. J., *An Applicable Family of Data Flow Testing Criteria*, IEEE Transactions on Software Engineering v. 14, n. 10, p. 1483-1495, 1988.
- [Heu01] HEUMANN, J., *Is a Use Case a Test Case?*, Proceedings of the International Conference on Practical Software Testing Techniques (PSTT 2001 North), St. Paul, Minnesota, October 2001.

- [Jac92] JACOBSON, I., CHRISTERSON, M., JONSSON, P., ÖVERGAARD, G., *Object-Oriented Software Engineering – A Use Case Driven Approach*, ACM Press, Addison-Wesley Publishing Company, 1992.
- [Lar97] LARMAN, C., *Applying UML and Patterns – An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design*, Prentice Hall, 1997.
- [ManualTelespCelular] Manual do Cliente e Termo de Compromisso do Celular Pré-Pago Baby, Telesp Celular, [www.telespcelular.com.br](http://www.telespcelular.com.br). Visitado em 03/01/2003.
- [Mas90] MASON, T., BROWN, D., *Lex & Yacc*, O'Reilly & Associates Inc., U.S.A., 1990.
- [McG96] MCGREGOR, J. D., *Testing Object-Oriented Components*, 10<sup>th</sup> European Conference on Object-Oriented Programming, Tutorial Notes, July 1996.
- [Mye79] MYERS, G. J., *The Art of Software Testing*, Wiley-Inter-Science, 1979.
- [Nta88] NTAFOSS, S. C., *A Comparison of Some Structural Testing Strategies*, IEEE Transactions on Software Engineering, v. 14, n. 6, June 1988.
- [Off99a] OFFUTT, J., ABDURAZIK, A., *Generating Tests from UML Specifications*, Proceedings of the Second International Conference on the Unified Modeling Language (UML99), Fort Collins, CO, p. 416-429, October 1999.
- [Off99b] OFFUTT, J., XIONG, Y. and LIU, S., *Criteria for Generating Specification-based Tests*, Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems (ICECCS '99), Las Vegas, NV, October 1999.
- [Off00] OFFUTT, J., ABDURAZIK, A., *Using UML Collaboration Diagrams for Static Checking and Test Generation*, Proceedings of the Third International Conference on the Unified Modeling Language (UML '00), York, UK, p. 383-395, October 2000.
- [Poseidon v.1.5] Ferramenta de Modelagem UML Poseidon, 2002, <http://www.gentleware.com/>. Visitado em 03/01/2003.
- [Pre94] PRESSMAN, R. S., *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, McGraw-Hill, London, 1994.
- [Rational Rose v.2] Ferramenta de Modelagem UML Rational Rose, 2002, <http://www.rational.com/>. Visitado em 03/01/2003.
- [Rys99] RYSER, J., GLINZ, M., *A Practical Approach to Validating and Testing Software Systems Using Scenarios*, Proceedings of the Third International Software Quality Week Europe (QWE'99), Brussels, November 1999.

- [Rys00] RYSER, J., GLINZ, M., *Using Dependency Charts to Improve Scenario-Based Testing*, Proceedings of the Seventeenth International Conference on Testing Computer Software (TCS2000), Washington D. C., June 2000.
- [Roc01] ROCHA, A. C., MALDONADO, J. C., WEBER, K. C., *Qualidade dos Produtos de Software*, Qualidade de Software: Teoria e Prática, Prentice-Hall, São Paulo – SP, p. 111-113, 2001.
- [Wey82] RAPPS, S., WEYUKER, E. J., *Data Flow Analysis Techniques for Test Data Selection*, Proceedings of the International Conference on Software Engineering, p. 272-278, Tokio, September 1982.
- [Wey85] RAPPS, S., WEYUKER, E. J., *Selecting Software Test Data Using Data Flow Information*, IEEE Transactions on Software Engineering, v. SE-11, n. 4, April 1985.
- [UML Notation Guide v.1.4] UML 1.4 Specification. Chapter 3 – UML Notation Guide, September, 2001, <http://www.omg.org/technology/documents/formal/uml.htm>. Visitado em 03/01/2003.
- [UML Semantics v.1.4] UML 1.4 Specification. Chapter 2 – UML Semantics, September, 2001, <http://www.omg.org/technology/documents/formal/uml.htm>. Visitado em 03/01/2003.



# Apêndice A – Gramática da Linguagem de Descrição de Casos de Uso

Neste apêndice são apresentadas as especificações léxica e sintática da linguagem de descrição de casos de uso, introduzida na Seção 4.1 do Capítulo 4, no formato reconhecido pelas ferramentas Lex e Yacc [Mas90], respectivamente.

Essa linguagem foi definida para gerar descrições de casos de uso que possam ser lidas automaticamente. Para entrada na ferramenta UCT, os casos de uso de um diagrama devem estar descritos nessa linguagem.

## A.1. Especificação Léxica da Linguagem

```
letter [A-Za-z]
digit [0-9]*
especiais [\\"*:-]
id {letter}({letter}|{digit}|{especiais})*

%%
use_case_identifier {return (USE_CASE_ID);}

use_case_name {return (USE_CASE_NAME);}

and {return (AND);}

or {return (OR);}

actors {return (ACTORS);}

start {return (START);}

action {return (ACTION);}

inclusion {return (INCLUSION);}

extension {return (EXTENSION);}

if {return (IF);}

{id} {return (ID);}

{digit} {return (NUM);}

include_relationships {return (INC_RELS);}

initial_states {return (IN_STATES);}
```

```

extend_relationships {return (EXT_RELS);}
extension_definition {return (EXT_DEF);}
extension_condition {return (EXT_COND);}
actions_stream {return (STREAM);}

"(" {return ('(');}
")" {return (')')}
"," {return (','')}
";" {return (';')}
"-" {return ('-')}
"{" {return ('{')}
"}" {return ('')}
%%

```

## A.2. Especificação Sintática da Linguagem

```

%token USE_CASE_ID
%token USE_CASE_NAME
%token AND
%token OR
%token ACTORS
%token START
%token ACTION
%token INCLUSION
%token IF
%token ID
%token NUM
%token INC_RELS
%token IN_STATES
%token EXT_RELS
%token EXTENSION
%token EXT_DEF
%token EXT_COND
%token STREAM
%token '('
%token ')'
%token ','
%token ';'
%token '-'
%token '{'
%token '}'

```

```

%%
start : many_ucs

many_ucs : use_case
         | many_ucs use_case

use_case : use_case_id use_case_name actor actions_stream
         | use_case_id use_case_name actor optional_defs actions_stream

optional_defs : include_relationship
               | extend_relationship
               | initial_state
               | include_relationship initial_state
               | extend_relationship initial_state
               | include_relationship extend_relationship
               | include_relationship extend_relationship initial_state

use_case_id : USE_CASE_ID '(' NUM ')' ';'

use_case_name : USE_CASE_NAME '(' ID ')' ';'

actor : ACTORS '(' START actor_name ')' ';'

actor_name : ID
           | actor_name ',' ID

include_relationship : INC_RELS '(' rel_direction_include ')' ';'

rel_direction_include :
    NUM '-' NUM
    | NUM '-' NUM '(' ID ')'
    | rel_direction_include ',' NUM '-' NUM
    | rel_direction_include ',' NUM '-' NUM '(' ID ')'

extend_relationship : EXT_RELS '(' rel_direction_extend ')' ';'

rel_direction_extend :
    NUM '-' NUM
    | NUM '-' NUM '(' ID ')'
    | rel_direction_extend ',' NUM '-' NUM
    | rel_direction_extend ',' NUM '-' NUM '(' ID ')'

initial_state : IN_STATES '(' initial_state_name ')' ';'

```

```

initial_state_name :
    ID
    | initial_state_name ',' ID
    | '{' initial_state_name '}'
    | initial_state_name ',' '{' initial_state_name '}'

action : ACTION '(' ID ')' ';'

ext_point : EXT_COND '(' ID ')' ':' IF '(' condition ')' '{' EXTENSION
 '(' ID ')' '}'

ext_definition : EXT_DEF '(' ID ')' '{' if_body '}'

include : INCLUSION '(' ID ')' ';'

condition : ID
           | condition OR condition
           | condition AND condition
           | '(' condition ')'

if_body : body
        | body if_ins
        | if_ins
        | if_ins if_body
        | body if_ins if_body

body : include
     | ext_point
     | ext_definition
     | action
     | include body
     | ext_point body
     | ext_definition body
     | action body

if_ins : IF '(' condition ')' '{' if_body '}'

actions_stream : STREAM '(' if_body ')'

%%

```

## Apêndice B – Procedimentos para Geração dos Requisitos de Teste para os Critérios Baseados na Estrutura do Diagrama de Casos de Uso

Neste apêndice são apresentados os procedimentos que o módulo **Geração de Requisitos de Teste** da Ferramenta UCT utiliza para gerar os requisitos de teste para cada critério proposto. Esses procedimentos manipulam as listas de dados geradas pelo módulo **Análise Estática** durante a análise sintática do arquivo de entrada da ferramenta UCT.

Essas listas de dados, definidas na Seção 4.3 do Capítulo 4, armazenam as informações referentes aos relacionamentos de comunicação, de inclusão e de extensão dos casos de uso especificados em um arquivo de entrada. Essas informações são manipuladas para gerar os requisitos de teste segundo cada critério.

As tabelas apresentadas a seguir mostram os procedimentos de geração de requisitos de teste para cada critério proposto. Essas tabelas são estruturadas da seguinte forma: a primeira coluna apresenta o critério de teste considerado; a segunda coluna, a lista de dados manipulada pelo procedimento de geração de requisitos de teste para o critério; e a terceira coluna, a descrição textual desse procedimento.

