

**Determinação de um Conjunto Essencial de
Operadores de Mutação para Máquinas de
Estados Finitos**

**Renata A. de Carvalho
Sandra C.P.F. Fabbri
José Carlos Maldonado
Pedro de Noronha Nassif**

Nº 100

RELATÓRIOS TÉCNICOS DO ICMC

São Carlos
Dez./1999

SYSNO	<u>1077378</u>
DATA	<u> / / </u>
ICMC - SBAB	

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação

***“Determinação de um Conjunto
Essencial de Operadores de Mutação
para Máquinas de Estados Finitos”***

Renata A. de Carvalho
Sandra C. P. F. Fabbri
José Carlos Maldonado
Pedro de Noronha Nassif

RELATÓRIOS TÉCNICOS DO ICMC

São Carlos
Agosto / 1999

***“Determinação de um Conjunto
Essencial de Operadores de Mutação
para Máquinas de Estados Finitos”***

Renata A. de Carvalho¹

Sandra C. P. F. Fabbri²

José Carlos Maldonado³

Pedro de Noronha Nassif⁴

¹ Mestranda do DC-UFSCar – São Carlos; Professora da FCET-UNIMAR – Marília

² Professora do DC-UFSCar – São Carlos

³ Professor do ICMC-USP – São Carlos

⁴ Aluno de Iniciação Científica do DC-UFSCar – São Carlos

Índice

Índice de Figuras.....	ii
Índice de Gráficos.....	ii
Índice de Tabelas.....	iii
Resumo.....	iv
1. Introdução.....	01
2. Resultados da Aplicação do <i>Benchmark</i>	05
2.1 - Seleção das Máquinas de Estados Finitos.....	05
2.2 - Geração dos Conjuntos de Seqüências de Teste AM-Adequados.....	06
2.3 - Aplicação do <i>Benchmark</i>	08
2.4 - Aplicação do Procedimento Essencial.....	41
2.5 - Aplicação da Estratégia de Offut et al. no Contexto de Máquinas de Estados Finitos.....	44
2.6 - Aplicação da Mutação N-Seletiva.....	46
2.7 - Aplicação do Conjunto Essencial Restrito.....	47
2.8 - Aplicação da Mutação Aleatória.....	48
2.9 - Aplicação de uma Abordagem Incremental.....	49
2.10 - Comparação entre as Abordagens Aplicadas.....	52
3. Conclusões.....	55
Referências Bibliográficas.....	56
Apêndice A	
Procedimento <i>Essencial</i>	59

Índice de Figuras

<i>Figura 1 - Representação da MEF 01</i>	10
<i>Figura 2 - Representação da MEF 02</i>	13
<i>Figura 3 - Representação da MEF 03</i>	16
<i>Figura 4 - Representação da MEF 04</i>	19
<i>Figura 5 - Representação da MEF 05</i>	22
<i>Figura 6 - Representação da MEF 06</i>	25
<i>Figura 7 - Representação da MEF 07</i>	28
<i>Figura 8 - Representação da MEF 08</i>	31
<i>Figura 9 - Representação da MEF 09</i>	34
<i>Figura 10 - Representação da MEF 10</i>	37

Índice de Gráficos

<i>Gráfico 1 – Evolução do Conjunto Essencial Durante os Passos do Procedimento Essencial</i>	43
<i>Gráfico 2 – Escore de Mutação obtido pelos conjuntos de diferentes abordagens em relação à Análise de Mutantes</i>	53
<i>Gráfico 3 – Redução de custo obtida pelos conjuntos de diferentes abordagens em relação à Análise de Mutantes</i>	53