Tabela B.1 – Procedimentos de geração dos requisitos de teste para os critérios **c2**, **c3**, **c5** e **c6**

<b>Critérios de Teste</b>	<b>Listas de dados manipuladas</b>	<b>Procedimentos</b>
<i>todos-os-inclusores (c2)</i>	Lista dos casos de uso incluídos pelo caso de uso analisado	Se essa lista não estiver vazia: percorre-se a lista do começo ao fim, imprimindo no arquivo <i>requisitos2</i> os elementos da lista. Após a impressão de cada elemento, escreve-se a conjunção “ou”
<i>todos-os-incluídos (c3)</i>	Lista dos casos de uso que incluem o caso de uso analisado	Idem. A impressão ocorre no arquivo <i>requisitos3</i>
<i>todos-os-estendidos (c5)</i>	Lista dos casos de uso que estendem o caso de uso analisado	Idem. A impressão ocorre no arquivo <i>requisitos5</i>
<i>todos-os-extensores (c6)</i>	Lista dos casos de uso estendidos pelo caso de uso analisado	Idem. A impressão ocorre no arquivo <i>requisitos6</i>

Tabela B.2 – Procedimentos de geração dos requisitos de teste para os critérios **c1**, **c4**, **c7** e **c11**

<b>Crítérios de Teste</b>	<b>Listas de dados manipuladas</b>	<b>Procedimentos</b>
<i>todas-as-comunicações (c1)</i>	Lista dos atores que interagem com o caso de uso	O ator que inicia o caso de uso analisado é armazenado no último elemento dessa lista. Assim, percorre-se a lista até o último elemento, imprimindo-o no arquivo <i>requisitos1</i>
<i>todas-as-inclusões (c4)</i>	Lista dos casos de uso incluídos pelo caso de uso analisado	Se essa lista não estiver vazia: percorre-se a lista do começo ao fim, imprimindo no arquivo <i>requisitos4</i> os elementos da lista
<i>todas-as-extensões (c7)</i>	Lista dos casos de uso estendidos pelo caso de uso analisado	Idem. A impressão ocorre no arquivo <i>requisitos7</i>
<i>todas-as-comunicações-inclusões-extensões (c11)</i>	Lista dos atores que interagem com o caso de uso  Lista dos casos de uso incluídos pelo caso de uso analisado  Lista dos casos de uso estendidos pelo caso de uso analisado	Junção dos procedimentos de geração de requisitos de teste dos critérios <i>todas-as-comunicações (c1)</i> , <i>todas-as-inclusões (c4)</i> e <i>todas-as-extensões (c7)</i> . A impressão ocorre no arquivo <i>requisitos11</i>

Tabela B.3 – Procedimento de geração dos requisitos de teste para o critério **c8**

<b>Crítério de Teste</b>	<b>Lista de dados manipulada</b>	<b>Procedimento</b>
<i>todos-os-estendidos-pares (c8)</i>	Lista dos casos de uso que estendem o caso de uso analisado	Se essa lista não estiver vazia: verifica-se para cada elemento da lista se existem relacionamentos de extensão repetidos em relação a esse elemento. Um relacionamento é considerado repetido em relação a um outro relacionamento quando ambos os relacionamentos ligam os mesmos casos de uso. Caso contrário, o relacionamento é considerado não repetido. Exemplo (caso de uso 4 em análise): elemento da lista é 1-4, percorre-se a lista procurando por 1-4(a), 1-4(b), etc. Se existirem relacionamentos repetidos, obtém-se a quantidade desses relacionamentos para efetuar a operação <i>2 elevado a essa quantidade</i> e, com isso, calcular a quantidade de combinações de exercícios e não-exercícios dessas extensões. Se a quantidade de combinações for 4 ( $2^2$ ), por exemplo, obtém-se o equivalente ao número 3 em binário. Esse número é impresso no arquivo <i>requisitos8</i> da seguinte forma: o caractere “A” (exercitado) corresponde ao binário 1 e o caractere “NA” (não exercitado) corresponde ao binário 0. Em seguida, imprime-se no arquivo o equivalente binário ao número 2 e assim sucessivamente até o número 0.

Tabela B.4 – Procedimentos de geração dos requisitos de teste para os critérios **c9** e **c10**

Critérios de Teste	Listas de dados manipuladas	Procedimentos
<i>todos-os-estendidos-combinações</i> ( <b>c9</b> )	Lista dos casos de uso que estendem o caso de uso analisado	Se essa lista não estiver vazia: verifica-se se existe na lista pelo menos um elemento que seja um relacionamento não repetido em relação a algum outro elemento da lista. O objetivo desse procedimento é verificar se o caso de uso analisado é estendido por mais de um caso de uso. Exemplo (caso de uso 4 em análise): elemento da lista é 1-4, percorre-se a lista procurando por $x-4$ , sendo que $x$ representa um caso de uso qualquer $\neq 1$ . Se existir pelo menos um relacionamento não repetido, obtém-se a quantidade total de relacionamentos que estendem o caso de uso analisado para efetuar a operação 2 <i>elevado a essa quantidade</i> e, com isso, calcular a quantidade de combinações de exercícios e não-exercícios dessas extensões. Se a quantidade de combinações for 8 ( $2^3$ ), por exemplo, obtém-se o equivalente ao número 7 em binário. Esse número é impresso no arquivo <i>requisitos9</i> da seguinte forma: o caractere “A” (exercitado) corresponde ao binário 1 e o caractere “NA” (não exercitado) corresponde ao binário 0. Em seguida, imprime-se no arquivo o equivalente binário ao número 6 e assim sucessivamente até o número 0.
<i>todos-os-extensores-combinações</i> ( <b>c10</b> )	Lista dos casos de uso estendidos pelo caso de uso analisado	Se essa lista não estiver vazia: verifica-se se existe na lista pelo menos um elemento que seja um relacionamento não repetido em relação a algum outro elemento da lista. O objetivo desse procedimento é verificar se o caso de uso analisado estende mais de um caso de uso. Exemplo (caso de uso 1 em análise): elemento da lista é 1-4, percorre-se a lista procurando por 1- $x$ , sendo que $x$ representa um caso de uso qualquer $\neq 4$ . Se existir pelo menos um relacionamento não repetido, obtém-se a quantidade total de relacionamentos que partem do caso de uso analisado e estendem outros casos de uso para efetuar a operação 2 <i>elevado a essa quantidade</i> e, com isso, calcular a quantidade de combinações de exercícios e não-exercícios dessas extensões. As combinações são impressas no arquivo <i>requisitos10</i> da mesma forma como ocorre com o critério <b>c9</b>



## Apêndice C – Procedimentos para Avaliação de Cobertura dos Critérios Baseados na Estrutura do Diagrama de Casos de Uso

A seguir, são apresentados os procedimentos que o módulo **Avaliação** da Ferramenta UCT utiliza para avaliar a cobertura dos requisitos de teste obtida durante a simulação dos casos de uso de um diagrama, para os diferentes critérios propostos.

Para realizar a análise de cobertura, o módulo **Avaliação** compara os requisitos de teste de cada critério, armazenados pelo módulo **Geração de Requisitos de Teste** em estruturas de listas, com o arquivo *relacionamentos exercitados*. Esse arquivo, gerado pelo módulo **Simulação**, contém os relacionamentos exercitados e não-exercitados durante a simulação do comportamento dos casos de uso de um diagrama.

As tabelas apresentadas a seguir mostram os procedimentos de avaliação da cobertura dos requisitos de teste para cada critério proposto. Essas tabelas são estruturadas da seguinte forma: a primeira coluna apresenta o critério de teste considerado; a segunda coluna, a estrutura de dados que armazena os requisitos de teste do critério; e a terceira coluna, a descrição textual do procedimento que compara o conteúdo dessa estrutura de dados com o arquivo *relacionamentos exercitados*.

Tabela C.1 – Procedimento de avaliação da cobertura dos requisitos de teste do critério **c1**

Critério de Teste	Lista de Armazenamento dos Requisitos de Teste	Procedimento
<i>todas-as-comunicações</i> (c1)	Lista dos relacionamentos de comunicação que iniciam os casos de uso de um diagrama.	Converte-se o conteúdo do arquivo <i>relacionamentos exercitados</i> em uma cadeia de caracteres para ser possível comparar esse conteúdo com os elementos da lista de requisitos de teste. Para cada elemento da lista de requisitos, verifica-se por meio da função <code>strstr(s1, s2)</code> se o conteúdo do campo <i>requisito de teste</i> , representado por <code>s2</code> , aparece na cadeia de caracteres que contém os relacionamentos exercitados durante a simulação, representada por <code>s1</code> . Se essa verificação for verdadeira, o valor do campo <i>resultado da comparação</i> é alterado para verdadeiro, o que significa que o requisito de teste foi exercitado durante o teste por simulação. Após a verificação de todos os elementos da lista, percorre-se essa lista imprimindo no arquivo <i>resultado_crit1</i> os requisitos de teste exercitados (relacionamentos cujos valores dos campos <i>resultado da comparação</i> forem verdadeiros) e os requisitos não exercitados durante a simulação.

Tabela C.2 – Procedimentos de avaliação da cobertura dos requisitos de teste dos critérios **c4**, **c7** e **c11**

<b>Crítérios de Teste</b>	<b>Listas de Armazenamento dos Requisitos de Teste</b>	<b>Procedimentos</b>
<i>todas-as-inclusões (c4)</i>	Lista de todos os relacionamentos de inclusão existentes entre os casos de uso de um diagrama.	Idem ao procedimento da Tabela B.1. A impressão ocorre no arquivo <i>resultado_crit4</i>
<i>todas-as-extensões (c7)</i>	Lista de todos os relacionamentos de extensão existentes entre os casos de uso de um diagrama.	Idem. A impressão ocorre no arquivo <i>resultado_crit7</i>
<i>todas-as-comunicações-inclusões-extensões (c11)</i>	Lista de todos os relacionamentos de comunicação, de inclusão e de extensão existentes em um diagrama.	Idem. A impressão ocorre no arquivo <i>resultado_crit11</i>

Tabela C.3 – Procedimentos de avaliação da cobertura dos requisitos de teste dos critérios **c2**, **c3**, **c5** e **c6**

<b>Crítérios de Teste</b>	<b>Listas de Armazenamento dos Requisitos de Teste</b>	<b>Procedimentos</b>
<i>todos-os-inclusores (c2)</i>	Para cada caso de uso inclusor de um diagrama o módulo <b>Geração de Requisitos</b> constrói uma lista dos relacionamentos de inclusão que partem do caso de uso. Uma lista principal inter-conecta essas listas.	Idem ao procedimento do critério <b>c1</b> da Tabela B.1. A impressão ocorre no arquivo <i>resultado_crit2</i>
<i>todos-os-incluídos (c3)</i>	Para cada caso de uso incluído de um diagrama o módulo <b>Geração de Requisitos</b> constrói uma lista dos relacionamentos de inclusão que têm como destino o caso de uso. Uma lista principal inter-conecta essas listas.	Idem. A impressão ocorre no arquivo <i>resultado_crit3</i>
<i>todos-os-estendidos (c5)</i>	Para cada caso de uso estendido de um diagrama o módulo <b>Geração de Requisitos</b> constrói uma lista dos relacionamentos de extensão que têm como destino o caso de uso. Uma lista principal inter-conecta essas listas.	Idem. A impressão ocorre no arquivo <i>resultado_crit5</i>
<i>todos-os-extensores (c6)</i>	Para cada caso de uso extensor de um diagrama o módulo <b>Geração de Requisitos</b> constrói uma lista dos relacionamentos de extensão que partem do caso de uso. Uma lista principal inter-conecta essas listas.	Idem. A impressão ocorre no arquivo <i>resultado_crit6</i>

Tabela C.4 – Procedimento de avaliação da cobertura dos requisitos de teste do critério *todos-os-estendidos-pares* (c8)

Lista de Armazenamento dos Requisitos de Teste	Procedimento
<p>Para cada caso de uso de um diagrama estendido por mais de um relacionamento de extensão que partem de um único caso de uso, o módulo <b>Geração de Requisitos</b> constrói uma lista dos relacionamentos de extensão que têm como destino o caso de uso estendido.</p>	<p>Para cada lista, obtém-se a quantidade de combinações de exercícios e não-exercícios dos relacionamentos de extensão, que constituem elementos dessa lista. Se a quantidade de combinações for 4 (<math>2^2</math>), por exemplo, converte-se o conteúdo do arquivo <i>relacionamentos exercitados</i> em uma cadeia de caracteres para ser possível comparar esse conteúdo com o equivalente ao número 3 em binário, que consiste em um dos requisitos de teste do critério. O decimal 3 em binário é “1 1” (A A), que significa o exercício dos dois relacionamentos de extensão existentes na lista analisada. Para essa combinação de exercícios (A A), verifica-se por meio da função <i>strstr(s1, s2)</i> se os dois relacionamentos da lista analisada, representados por <i>s2</i>, aparecem na cadeia de caracteres que contém os relacionamentos exercitados durante a simulação, representada por <i>s1</i>. O resultado dessa verificação é armazenado em uma outra lista, conectada à lista dos relacionamentos analisada, que apresenta os campos <i>decimal</i> e <i>resultado da comparação</i>. O campo <i>decimal</i> armazena o número 3, que representa a combinação “A A”, e o campo <i>resultado da comparação</i> armazena o valor verdadeiro ou falso, de acordo com o resultado da verificação desse requisito de teste. Após ter verificado se cada combinação de exercícios foi ou não exercitada durante a simulação (combinações 3 a 0), percorre-se a lista que armazena os resultados das comparações imprimindo no arquivo <i>resultado_crit8</i> os requisitos de teste exercitados (combinações de exercícios cujos valores dos campos <i>resultado da comparação</i> forem verdadeiros) e os requisitos não exercitados durante a simulação. Para a impressão de um requisito de teste no arquivo <i>resultado_crit8</i>, como a combinação de exercícios “A A”, utiliza-se o conteúdo do campo <i>decimal</i>, que é convertido para binário e apresentado na seguinte forma: o caractere “A” (exercitado) corresponde ao binário 1 e o caractere “NA” (não exercitado) corresponde ao binário 0.</p>

Tabela C.5 – Procedimentos de avaliação da cobertura dos requisitos de teste dos critérios c9 e c10

Critérios de Teste	Listas de Armazenamento dos Requisitos de Teste	Procedimentos
<i>todos-os-estendidos-combinações</i> (c9)	Para cada caso de uso de um diagrama estendido por mais de um caso de uso, o módulo <b>Geração de Requisitos</b> constrói uma lista dos relacionamentos de extensão que têm como destino o caso de uso estendido. Uma lista principal inter-conecta essas listas.	Idem ao procedimento da Tabela B.3. A impressão ocorre no arquivo <i>resultado_crit9</i>
<i>todos-os-extensores-combinações</i> (c10)	Para cada caso de uso de um diagrama que estende mais de um caso de uso, o módulo <b>Geração de Requisitos</b> constrói uma lista dos relacionamentos de extensão que têm como origem o caso de uso extensor. Uma lista principal inter-conecta essas listas.	Idem. A impressão ocorre no arquivo <i>resultado_crit10</i>



## Apêndice D – Descrição Textual do Sistema de Controle da Telesp Celular

A seguir, é apresentada a descrição textual do sistema de controle do celular pré-pago Baby da Telesp. Essa descrição é uma adaptação do *Manual do Cliente e Termo de Compromisso do Celular Pré-Pago Baby da Telesp* [ManualTelespCelular] realizada por profissionais da Embrapa Informática Agropecuária como parte do curso intitulado “Modelagem de Requisitos Usando Casos de Uso” [Cha02].

### I) Descrição Geral do Sistema

O Baby é um celular que funciona com créditos. O crédito é um valor em reais que fica vinculado ao número do seu celular, permitindo que você faça e receba suas ligações. À medida que você usa o Baby, o custo das suas ligações vai sendo automaticamente deduzido do seu saldo. Você poderá recarregar seu Baby com novos créditos sempre que quiser.

### Períodos de Validade do Crédito

O prazo de validade de cada crédito é constituído por três períodos, conforme mostra a Tabela D.1 abaixo.

Tabela D.1 – Períodos de validade do crédito do cliente

Valor do Crédito	1º. Período	2º. Período	3º. Período	Prazo de validade total para uso do serviço
R\$ 50,00	90	+30 dias	+30 dias	150 dias
R\$ 100,00	365	+30 dias	+30 dias	425 dias
R\$ 200,00	365	+30 dias	+30 dias	425 dias

Cada período de validade é caracterizado por um conjunto de serviços disponíveis. A Tabela D.2, a seguir, apresenta esses serviços.

Tabela D.2 – Serviços disponíveis dentro de cada período de validade do crédito

Serviços	1º. Período	2º. Período	3º. Período
Fazer ligações	sim	não	não
Fazer ligações a cobrar	sim	não	não
Receber ligações	sim	sim	não
Serviço de atendimento personalizado	sim	sim	sim
Serviço automático de consulta ao saldo	sim	sim	sim
Números gratuitos	sim	não	não
Códigos de emergência	sim	sim	sim

## **II) 1º. Período**

A duração varia conforme o valor do crédito inicial ou do crédito adquirido no recarregamento (veja Tabela C.1).

O 1º. período tem início em duas situações distintas:

- a) No dia que você faz sua primeira ligação com o Baby;
- b) No dia que você faz um novo recarregamento de crédito.

### **Baby com Crédito**

Faz e recebe ligações normalmente, dentro da área de cobertura da Telesp Celular. Mesmo com saldo positivo, você poderá fazer recarregamento porque o valor do crédito adquirido neste período será sempre somado ao saldo existente.

### **Baby sem Crédito**

Se estiver na área de cobertura da Telesp Celular, continua recebendo ligações, mas somente poderá fazer para o serviço de atendimento, aos códigos de emergência, números gratuitos e fazer ligações a cobrar. Fazendo um recarregamento, você volta a usar o seu celular sem restrições.

### **Final do 1º. Período**

Se você não fizer um recarregamento até o último dia deste período, inicia-se a contagem do 2º. período, independentemente do saldo do Baby.

## **III) 2º. Período: 30 dias**

Sempre que não for feito um recarregamento até o último dia do 1º. período, o crédito passa automaticamente para o 2º. período, independentemente do valor do saldo. Durante esse período, o Baby não estará disponível para fazer ligações, exceto para os códigos de emergência e para o serviço de atendimento, se você estiver na área de cobertura da Telesp Celular. Até o final deste período, dentro da área de cobertura da Telesp Celular, você continuará recebendo ligações normalmente.

### **Saldo Bloqueado Pode Ser Liberado**

Se o seu Baby estava com saldo positivo, neste período o crédito ficará bloqueado para fazer ligações. Fazendo um recarregamento neste período, o saldo será desbloqueado e o valor do novo crédito será somado ao saldo existente. Neste caso, o 1º. período será reiniciado no dia do recarregamento e o valor total do saldo ficará disponível para você fazer e receber ligações normalmente.

### **Final do 2º. Período**

Se você não fizer um recarregamento até o final do 2º. período, inicia-se automaticamente a contagem do 3º. período, que corresponde ao período final do prazo de validade do serviço Baby.

#### IV) 3º. Período: 30 dias

A partir deste período, você não receberá mais ligações e, enquanto não fizer um recarregamento, somente poderá ligar para os códigos de emergência e para o serviço de atendimento.

**Observação:** sempre que você fizer um recarregamento, antes do final do 3º. período, o novo crédito será somado ao saldo existente, mesmo que este esteja bloqueado.

#### V) Tarifação

A tarifa básica é de R\$ 0,80 por minuto, sendo que 1 minuto é cobrado a partir de 1 segundo de conversação. Por exemplo, se o cliente fala 1 segundo, é cobrado 1 minuto; se ele fala 4 minutos e 1 segundo, são cobrados 5 minutos.

#### VI) Telefones de Emergência e de Outros Serviços

A seguir, a Tabela D.3 apresenta os telefones de emergência e de outros serviços disponíveis.

Tabela D.3 – Telefones de emergência e de outros serviços disponíveis

Serviço de Atendimento Personalizado ao Cliente	*5000
Serviço Automático de Consulta ao Saldo	*5005
Números gratuitos	0800 XXX XXXX
Polícia Civil	147
Polícia Militar	190
Pronto Socorro	192
Corpo de Bombeiros	193
Defesa Civil	199

#### VII) Especificação do Sistema

O sistema deverá controlar todo serviço de telefonia celular pré-pago Baby da Telesp, o que envolve o controle dos créditos disponíveis e das chamadas recebidas e realizadas. A seguir são descritas as principais funções do sistema.

## **Funções de Controle**

- *Atualiza o crédito*: após cada chamada, atualiza-se o crédito disponível para o telefone;
- *Controla período*: antes de cada chamada, é verificado o período do telefone;
- *Controla ligações*: antes de cada chamada, é verificado se o telefone pode fazer a ligação para o telefone solicitado em função do período atual do telefone. Antes de receber uma chamada, é verificado se o telefone está em um período que possibilita o recebimento de chamadas;
- *Recarrega telefone*: atualiza o saldo e, a partir do valor do recarregamento, o período.

## **Funções de Consulta e Aviso**

- *Consulta ao serviço de atendimento*: ao ligar para o número \*5000, o usuário pode ter atendimento personalizado, falando com uma atendente Telesp Celular; ao ligar para o número \*5005, o usuário pode fazer uma consulta automática ao saldo do seu telefone;
- *Aviso de expiração do período*: sempre que a data corrente é mudada, o sistema emite uma mensagem para os telefones cujos períodos atuais expirarão em três dias;
- *Aviso de baixo saldo*: se o saldo do telefone é igual ou inferior a R\$ 2,00, antes de realizar uma ligação, é emitida uma mensagem avisando que o saldo está muito baixo.

# Apêndice E – Especificações Textuais dos Casos de Uso do Diagrama de Casos de Uso do Sistema da Telesp Celular

Neste apêndice são apresentadas as especificações textuais dos casos de uso do diagrama do sistema exemplo de controle de telefonia celular pré-paga. Esse diagrama, desenvolvido na Embrapa Informática Agropecuária [Cha02], foi utilizado nos Capítulos 3 e 5 (Figuras 3.1 e 5.1) para exemplificar a aplicação do conjunto de critérios proposto.

As especificações textuais dos casos de uso desse diagrama também foram elaboradas por profissionais da Embrapa Informática Agropecuária, mas foram levemente alteradas pelos autores a fim torná-las mais consistentes quanto ao conteúdo.

A seguir, para cada caso de uso do diagrama são apresentadas a sua especificação textual e o conjunto de cenários derivado a partir do seu fluxo de ações, obedecendo ao formato de especificação de casos de uso proposto por Cockburn [Coc01].