Índice de Tabelas

<i>Tabela 1 - Operadores de Mutação para Máquinas de Estados Finitos [FAB96].....</i>	<i>2</i>
<i>Tabela 2 – Características das Máquinas de Estados Finitos Seleccionadas</i>	<i>6</i>
<i>Tabela 3 – Mutantes Gerados, Mutantes Equivalentes e Tamanho Médio dos Conjuntos de Sequências de Teste de cada MEF seleccionada.....</i>	<i>7</i>
<i>Tabela 4 – Total de Mutantes e Mutantes Equivalentes por Operador</i>	<i>7</i>
<i>Tabela 5 - Média dos Escores de Mutação para a MEF 01.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabela 6 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 01 Determina em Relação aos Demais.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabela 7 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 01</i>	<i>12</i>
<i>Tabela 8 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 02 Determina em Relação aos Demais.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabela 9 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 02</i>	<i>15</i>
<i>Tabela 10 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 03 Determina em Relação aos Demais.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabela 11 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 03</i>	<i>18</i>
<i>Tabela 12 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 04 Determina em Relação aos Demais.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 13 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 04</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 14 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 05 Determina em Relação aos Demais.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabela 15 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 05</i>	<i>24</i>
<i>Tabela 16 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 06 Determina em Relação aos Demais.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabela 17 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 06</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 18 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 07 Determina em Relação aos Demais.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabela 19 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 07</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 20 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 08 Determina em Relação aos Demais.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 21 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 08</i>	<i>33</i>
<i>Tabela 22 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 09 Determina em Relação aos Demais.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabela 23 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 09</i>	<i>36</i>
<i>Tabela 24 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 10 Determina em Relação aos Demais.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabela 25 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 10</i>	<i>39</i>
<i>Tabela 26 - Média dos Escores de Mutação para Todas as MEFs Seleccionadas</i>	<i>40</i>
<i>Tabela 27- Valores de (a) Escore (b) Strength (c) Número de Mutantes para Todas as MEFs Seleccionadas.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabela 28 - Operadores Obtidos a cada Passo do Procedimento Essencial para Todas as MEFs Seleccionadas</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 29 – Escores das Categorias Seletivas em relação à Análise de Mutantes</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 30 – Aplicação da Categoria Seletiva Tra em relação à Análise de Mutantes.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 31 – Aplicação da Mutação 2-Seletiva em relação à Análise de Mutantes.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabela 32 – Aplicação do CER em relação à Análise de Mutantes</i>	<i>47</i>
<i>Tabela 33 – Aplicação da Mutação 10% Aleatória em relação à Análise de Mutantes.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 34 – Aplicação da Mutação 20% Aleatória em relação à Análise de Mutantes.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 35 – Aplicação da Mutação 30% Aleatória em relação à Análise de Mutantes.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabela 36 – Aplicação da Mutação 40% Aleatória em relação à Análise de Mutantes.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabela 37 – Aplicação da Abordagem Incremental em relação à Análise de Mutantes.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabela 38 – Mutação Restrita e Mutação Aleatória</i>	<i>52</i>
<i>Tabela A1 – Terminologia utilizada no Procedimento Essencial [BAR98a].....</i>	<i>60</i>

Resumo

O objetivo deste trabalho é relatar os resultados de um *benchmark* que foi conduzido para avaliar a aplicação do critério Análise de Mutantes na validação de especificações baseadas em Máquinas de Estados Finitos (MEFs). Utilizou-se a ferramenta Proteum-RS/FSM, que apóia a aplicação da Análise de Mutantes no contexto de Máquinas de Estados Finitos. Como resultado do experimento aqui descrito propõe-se um conjunto essencial de operadores de mutação para Máquinas de Estados Finitos e, adicionalmente, comparam-se os resultados obtidos com algumas formas alternativas de aplicação do critério Análise de Mutantes: Abordagem de Offut, Mutação *N*-Seletiva, Mutação Restrita, Abordagem Incremental e Mutação Aleatória.

Abstract

The objective of this work is to report the results of a benchmark conducted to evaluate the use of the Mutation Analysis criterion in the validation of Finite State Machine based specifications. It was used the tool Proteum-RS/FSM that supports the use of Mutation Analysis in the context of Finite State Machines. As a result of the experiment described herein it is proposed a Finite State Machine essential operator set and, additionally, the results obtained are compared with alternative forms of applying the Mutation Analysis criterion: Offut's Approach, N-Selective Mutation, Constrained Mutation, Incremental Approach and Random Mutation.