## E.1 – Caso de Uso Receber Ligação

Tabela E.1 – Especificação textual do caso de uso **Receber Ligação** (continua na próxima página)

<b>Nome do Caso de Uso</b>	<b>Receber Ligação</b>
<b>Nro. de Identificação</b>	2
<b>Atores</b>	Central Telefônica (ator iniciante), Cliente
<b>Evento Iniciante</b>	Central Telefônica recebe uma ligação para o Cliente
<b>Pré-condições</b>	Cliente cadastrado no serviço de telefonia Baby Pré-Pago
<b>Pós-condições</b>	Ligação recebida pelo cliente
<b>Inclusões</b>	Caso de uso <b>Verificar Período</b> Caso de uso <b>Cadastrar Ligação Recebida</b>
<b>Extensões</b>	
<b>Regras de Negócio</b>	Uma ligação será recebida pelo Cliente somente se o seu crédito estiver no primeiro ou no segundo períodos
<b>Descrição</b>	Quando a Central Telefônica recebe uma ligação para o cliente, antes do cliente recebê-la, o sistema verifica se o período em que se encontra o crédito do cliente é válido para receber ligações (caso de uso <b>Verificar Período</b> ). Se o crédito do cliente estiver em período válido, a Central transfere a ligação recebida para o cliente, independente do valor do seu crédito. Ao término da ligação, o sistema cadastra a ligação recebida (caso de uso <b>Cadastrar Ligação Recebida</b> )

Tabela E.1 – Especificação textual do caso de uso **Receber Ligação** (continuação)

<b>Fluxo Básico</b>	
<b>Passo 1</b>	inclusão ( <b>Verificar Período</b> )
<b>Passo 2</b>	Período do crédito do cliente é válido - Central transfere ligação recebida para o Cliente. O Cliente recebe a ligação; - após o término da ligação, inclusão ( <b>Cadastrar Ligação Recebida</b> ).  <b>caso de uso encerrado</b>
<b>Fluxos Alternativos</b>	
<b>Fluxo Alternativo 1</b>	No <b>Passo 2</b> do <b>Fluxo Básico</b> , o período do crédito do cliente é inválido - Central solicita ao sistema que mostre ao Cliente uma mensagem de ligação não recebida devido ao período atual do seu crédito ser inválido para receber ligações; - sistema não cadastra ligação.  <b>caso de uso encerrado</b>

Tabela E.2 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso **Receber Ligação**

<b>Cenário 2A</b> – Ligação recebida	Fluxo Básico	
<b>Cenário 2B</b> – Ligação não recebida (período inválido)	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 1

## E.2 – Caso de Uso Cadastrar Ligação Recebida

Tabela E.3 – Especificação textual do caso de uso **Cadastrar Ligação Recebida** (continua na próxima página)

<b>Nome do Caso de Uso</b>	<b>Cadastrar Ligação Recebida</b>
<b>Nro. de Identificação</b>	3
<b>Atores</b>	Central Telefônica (ator iniciante)
<b>Evento Iniciante</b>	Central Telefônica recebe uma ligação para o Cliente
<b>Pré-condições</b>	Cliente cadastrado no serviço de telefonia Baby Pré-Pago Ligação recebida pelo cliente finalizada
<b>Pós-condições</b>	Ligação cadastrada
<b>Inclusões</b>	
<b>Extensões</b>	
<b>Regras de Negócio</b>	Uma ligação será cadastrada somente quando tiver sido recebida pelo cliente e finalizada
<b>Descrição</b>	Ao término de uma ligação recebida pelo cliente, o sistema cadastra esta ligação. São armazenadas as seguintes informações sobre a ligação: a data, os horários de início e término, o número de telefone que chamou o cliente e a área de cobertura desse número.

Tabela E.3 – Especificação textual do caso de uso **Cadastrar Ligação Recebida** (continuação)

<b>Fluxo Básico</b>	
<b>Passo 1</b>	Ligação recebida é finalizada normalmente ou há uma interrupção do sinal de transmissão - sistema cadastra ligação recebida pelo cliente.  <b>caso de uso encerrado</b>

Tabela E.4 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso **Cadastrar Ligação Recebida**

Cenário 3A – Ligação cadastrada	Fluxo Básico
---------------------------------	--------------

### E.3 – Caso de Uso Recarregar Telefone

Tabela E.5 – Especificação textual do caso de uso **Recarregar Telefone** (continua na próxima página)

<b>Nome do Caso de Uso</b>	<b>Recarregar Telefone</b>
<b>Nro. de Identificação</b>	4
<b>Atores</b>	Cliente (ator iniciante)
<b>Evento Iniciante</b>	Cliente solicita recarregar seu celular
<b>Pré-condições</b>	Cliente cadastrado no serviço de telefonia Baby Pré-Pago
<b>Pós-condições</b>	Celular do cliente recarregado
<b>Inclusões</b>	Caso de uso <b>Atualizar Saldo</b>
<b>Extensões</b>	
<b>Regras de Negócio</b>	O cliente poderá recarregar o seu celular em qualquer período de validade do seu crédito. Quando um recarregamento é realizado, inicia-se automaticamente o 1º período. O valor do crédito adquirido é sempre somado ao saldo já existente
<b>Descrição</b>	Este caso de uso é usado toda vez que o cliente solicitar o recarregamento do seu celular com novos créditos. O sistema atualiza o saldo do cliente, incrementando-o de acordo com o valor do novo crédito (caso de uso <b>Atualizar Saldo</b> ) e atualiza o período de validade dos créditos para 1º período, com duração de 90 ou 365 dias conforme o valor do crédito adquirido
<b>Fluxo Básico</b>	
<b>Passo 1</b>	inclusão ( <b>Atualizar Saldo</b> )
<b>Passo 2</b>	Créditos do cliente estão no período 1 e o valor do crédito adquirido é de R\$50,00 - sistema reinicia 1º período com duração de 90 dias a partir da data atual ou mantém a duração do recarregamento anterior, caso a sua data de término seja posterior à duração de 90 dias  <b>caso de uso encerrado</b>

Tabela E.5 – Especificação textual do caso de uso **Recarregar Telefone** (continuação)

<b>Fluxos Alternativos</b>	
<b>Fluxo Alternativo 1</b>	No <b>Passo 2</b> do <b>Fluxo Básico</b> , os créditos do cliente estão no período 1 e o valor do crédito adquirido é de R\$100,00 ou R\$200,00 - sistema reinicia 1º período com duração de 365 dias a partir da data atual.  <b>caso de uso encerrado</b>
<b>Fluxo Alternativo 2</b>	No <b>Passo 2</b> do <b>Fluxo Básico</b> , os créditos do cliente estão no período 2 ou no período 3, e o valor do crédito adquirido é de R\$50,00 - sistema atualiza período de validade dos créditos para 1º período com duração de 90 dias a partir da data atual ou mantém a duração do recarregamento anterior, caso a sua data de término seja posterior à duração de 90 dias  <b>caso de uso encerrado</b>
<b>Fluxo Alternativo 3</b>	No <b>Passo 2</b> do <b>Fluxo Básico</b> , os créditos do cliente estão no período 2 ou no período 3, e o valor do crédito adquirido é de R\$100,00 ou R\$200,00 - sistema atualiza período de validade dos créditos para 1º período com duração de 365 dias  <b>caso de uso encerrado</b>

Tabela E.6 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso **Recarregar Telefone**

<b>Cenário 4A</b> – Créditos do cliente no período 1 e novo crédito adquirido no valor de R\$50,00	Fluxo Básico	
<b>Cenário 4B</b> – Créditos do cliente no período 1 e novo crédito adquirido no valor de R\$100,00 ou R\$200,00	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 1
<b>Cenário 4C</b> – Créditos do cliente no período 2 ou 3, e novo crédito adquirido no valor de R\$50,00	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 2
<b>Cenário 4D</b> – Créditos do cliente no período 2 ou 3, e novo crédito adquirido no valor de R\$100,00 ou R\$200,00	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 3

## E.4 – Caso de Uso Consultar Serviço de Atendimento

Tabela E.7 – Especificação textual do caso de uso **Consultar Serviço de Atendimento** (continua na próxima página)

<b>Nome do Caso de Uso</b>	<b>Consultar Serviço de Atendimento</b>
<b>Nro. de Identificação</b>	<b>5</b>
<b>Atores</b>	Cliente (ator iniciante)
<b>Evento Iniciante</b>	Cliente tecla no seu celular *5000 ou *5005, solicitando ao sistema acessar o Serviço de Atendimento Personalizado ao Cliente ou o Serviço Automático de Consulta ao Saldo
<b>Pré-condições</b>	Cliente cadastrado no serviço de telefonia Baby Pré-Pago
<b>Pós-condições</b>	Serviço de atendimento acessado
<b>Inclusões</b>	Caso de uso <b>Verificar Número</b> Caso de uso <b>Consultar Serviço *5000</b>
<b>Extensões</b>	Caso de uso <b>Consultar Serviço *5005</b>
<b>Regras de Negócio</b>	O sistema acessará o serviço de Atendimento Personalizado ao Cliente (*5000) sempre que o cliente solicitar. Para acessar o serviço de Consulta Automática ao Saldo (*5005), o cliente deverá ter saldo suficiente para acessar o serviço (saldo não nulo)
<b>Descrição</b>	Quando o cliente deseja solicitar uma consulta ao Serviço de Atendimento Personalizado ao Cliente ou uma consulta ao Serviço Automático de Consulta ao Saldo (teclando * e logo em seguida, uma seqüência de números), o sistema verifica se o número teclado após o * é um número válido para acessar um desses serviços, ou seja, se é o número 5000 ou 5005, respectivamente (caso de uso <b>Verificar Número</b> ).  Se o número for válido, o serviço solicitado é acessado (inclusão <b>Consultar Serviço *5000</b> ou extensão <b>serviço *5005</b> ). No entanto, se o cliente estiver solicitando acesso ao serviço *5005, o cliente deve ter saldo suficiente (não nulo) para acessar o serviço
<b>Fluxo Básico</b>	
<b>Passo 1</b>	inclusão ( <b>Verificar Número</b> )
<b>Passo 2</b>	Número teclado pelo cliente é válido: *5000 - inclusão ( <b>Consultar Serviço *5000</b> )  <b>caso de uso encerrado</b>
<b>Fluxos Alternativos</b>	
<b>Fluxo Alternativo 1</b>	No <b>Passo 2</b> do <b>Fluxo Básico</b> , número teclado pelo cliente é válido: *5005 - extensão ( <b>serviço *5005</b> )  <b>caso de uso encerrado</b>

Tabela E.7 – Especificação textual do caso de uso **Consultar Serviço de Atendimento** (continuação)

<b>Fluxo Alternativo 2</b>	<p>No <b>Passo 2</b> do <b>Fluxo Básico</b>, o número teclado pelo cliente não é válido</p> <p>- sistema mostra ao Cliente mensagem de que o serviço de atendimento não pôde ser acessado devido ao número teclado não ser um número válido para acessar nenhum dos serviços oferecidos</p> <p><b>caso de uso encerrado</b></p>
----------------------------	---

Tabela E.8 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso **Consultar Serviço de Atendimento**

<b>Cenário 5A</b> – Número teclado pelo cliente *5000 (Serviço de Atendimento Personalizado ao Cliente)	Fluxo Básico	
<b>Cenário 5B</b> – Número teclado pelo cliente *5005 (Serviço Automático de Consulta ao Saldo)	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 1
<b>Cenário 5C</b> – Número teclado pelo cliente não válido para acessar nenhum dos serviços de atendimento	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 2

## E.5 – Caso de Uso Verificar Saldo

Tabela E.9 – Especificação textual do caso de uso **Verificar Saldo** (continua na próxima página)

<b>Nome do Caso de Uso</b>	<b>Verificar Saldo</b>
<b>Nro. de Identificação</b>	<b>6</b>
<b>Atores</b>	Cliente (ator iniciante)
<b>Evento Iniciante</b>	Cliente solicita ao sistema a realização de uma ligação ou uma consulta ao serviço *5005 (Serviço Automático de Consulta ao Saldo)
<b>Pré-condições</b>	Cliente cadastrado no serviço de telefonia Baby Pré-Pago
<b>Pós-condições</b>	Saldo do cliente verificado
<b>Inclusões</b>	
<b>Extensões</b>	Caso de uso <b>Avisar Baixo Saldo</b>
<b>Regras de Negócio</b>	O sistema verificará o saldo do cliente toda vez que este solicitar a realização de uma ligação ou uma consulta ao serviço *5005

Tabela E.9 – Especificação textual do caso de uso **Verificar Saldo** (continuação)

<b>Descrição</b>	<p>Quando o cliente solicita a realização de uma ligação, antes da Central Telefônica completar a ligação, o sistema verifica se o cliente possui saldo suficiente para efetuar a ligação solicitada. Uma outra situação em que este caso de uso é usado consiste em quando o cliente solicita uma consulta ao serviço *5005 (Serviço Automático de Consulta ao Saldo). Antes do saldo do cliente ser mostrado a este, o sistema verifica se o cliente possui saldo suficiente para acessar esse serviço.</p> <p>Se o saldo do cliente for nulo, inferior ou igual a R\$ 2,00, o sistema emite ao cliente um aviso informando-o que seu saldo está baixo (extensão <b>emitir aviso saldo baixo</b>). Se o saldo do cliente não for nulo, o sistema responde que o saldo é suficiente para realizar a ligação ou acessar o serviço *5005.</p>
<b>Fluxo Básico</b>	
<b>Passo 1</b>	Sistema acessa o saldo do cliente
<b>Passo 2</b>	Saldo do cliente é superior a R\$ 2,00 - extensão ( <b>emitir aviso saldo baixo</b> ) não ocorre
<b>Passo 3</b>	Saldo do cliente não é nulo - sistema responde que o saldo é suficiente para realizar ligação ou acessar o serviço *5005  <b>caso de uso encerrado</b>
<b>Fluxos Alternativos</b>	
<b>Fluxo Alternativo 1</b>	No <b>Passo 2</b> do <b>Fluxo Básico</b> , o saldo do cliente é nulo, inferior ou igual a R\$ 2,00 - extensão ( <b>emitir aviso saldo baixo</b> )  <b>Voltar ao Passo 3 do Fluxo Básico</b>
<b>Fluxo Alternativo 2</b>	No <b>Passo 3</b> do <b>Fluxo Básico</b> , se saldo do cliente for nulo - sistema responde que o saldo é insuficiente para realizar ligação ou acessar o serviço *5005  <b>caso de uso encerrado</b>

Tabela E.10 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso **Verificar Saldo**

<b>Cenário 6A</b> – Saldo do cliente superior a R\$2,00	Fluxo Básico		
<b>Cenário 6B</b> – Saldo do cliente inferior (não nulo) ou igual a R\$2,00	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 1	
<b>Cenário 6C</b> – Saldo do cliente nulo	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 1	Fluxo Alternativo 2

## E.6 – Caso de Uso Verificar Número

Tabela E.11 – Especificação textual do caso de uso **Verificar Número** (continua na próxima página)

<b>Nome do Caso de Uso</b>	<b>Verificar Número</b>
<b>Nro. de Identificação</b>	7
<b>Atores</b>	Cliente (ator iniciante)
<b>Evento Iniciante</b>	- Cliente solicita à Central Telefônica a realização de uma ligação ou; - Cliente consulta serviços de atendimento *5000 ou *5005
<b>Pré-condições</b>	Cliente cadastrado no serviço de telefonia Baby Pré-Pago
<b>Pós-condições</b>	Número digitado pelo cliente verificado
<b>Inclusões</b>	
<b>Extensões</b>	
<b>Regras de Negócio</b>	Toda vez que o cliente tentar realizar uma ligação ou consultar um serviço de atendimento, o número discado será verificado
<b>Descrição</b>	Quando o cliente tentar realizar uma ligação ou consultar um serviço de atendimento, o sistema verificará se o número discado é válido ou não. Para isso, o sistema primeiro classifica o número discado em uma das categorias a seguir: - número de ligação padrão; - número de ligação a cobrar; - número de ligação gratuita (inicia-se com 0800); - número de emergência (147, 190, 192, 193 ou 199); - número do serviço de atendimento personalizado ao cliente (*5000); - número do serviço automático de consulta ao saldo (*5005).  O sistema verifica se o número discado é um número real. Se o número discado for um número real, o sistema responde que este é um número válido. Para os números padrões ou a cobrar, o número será somente válido se, além de for real, pertencer à área de cobertura da Telesp.
<b>Fluxo Básico</b>	
<b>Passo 1</b>	Sistema analisa o número discado e classifica-o em uma das categorias de ligações: número de ligação padrão; número de ligação a cobrar; número de ligação gratuita (inicia-se com 0800); número de emergência (147, 190, 192, 193 ou 199); número do serviço de atendimento personalizado (*5000) ou número do serviço de consulta ao saldo (*5005).
<b>Passo 2</b>	Sistema verifica se o número discado é um número real, existente
<b>Passo 3</b>	Número discado é de uma ligação padrão ou a cobrar, e o número é real (existente) - sistema verifica se o número discado pertence à área de cobertura da Telesp Celular
<b>Passo 4</b>	Número discado pertence à área de cobertura da Telesp - sistema responde que o número discado é válido <b>caso de uso encerrado</b>

Tabela E.11 – Especificação textual do caso de uso **Verificar Número** (continuação)

<b>Fluxos Alternativos</b>	
<b>Fluxo Alternativo 1</b>	No <b>Passo 3</b> do <b>Fluxo Básico</b> , o número discado não é de uma ligação padrão ou a cobrar (é de uma ligação gratuita, de emergência, do serviço de atendimento personalizado ou do serviço de consulta ao saldo), e o número é real - sistema responde que o número discado é válido <b>caso de uso encerrado</b>
<b>Fluxo Alternativo 2</b>	No <b>Passo 3</b> do <b>Fluxo Básico</b> , o número discado não é um número real - sistema responde que o número discado não é válido <b>caso de uso encerrado</b>
<b>Fluxo Alternativo 3</b>	No <b>Passo 4</b> do <b>Fluxo Básico</b> , o número discado não pertence à área de cobertura da Telesp - sistema responde que o número discado não é válido <b>caso de uso encerrado</b>

Tabela E.12 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso **Verificar Número**

<b>Cenário 7A</b> – Número discado é um número padrão ou a cobrar, real e pertencente à área de cobertura da Telesp	Fluxo Básico	
<b>Cenário 7B</b> – Número discado não é um número padrão ou a cobrar, mas é um número real	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 1
<b>Cenário 7C</b> – Número discado não é um número real	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 2
<b>Cenário 7D</b> – Número discado não pertence à área de cobertura da Telesp	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 3

## E.7 – Caso de Uso Avisar Baixo Saldo

Tabela E.13 – Especificação textual do caso de uso **Avisar Baixo Saldo** (continua na próxima página)

<b>Nome do Caso de Uso</b>	<b>Avisar Baixo Saldo</b>
<b>Nro. de Identificação</b>	<b>8</b>
<b>Atores</b>	Cliente (ator iniciante)
<b>Evento Iniciante</b>	Cliente solicita ao sistema a realização de uma ligação ou uma consulta ao serviço *5005 (Serviço Automático de Consulta ao Saldo)
<b>Pré-condições</b>	Cliente cadastrado no serviço de telefonia Baby Pré-Pago Saldo do cliente verificado e se encerrando (igual ou inferior a R\$2,00)
<b>Pós-condições</b>	Aviso de baixo saldo emitido ao cliente
<b>Inclusões</b>	
<b>Extensões</b>	
<b>Regras de Negócio</b>	Um aviso de baixo saldo será emitido ao cliente toda vez que seu saldo for inferior ou igual a R\$ 2,00
<b>Descrição</b>	Quando o cliente solicitar a realização de uma ligação ou uma consulta ao serviço *5005, o sistema, após ter acessado o saldo do cliente (caso de uso <b>Verificar Saldo</b> ), emite uma mensagem ao cliente caso o valor do saldo seja inferior ou igual a R\$ 2,00

Tabela E.13 – Especificação textual do caso de uso **Avisar Baixo Saldo** (continuação)

<b>Fluxo Básico</b>
<b>Definição da extensão (emitir aviso saldo baixo)</b>
Sistema emite ao cliente uma mensagem informando-o que seu saldo está baixo
<b>extensão (emitir aviso saldo baixo) encerrada</b>
<b>caso de uso encerrado</b>

Tabela E.14 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso **Avisar Baixo Saldo**

<b>Cenário 8A – Aviso de saldo baixo emitido ao cliente</b>	Fluxo Básico
---	--------------

## E.8 – Caso de Uso Cadastrar Ligação Realizada

Tabela E.15 – Especificação textual do caso de uso Cadastrar Ligação Realizada

<b>Nome do Caso de Uso</b>		<b>Cadastrar Ligação Realizada</b>
<b>Nro. de Identificação</b>		<b>9</b>
<b>Atores</b>		Cliente (ator iniciante)
<b>Evento Iniciante</b>		Cliente solicita ao sistema a realização de uma ligação
<b>Pré-condições</b>		Cliente cadastrado no serviço de telefonia Baby Pré-Pago Ligação realizada pelo cliente finalizada
<b>Pós-condições</b>		Ligação cadastrada
<b>Inclusões</b>		Caso de uso <b>Atualizar Saldo</b>
<b>Extensões</b>		
<b>Regras de Negócio</b>		Uma ligação solicitada pelo cliente será cadastrada somente quando tiver sido completada pela Central Telefônica e finalizada
<b>Descrição</b>		Ao término de uma ligação realizada pelo cliente, o sistema cadastra esta ligação. São armazenadas as seguintes informações sobre a ligação: a data, os horários de início e término, o número do telefone chamado e a sua área de cobertura.
<b>Fluxo Básico</b>		
<b>Passo 1</b>	Ligação realizada pelo cliente é finalizada normalmente ou há uma interrupção do sinal de transmissão - sistema cadastra ligação.	
<b>Passo 2</b>	inclusão ( <b>Atualizar Saldo</b> )	
<b>caso de uso encerrado</b>		

Tabela E.16 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso **Cadastrar Ligação Realizada**

Cenário 9A – Ligação cadastrada	Fluxo Básico
---------------------------------	--------------

## E.9 – Caso de Uso Atualizar Saldo

Tabela E.17 – Especificação textual do caso de uso Atualizar Saldo

<b>Nome do Caso de Uso</b>	<b>Atualizar Saldo</b>
<b>Nro. de Identificação</b>	<b>10</b>
<b>Atores</b>	Cliente (ator iniciante), Central Telefônica
<b>Evento Iniciante</b>	Cliente solicita ao sistema a realização de uma ligação ou solicita recarregar seu celular
<b>Pré-condições</b>	Cliente cadastrado no serviço de telefonia Baby Pré-Pago Ligação realizada pelo cliente finalizada ou cliente recarregando os créditos do seu celular
<b>Pós-condições</b>	Saldo do cliente atualizado
<b>Inclusões</b>	
<b>Extensões</b>	
<b>Regras de Negócio</b>	O saldo do cliente deverá ser sempre atualizado após a realização de uma ligação ou quando o cliente solicitar o recarregamento do seu celular com novos créditos
<b>Descrição</b>	Ao término de uma ligação realizada pelo cliente, o sistema atualiza o saldo do cliente, decrementando seu valor de acordo com a duração da ligação. Este caso de uso também é usado quando o cliente solicitar o recarregamento do seu celular com novos créditos. Nessa situação, o sistema atualiza o saldo do cliente, incrementando-o de acordo com o valor do novo crédito
<b>Fluxo Básico</b>	
<b>Passo 1</b>	<p>Cliente acaba de realizar uma ligação</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sistema calcula o custo da ligação, obtendo junto à Central a duração da ligação e obedecendo a tarifa básica de R\$ 0,80 por minuto</li> <li>- sistema decrementa o saldo do cliente conforme o custo da ligação</li> <li>- sistema mostra mensagem de atualização do saldo do cliente realizada com sucesso</li> </ul> <p><b>caso de uso encerrado</b></p>
<b>Fluxos Alternativos</b>	
<b>Fluxo Alternativo 1</b>	<p>No <b>Passo 1</b> do <b>Fluxo Básico</b>, o cliente solicita o recarregamento de seu celular</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sistema incrementa o saldo do cliente conforme o valor do novo crédito</li> <li>- sistema mostra mensagem de atualização do saldo do cliente realizada com sucesso</li> </ul> <p><b>caso de uso encerrado</b></p>

Tabela E.18 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso **Atualizar Saldo**

<b>Cenário 10A</b> – Saldo do cliente decrementado	Fluxo Básico
<b>Cenário 10B</b> – Saldo do cliente incrementado	Fluxo Alternativo 1

## E.10 – Caso de Uso Verificar Período

Tabela E.19 – Especificação textual do caso de uso **Verificar Período** (continua na próxima página)

<b>Nome do Caso de Uso</b>	<b>Verificar Período</b>
<b>Nro. de Identificação</b>	<b>11</b>
<b>Atores</b>	Central Telefônica (ator iniciante)
<b>Evento Iniciante</b>	- Central Telefônica recebe ligação para o cliente ou; - Cliente solicita à Central a realização de uma ligação ou; - Mudança da data corrente do sistema
<b>Pré-condições</b>	Cliente cadastrado no serviço de telefonia Baby Pré-Pago
<b>Pós-condições</b>	Período do crédito do cliente verificado e validade do período do cliente consultado
<b>Inclusões</b>	
<b>Extensões</b>	Caso de uso <b>Verificar Período A Receber</b> Caso de uso <b>Verificar Período A Realizar</b> Caso de uso <b>Avisar Período de Expiração</b>
<b>Regras de Negócio</b>	O sistema verificará o período em que se encontra o crédito do cliente toda vez que a Central Telefônica receber uma ligação para o cliente ou este tentar realizar uma ligação. O sistema também deve consultar a validade do período em que se encontra o crédito do cliente toda vez que a data corrente do sistema mudar
<b>Descrição</b>	Quando a Central Telefônica recebe uma ligação para o cliente ou o cliente solicita à Central a realização de uma ligação, antes da ligação ser aceita ou completada, o sistema verifica se o período em que se encontra o crédito do cliente é válido para receber ou realizar ligações (extensão <b>verificar recebimento</b> ou <b>verificar realização</b> ). O sistema também consulta a validade do período do crédito do cliente (extensão <b>verificar expiração</b> ) quando a data do sistema mudar, ou seja, for o início de um novo dia.

Tabela E.19 – Especificação textual do caso de uso **Verificar Período** (continuação)

<b>Fluxo Básico</b>	
<b>Passo 1</b>	<b>Fluxo alternativo 1 ou Fluxo alternativo 2</b>
<b>Passo 2</b>	Data corrente do sistema não tiver sido mudada (não é o início de um novo dia) - extensão ( <b>verificar expiração</b> ) não ocorre  <b>caso de uso encerrado</b>
<b>Fluxos Alternativos</b>	
<b>Fluxo Alternativo 1</b>	Central Telefônica está recebendo ligação para o cliente - extensão ( <b>verificar recebimento</b> )  <b>Voltar ao Passo 2 do Fluxo Básico</b>
<b>Fluxo Alternativo 2</b>	Cliente está solicitando à Central Telefônica a realização de uma ligação - extensão ( <b>verificar realização</b> )  <b>Voltar ao Passo 2 do Fluxo Básico</b>
<b>Fluxo Alternativo 3</b>	No <b>Passo 2</b> do <b>Fluxo Básico</b> , mudança da data corrente do sistema, ou seja, é o início de um novo dia - extensão ( <b>verificar expiração</b> )  <b>caso de uso encerrado</b>

Tabela E.20 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso **Verificar Período**

<b>Cenário 11A</b> – Central recebendo ligação para o Cliente e não verificando se período está expirando (não é um novo dia)	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo1	
<b>Cenário 11B</b> – Cliente solicitando à Central a realização de uma ligação e Central não verificando se período está expirando (não é um novo dia)	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo2	
<b>Cenário 11C</b> – Central recebendo ligação para o Cliente e verificando se período está expirando (em um novo dia)	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo1	Fluxo Alternativo3
<b>Cenário 11D</b> – Cliente solicitando à Central a realização de uma ligação e Central verificando se período está expirando (em um novo dia)	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo2	Fluxo Alternativo3

## E.11 – Caso de Uso Verificar Período a Receber

Tabela E.21 – Especificação textual do caso de uso **Verificar Período a Receber**

<b>Nome do Caso de Uso</b>		<b>Verificar Período a Receber</b>
<b>Nro. de Identificação</b>		<b>12</b>
<b>Atores</b>		Central Telefônica (ator iniciante)
<b>Evento Iniciante</b>		Central Telefônica solicita que o sistema verifique o período em que se encontra o crédito do cliente
<b>Pré-condições</b>		Cliente cadastrado no serviço de telefonia Baby Pré-Pago Central Telefônica recebendo ligação para o cliente
<b>Pós-condições</b>		Período do crédito do cliente verificado
<b>Inclusões</b>		
<b>Extensões</b>		
<b>Regras de Negócio</b>	Um cliente pode receber ligações somente se o seu crédito estiver no 1º ou 2º períodos de validade	
<b>Descrição</b>	Quando a Central Telefônica recebe uma ligação para o cliente, antes do cliente recebê-la, o sistema verifica se o período em que se encontra o crédito do cliente é válido para receber ligações	
<b>Fluxo Básico</b>		
<b>Passo 1</b>	<b>Definição da extensão (verificar recebimento)</b> Crédito do cliente está no período 1 ou no período 2 - sistema responde à Central que o período é válido para receber ligações; - Central Telefônica autoriza o recebimento da ligação. <b>extensão (verificar recebimento) encerrada</b>  <b>caso de uso encerrado</b>	
<b>Fluxos Alternativos</b>		
<b>Fluxo Alternativo 1</b>	No <b>Passo 1</b> do <b>Fluxo Básico</b> , o crédito do cliente está no período 3 - sistema responde à Central que o período é inválido para receber ligações; - Central Telefônica cancela o recebimento da ligação. <b>extensão (verificar recebimento) encerrada</b>  <b>caso de uso encerrado</b>	

Tabela E.22 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso **Verificar Período a Receber**

<b>Cenário 12A</b> – Período válido para receber ligações	Fluxo Básico
<b>Cenário 12B</b> – Período inválido para receber ligações	Fluxo Alternativo 1

## E.12 – Caso de Uso Verificar Período a Realizar

Tabela E.23 – Especificação textual do caso de uso **Verificar Período a Realizar**

Nome do Caso de Uso	<b>Verificar Período a Realizar</b>
Nro. de Identificação	<b>13</b>
Atores	Central Telefônica (ator iniciante)
Evento Iniciante	Central Telefônica solicita que o sistema verifique o período em que se encontra o crédito do cliente
Pré-condições	Cliente cadastrado no serviço de telefonia Baby Pré-Pago Cliente solicitando à Central Telefônica a realização de uma ligação
Pós-condições	Período do crédito do cliente verificado
Inclusões	
Extensões	
Regras de Negócio	Um cliente pode realizar ligações somente se o seu crédito estiver no 1º período de validade. Há uma exceção para as ligações para códigos de emergência, que podem ser realizadas em qualquer período
Descrição	Quando o cliente estiver realizando uma ligação, antes da ligação ser completada pela Central Telefônica, o sistema verifica se o período em que se encontra o crédito do cliente é válido para realizar ligações
<b>Fluxo Básico</b>	
<b>Passo 1</b>	<b>Definição da extensão (verificar realização)</b> Crédito do cliente está no período 1 ou o número do telefone discado é um número de emergência - sistema responde à Central que o período é válido para realizar ligações. <b>extensão (verificar realização) encerrada</b>  <b>caso de uso encerrado</b>
<b>Fluxos Alternativos</b>	
<b>Fluxo Alternativo 1</b>	No <b>Passo 1</b> do <b>Fluxo Básico</b> , o crédito do cliente está no período 2 ou no período 3, e o número de telefone discado pelo cliente é um número padrão ou um número gratuito ou uma ligação a cobrar - sistema responde à Central que o período é inválido para realizar ligações. <b>extensão (verificar realização) encerrada</b>  <b>caso de uso encerrado</b>

Tabela E.24 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso **Verificar Período a Realizar**

<b>Cenário 13A</b> – Período válido para realizar ligações	Fluxo Básico
<b>Cenário 13B</b> – Período inválido para realizar ligações	Fluxo Alternativo 1

## E.13 – Caso de Uso Avisar Período de Expiração

Tabela E.25 – Especificação textual do caso de uso **Avisar Período de Expiração**

<b>Nome do Caso de Uso</b>	<b>Avisar Período de Expiração</b>
<b>Nro. de Identificação</b>	<b>14</b>
<b>Atores</b>	Central Telefônica (ator iniciante)
<b>Evento Iniciante</b>	Central Telefônica solicita que o sistema verifique se o período atual do crédito do cliente expirará em três dias
<b>Pré-condições</b>	Cliente cadastrado no serviço de telefonia Baby Pré-Pago Mudança automática da data corrente do sistema
<b>Pós-condições</b>	Aviso de expiração de período emitido
<b>Inclusões</b>	
<b>Extensões</b>	
<b>Regras de Negócio</b>	O sistema emite ao cliente um aviso de expiração caso a validade do período atual do seu crédito expire em três dias
<b>Descrição</b>	O sistema verifica se o período atual do cliente expirará em três dias. Caso o período do cliente esteja expirando, o sistema emite um aviso ao cliente informando-o de que em três dias o período do seu crédito será mudado. Assim, é dado ao cliente um tempo hábil para recarregar seu celular com novos créditos, caso não queira que os serviços oferecidos pelo seu Baby sejam limitados com a mudança de período
<b>Fluxo Básico</b>	
<b>Passo 1</b>	<b>Definição da extensão (verificar expiração)</b>  Sistema verifica se a validade do período em que se encontra o crédito do cliente expirará em três dias
<b>Passo 2</b>	Período atual do crédito do cliente expirará em três dias - sistema emite ao Cliente o aviso de que o período atual de seu crédito está expirando. <b>extensão (verificar expiração) encerrada</b>  <b>caso de uso encerrado</b>
<b>Fluxos Alternativos</b>	
<b>Fluxo Alternativo 1</b>	No <b>Passo 2</b> do <b>Fluxo Básico</b> , o período atual do crédito do cliente não expirará em três dias - sistema não emite aviso de expiração de período ao cliente, pois seu período não está expirando. <b>extensão (verificar expiração) encerrada</b>  <b>caso de uso encerrado</b>

Tabela E.26 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso **Avisar Período de Expiração**

<b>Cenário 14A</b> – Aviso de expiração emitido ao cliente	Fluxo Básico	
<b>Cenário 14B</b> – Aviso de expiração não emitido ao cliente	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 1

## E.14 – Caso de Uso Consultar Serviço \*5005

Tabela E.27 – Especificação textual do caso de uso **Consultar Serviço \*5005**

<b>Nome do Caso de Uso</b>	<b>Consultar Serviço *5005</b>	
<b>Nro. de Identificação</b>	<b>15</b>	
<b>Atores</b>	Cliente (ator iniciante)	
<b>Evento Iniciante</b>	Cliente tecla no seu celular *5005, solicitando ao sistema acessar o Serviço Automático de Consulta ao Saldo	
<b>Pré-condições</b>	Cliente cadastrado no serviço de telefonia Baby Pré-Pago Saldo suficiente para acessar o Serviço *5005 (saldo não nulo)	
<b>Pós-condições</b>	Serviço Automático de Consulta ao Saldo acessado (serviço *5005)	
<b>Inclusões</b>	Caso de uso <b>Verificar Saldo</b>	
<b>Extensões</b>		
<b>Regras de Negócio</b>	Para acessar o Serviço Automático de Consulta ao Saldo (serviço *5005), o cliente deverá ter saldo suficiente para acessar o serviço (saldo não nulo)	
<b>Descrição</b>	Quando o cliente solicita uma consulta ao Serviço Automático de Consulta ao Saldo (teclando * e logo em seguida, 5005), o sistema verifica o saldo do cliente (caso de uso <b>Verificar Saldo</b> ). Se o saldo do cliente não for nulo (saldo suficiente), o sistema lhe mostra o valor do seu saldo	
<b>Fluxo Básico</b>		
<b>Passo 1</b>	inclusão ( <b>Verificar Saldo</b> )	
<b>Passo 2</b>	Saldo do cliente é suficiente para acessar o Serviço *5005 - sistema mostra ao Cliente o valor do seu saldo	
	<b>caso de uso encerrado</b>	
<b>Fluxos Alternativos</b>		
<b>Fluxo Alternativo 1</b>	No <b>Passo 2</b> do <b>Fluxo Básico</b> , o saldo do cliente não é suficiente para acessar o Serviço *5005 - sistema não mostra ao Cliente o valor do seu saldo - sistema mostra ao Cliente mensagem de que seu saldo é insuficiente para acessar o serviço solicitado	
	<b>caso de uso encerrado</b>	

Tabela E.28 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso **Consultar Serviço \*5005**

<b>Cenário 15A</b> – Número teclado pelo cliente *5005 (Serviço Automático de Consulta ao Saldo). Saldo suficiente para acessar o serviço solicitado	Fluxo Básico	
<b>Cenário 15B</b> – Número teclado pelo cliente *5005 (Serviço Automático de Consulta ao Saldo). Saldo insuficiente para acessar o serviço solicitado	Fluxo Básico	Fluxo Alternativo 1

## E.15 – Caso de Uso Consultar Serviço \*5000

Tabela E.29 – Especificação textual do caso de uso **Consultar Serviço \*5000**

<b>Nome do Caso de Uso</b>	<b>Consultar Serviço *5000</b>
<b>Nro. de Identificação</b>	<b>16</b>
<b>Atores</b>	Cliente (ator iniciante), Central Telefônica, Atendente
<b>Evento Iniciante</b>	Cliente tecla no seu celular *5000, solicitando ao sistema acessar o Serviço de Atendimento Personalizado ao Cliente
<b>Pré-condições</b>	Cliente cadastrado no serviço de telefonia Baby Pré-Pago
<b>Pós-condições</b>	Serviço de Atendimento Personalizado ao Cliente acessado (serviço *5000)
<b>Inclusões</b>	
<b>Extensões</b>	
<b>Regras de Negócio</b>	O sistema acessará o serviço de Atendimento Personalizado ao Cliente (*5000) sempre que o cliente solicitar
<b>Descrição</b>	Quando o cliente solicita uma consulta ao Serviço de Atendimento Personalizado ao Cliente (teclando * e logo em seguida, 5000), o sistema pede à Central Telefônica que complete uma ligação entre o Cliente e um Atendente da Telesp Celular
<b>Fluxo Básico</b>	
<b>Passo 1</b>	Sistema solicita que a Central Telefônica complete uma ligação entre o Cliente e um Atendente da Telesp
<b>Passo 2</b>	Sistema mostra ao Cliente mensagem de que o Serviço de Atendimento Personalizado ao Cliente foi acessado com sucesso

Tabela E.30 – Tabela de cenários derivados a partir do caso de uso **Consultar Serviço \*5000**

<b>Cenário 16A</b> – Número teclado pelo cliente *5000 (Serviço de Atendimento Personalizado ao Cliente)	Fluxo Básico
--	--------------

## Apêndice F – Casos de Teste Funcionais Gerados pela Abordagem de Heumann

Neste apêndice são apresentados os casos de teste desenvolvidos a partir da aplicação da abordagem de Heumann [Heu01] durante a realização do estudo de caso apresentado no Capítulo 5. Essa abordagem de teste puramente funcional propõe que sejam gerados casos de teste para cada cenário de um caso de uso.

Para a elaboração desses casos de teste foram utilizadas as descrições textuais dos casos de uso do diagrama exemplo da Telesp Celular e as tabelas de cenários derivadas para esses casos de uso, ambas apresentadas no Apêndice E.

Os casos de teste desenvolvidos estão listados em tabelas. Nessas tabelas, cada linha representa um caso de teste, ao qual estão associados um número identificador, o cenário a ser executado, o conjunto de dados que participa do caso de teste e o resultado esperado.

Na primeira coluna dessas tabelas, o número que identifica um caso de teste é apresentado no formato **CT x1-x2**, sendo que “**CT**” consiste em uma abreviação usada para Caso de Teste, “**x1**” indica o número que representa o caso de uso analisado e “**x2**” indica o número do caso de teste desenvolvido. Nas colunas que apresentam o conjunto de dados que participa de um caso de teste, um “**V**” indica que o dado deve ser *válido*, enquanto um “**I**” indica que o dado deve ser *inválido*. Um “**n/a**” indica que o dado não é aplicável ao caso de teste.

Tabela F.1 – Tabela de casos de teste para o caso de uso **Receber Ligação**

<b>Caso de Teste</b>	<b>Cenários</b>	<b>Período válido para receber ligações</b>	<b>Período inválido para receber ligações</b>	<b>Resultado Esperado</b>
CT 2-1	<b>2A</b> – Ligação recebida	V	I	Ligação recebida e cadastrada com sucesso
CT 2-2	<b>2B</b> – Ligação não recebida	I	V	Ligação não recebida

Tabela F.2 – Tabela de casos de teste para o caso de uso **Cadastrar Ligação Recebida**

Caso de Teste	Cenário	Dado de Teste	Resultado Esperado
CT 3-1	3A – Ligação cadastrada	-	Ligação cadastrada com sucesso

Tabela F.3 – Tabela de casos de teste para o caso de uso **Recarregar Telefone** (continua na próxima página)

Caso de Teste	Cenários	Período 1	Período 2	Período 3	crédito de R\$50,00	crédito de R\$100,00	crédito de R\$200,00	Resultado Esperado
CT 4-1	4A – Créditos do cliente no período 1 e novo crédito adquirido no valor de R\$50,00	V	I	I	V	I	I	Celular recarregado. Créditos no 1º período com duração de 90 dias
CT 4-2	4B – Créditos do cliente no período 1 e novo crédito adquirido no valor de R\$100,00 ou R\$200,00	V	I	I	I	V	I	Celular recarregado. Créditos no 1º período com duração de 365 dias
CT 4-3	4B – Créditos do cliente no período 1 e novo crédito adquirido no valor de R\$100,00 ou R\$200,00	V	I	I	I	I	V	Celular recarregado. Créditos no 1º período com duração de 365 dias
CT 4-4	4C – Créditos do cliente no período 2 ou 3, e novo crédito adquirido no valor de R\$50,00	I	V	I	V	I	I	Celular recarregado. Créditos no 1º período com duração de 90 dias

Tabela F.3 – Tabela de casos de teste para o caso de uso **Recarregar Telefone** (continuação)

Caso de Teste	Cenários	Período 1	Período 2	Período 3	crédito de R\$50,00	crédito de R\$100,00	crédito de R\$200,00	Resultado Esperado
CT 4-5	<b>4C</b> – Créditos do cliente no período 2 ou 3, e novo crédito adquirido no valor de R\$50,00	I	I	V	V	I	I	Celular recarregado. Créditos no 1º período com duração de 90 dias
CT 4-6	<b>4D</b> – Créditos do cliente no período 2 ou 3, e novo crédito adquirido no valor de R\$100,00 ou R\$200,00	I	V	I	I	V	I	Celular recarregado. Créditos no 1º período com duração de 365 dias
CT 4-7	<b>4D</b> – Créditos do cliente no período 2 ou 3, e novo crédito adquirido no valor de R\$100,00 ou R\$200,00	I	V	I	I	I	V	Celular recarregado. Créditos no 1º período com duração de 365 dias
CT 4-8	<b>4D</b> – Créditos do cliente no período 2 ou 3, e novo crédito adquirido no valor de R\$100,00 ou R\$200,00	I	I	V	I	V	I	Celular recarregado. Créditos no 1º período com duração de 365 dias
CT 4-9	<b>4D</b> – Créditos do cliente no período 2 ou 3, e novo crédito adquirido no valor de R\$100,00 ou R\$200,00	I	I	V	I	I	V	Celular recarregado. Créditos no 1º período com duração de 365 dias

Tabela F.4 – Tabela de casos de teste para o caso de uso **Consultar Serviço de Atendimento**

Caso de Teste	Cenário	# teclado válido	# *5000	# *5005	Resultado Esperado
CT 5-1	<b>5A</b> – Número teclado pelo cliente *5000 (Serviço de Atendimento Personalizado ao Cliente)	V	V	n/a	Serviço de atendimento personalizado acessado pelo cliente
CT 5-2	<b>5B</b> – Número teclado pelo cliente *5005 (Serviço Automático de Consulta ao Saldo)	V	n/a	V	Serviço automático de consulta ao saldo requisitado pelo cliente (este serviço será somente acessado se o cliente tiver saldo suficiente para isso)
CT 5-3	<b>5C</b> – Número teclado pelo cliente não válido para acessar nenhum dos serviços de atendimento	I	n/a	n/a	Nenhum serviço de atendimento acessado pelo cliente

Tabela F.5 – Tabela de casos de teste para o caso de uso **Verificar Saldo**

Caso de Teste	Cenário	Saldo nulo	Saldo < 2	Saldo = 2	Saldo > 2	Resultado Esperado
CT 6-1	<b>6A</b> – Saldo do cliente superior a R\$2,00	I	I	I	V	Aviso de saldo baixo não emitido ao cliente – saldo suficiente para realizar ligação/consultar serviço *5005
CT 6-2	<b>6B</b> – Saldo do cliente inferior (não nulo) ou igual a R\$2,00	I	V	I	I	Aviso de saldo baixo emitido ao cliente – saldo suficiente para realizar ligação/consultar serviço *5005
CT 6-3	<b>6B</b> – Saldo do cliente inferior (não nulo) ou igual a R\$2,00	I	I	V	I	Aviso de saldo baixo emitido ao cliente – saldo suficiente para realizar ligação/consultar serviço *5005
CT 6-4	<b>6C</b> – Saldo do cliente nulo	V	I	I	I	Aviso de saldo baixo emitido ao cliente – saldo insuficiente para realizar ligação/consultar serviço *5005

Tabela F.6 – Tabela de casos de teste para o caso de uso **Verificar Número** (continua na próxima página)

Caso de Teste	Cenários	# Padrão	# a Cobrar	# Gratuito	# Emergência	# *5000	# *5005	# Existe (real)	# Área de Cobertura	Resultado Esperado
CT 7-1	7A –Número discado é um número padrão ou a cobrar, real e pertencente à área de cobertura da Telesp	V	I	I	I	I	I	V	V	Número discado válido
CT 7-2	7A –Número discado é um número padrão ou a cobrar, real e pertencente à área de cobertura da Telesp	I	V	I	I	I	I	V	V	Número discado válido
CT 7-3	7B – Número discado não é um número padrão ou a cobrar, mas é um número real	I	I	V	I	I	I	V	n/a	Número discado válido
CT 7-4	7B – Número discado não é um número padrão ou a cobrar, mas é um número real	I	I	I	V	I	I	V	n/a	Número discado válido
CT 7-5	7B – Número discado não é um número padrão ou a cobrar, mas é um número real	I	I	I	I	V	I	V	n/a	Número discado válido
CT 7-6	7B – Número discado não é um número padrão ou a cobrar, mas é um número real	I	I	I	I	I	V	V	n/a	Número discado válido

Tabela F.6 – Tabela de casos de teste para o caso de uso **Verificar Número** (continuação)

Caso de Teste	Cenários	# Padrão	# a Cobrar	# Gratuito	# Emergência	# *5000	# *5005	# Existe (real)	# Área de Cobertura	Resultado Esperado
CT 7-7	7C – Número discado não é um número real	V	I	I	I	I	I	I	n/a	Número discado inválido
CT 7-8	7C – Número discado não é um número real	I	V	I	I	I	I	I	n/a	Número discado inválido
CT 7-9	7C – Número discado não é um número real	I	I	V	I	I	I	I	n/a	Número discado inválido
CT 7-10	7C – Número discado não é um número real	I	I	I	V	I	I	I	n/a	Número discado inválido
CT 7-11	7C – Número discado não é um número real	I	I	I	I	V	I	I	n/a	Número discado inválido
CT 7-12	7C – Número discado não é um número real	I	I	I	I	I	V	I	n/a	Número discado inválido
CT 7-13	7D – Número discado não pertence à área de cobertura da Telesp	V	I	I	I	I	I	V	I	Número discado inválido
CT 7-14	7D – Número discado não pertence à área de cobertura da Telesp	I	V	I	I	I	I	V	I	Número discado inválido

Tabela F.7 – Tabela de casos de teste para o caso de uso **Avisar Baixo Saldo**

Caso de Teste	Cenário	Dado de Teste	Resultado Esperado
CT 8-1	8A – Aviso de saldo baixo emitido ao cliente	-	Aviso de saldo baixo emitido ao cliente

Tabela F.8 – Tabela de casos de teste para o caso de uso **Cadastrar Ligação Realizada**

Caso de Teste	Cenário	Dado de Teste	Resultado Esperado
CT 9-1	9A – Ligação cadastrada	-	Ligação cadastrada com sucesso

Tabela F.9 – Tabela de casos de teste para o caso de uso **Atualizar Saldo**

Caso de Teste	Cenários	Ligação realizada	Cliente recarregando telefone	Resultado Esperado
CT 10-1	10A – Saldo do cliente decrementado	V	I	Saldo atualizado com sucesso – Ligação realizada
CT 10-2	10B – Saldo do cliente incrementado	I	V	Saldo atualizado com sucesso – Recarregamento de crédito realizado

Tabela F.10 – Tabela de casos de teste para o caso de uso **Verificar Período**

Caso de Teste	Cenários	Central Telefônica recebendo ligação p/ o cliente	Cliente realizando ligação	Mudança da data corrente do sistema (novo dia)	Resultado Esperado
CT 11-1	11A – Central recebendo ligação para o Cliente e não verificando se período está expirando (não é um novo dia)	V	I	I	Período válido/inválido para receber ligações
CT 11-2	11B – Cliente solicitando à Central a realização de uma ligação e Central não verificando se período está expirando (não é um novo dia)	I	V	I	Período válido/inválido para realizar ligações
CT 11-3	11C – Central recebendo ligação para o Cliente e verificando se período está expirando (em um novo dia)	V	I	V	Período válido/inválido para receber ligações e aviso de expiração de período emitido/não emitido ao cliente
CT 11-4	11D – Cliente solicitando à Central a realização de uma ligação e Central verificando se período está expirando (em um novo dia)	I	V	V	Período válido/inválido para realizar ligações e aviso de expiração de período emitido/não emitido ao cliente

Tabela F.11 – Tabela de casos de teste para o caso de uso **Verificar Período a Receber**

Caso de Teste	Cenários	Crédito no Período 1	Crédito no Período 2	Crédito no Período 3	Resultado Esperado
CT 12-1	12A – Período válido para receber ligações	V	I	I	Período válido para receber ligações
CT 12-2	12A – Período válido para receber ligações	I	V	I	Período válido para receber ligações
CT 12-3	12B – Período inválido para receber ligações	I	I	V	Período inválido para receber ligações – recebimento da ligação cancelada

Tabela F.12 – Tabela de casos de teste para o caso de uso **Verificar Período a Realizar** (continua na próxima página)

Caso de Teste	Cenários	Crédito no Período 1	Crédito no Período 2	Crédito no Período 3	# Discado Padrão	Ligação a Cobrar	# 0800	# de Emergência	Resultado Esperado
CT 13-1	13A – Período válido para realizar ligações	V	I	I	V	I	I	I	Período válido para realizar ligações
CT 13-2	13A – Período válido para realizar ligações	V	I	I	I	V	I	I	Período válido para realizar ligações
CT 13-3	13A – Período válido para realizar ligações	V	I	I	I	I	V	I	Período válido para realizar ligações
CT 13-4	13A – Período válido para realizar ligações	V	I	I	I	I	I	V	Período válido para realizar ligações

Tabela F.12 – Tabela de casos de teste para o caso de uso **Verificar Período a Realizar** (continuação)

Caso de Teste	Cenários	Crédito no Período 1	Crédito no Período 2	Crédito no Período 3	# Discado Padrão	Ligação a Cobrar	# 0800	# de Emergência	Resultado Esperado
CT 13-5	13B – Período inválido para realizar ligações	I	V	I	V	I	I	I	Período inválido para realizar ligações
CT 13-6	13B – Período inválido para realizar ligações	I	V	I	I	V	I	I	Período inválido para realizar ligações
CT 13-7	13B – Período inválido para realizar ligações	I	V	I	I	I	V	I	Período inválido para realizar ligações
CT 13-8	13A – Período válido para realizar ligações	I	V	I	I	I	I	V	Período válido para realizar ligações
CT 13-9	13B – Período inválido para realizar ligações	I	I	V	V	I	I	I	Período inválido para realizar ligações
CT 13-10	13B – Período inválido para realizar ligações	I	I	V	I	V	I	I	Período inválido para realizar ligações
CT 13-11	13B – Período inválido para realizar ligações	I	I	V	I	I	V	I	Período inválido para realizar ligações
CT 13-12	13A – Período válido para realizar ligações	I	I	V	I	I	I	V	Período válido para realizar ligações

Tabela F.13 – Tabela de casos de teste para o caso de uso **Avisar Período de Expiração**

<b>Casos De Teste</b>	<b>Cenários</b>	<b>Período do Crédito Expirando em Três Dias</b>	<b>Resultado Esperado</b>
CT 14-1	<b>14A</b> – Aviso de expiração emitido ao cliente	V	Aviso emitido ao cliente
CT 14-2	<b>14B</b> – Aviso de expiração não emitido ao cliente	I	Aviso não emitido ao cliente – mensagem de não emissão à Central

Tabela F.14 – Tabela de casos de teste para o caso de uso **Consultar Serviço \*5005**

<b>Caso de Teste</b>	<b>Cenário</b>	<b>Saldo suficiente</b>	<b>Resultado Esperado</b>
CT 15-1	<b>15A</b> – Número teclado pelo cliente *5005 (Serviço Automático de Consulta ao Saldo). Saldo suficiente para acessar o serviço solicitado	V	Serviço Automático de Consulta ao Saldo acessado pelo cliente – sistema mostra saldo ao cliente
CT 15-2	<b>15B</b> – Número teclado pelo cliente *5005 (Serviço Automático de Consulta ao Saldo). Saldo insuficiente para acessar o serviço solicitado	I	Serviço Automático de Consulta ao Saldo não acessado pelo cliente – sistema não mostra saldo ao cliente. Mensagem de saldo insuficiente p/ acessar o serviço