1. Introdução

O uso amplo e crescente de software nas mais diversas áreas de aplicação impõe a necessidade de desenvolvimento de software de alta qualidade através do uso de métodos, técnicas e ferramentas apropriadas. O Teste de Software é fundamental no desenvolvimento de software de qualidade, seguro e confiável; no entanto, o custo da atividade de teste é, em geral, bastante alto em relação ao custo total de desenvolvimento. A atividade de teste é essencial para revelar a presença de erros e nos Sistemas Reativos, como por exemplo, protocolos de comunicação, controle metroviário, etc., cuja principal característica é interagir com o meio ambiente reagindo a estímulos, essa atividade deve ser ainda mais criteriosa, pois falhas nesses sistemas podem provocar riscos à vida e/ou econômicos.

Dado o aspecto crítico do desenvolvimento e aplicação dos Sistemas Reativos, métodos e técnicas formais têm sido estabelecidos para especificação de seu aspecto comportamental. Dentre eles estão as Máquinas de Estados Finitos (MEF) [GIL62] que, para sua validação, vários critérios e métodos de geração de seqüências de teste [CHO78, FUJ91, GON70, NAI81, SAB88] têm sido propostos e investigados, todos eles objetivando mostrar a ausência de certos tipos de erros categorizados em modelos de erros. Recentemente, tem-se estudado a adequação do uso do Critério Análise de Mutantes (AM), tradicionalmente utilizado no teste de programa, para a validação de MEFs [PRO91, FAB93, FAB94].

No contexto de Máquina de Estados Finitos, a Análise de Mutantes [DEM80], um dos critérios da técnica de teste baseada em erros, pode agir como uma forma complementar de teste aos métodos disponíveis atualmente, pois esses métodos exigem que as MEFs satisfaçam uma série de requisitos para que eles possam ser aplicados, o que não acontece na prática, em grande maioria dos casos.

O critério Análise de Mutantes, no nível de especificação, pode ser resumido da seguinte maneira: dada uma especificação S , em teste, tem-se por objetivo avaliar a qualidade de um conjunto de seqüências de teste T em relação a S . Para isso, utiliza-se um conjunto de especificações ligeiramente diferentes de S , denominadas mutantes de S , e busca-se obter um conjunto de casos de teste que consiga revelar as diferenças de comportamento entre S e seus

mutantes. No caso do comportamento do mutante ser distinguido, diz-se que ele é um mutante *morto*; caso contrário, diz-se que ele permanece *vivo* e então, ou ele é equivalente a *S*, ou é necessário introduzir uma nova sequência de teste em *T* capaz de matá-lo. O ideal é encontrar um conjunto *T* AM-adequado, ou seja, que consegue matar todos os mutantes gerados. Os mutantes são gerados através de alterações da especificação original, que são feitas com base em um conjunto de operadores denominados **operadores de mutação**, sendo que cada operador pode estar associado a um tipo ou uma classe de erros que se pretende revelar.

A escolha e definição dos operadores de mutação é um ponto fundamental da aplicação da Análise de Mutantes e, para o caso de Máquinas de Estados Finitos, Fabbri [FAB96] definiu esses operadores com base na classificação de erros para MEFs proposta por Chow [CHO78], que classifica os erros de sequenciamento de uma MEF em 3 tipos: erros de transferência, erros de operação e erros de estados extras ou ausentes. Com base nessa classificação, os operadores de mutação para MEFs foram definidos de acordo com a estrutura da Máquina de Estado Finito que sofre a alteração quando o operador é aplicado, podendo ser uma transição, uma saída ou um estado. Assim, na Tabela 1 apresentam-se os operadores de mutação relacionando-os com a classificação de Chow.

Tabela 1 - Operadores de Mutação para Máquinas de Estados Finitos [FAB96]

Classificação de Chow	Sigla dos Operadores de Mutação	Função dos Operadores de Mutação
Erros de Transferência	TraIniStaAlt (<i>Transition Initial State Alteration</i>)	Alteração do Estado Inicial
	TraArcDel (<i>Transition Arc Deletion</i>)	Arco Faltando
	TraEveDel (<i>Transition Event Deletion</i>)	Evento Faltando
	TraEveIns (<i>Transition Event Insertion</i>)	Evento Extra
	TraEveAlt (<i>Transition Event Alteration</i>)	Evento Trocado
	TraDesStaAlt (<i>Transition Destination State Alteration</i>)	Destino Trocado
Erros de Operação	OutDel (<i>Output Deletion</i>)	Saída Faltando
	OutAlt (<i>Output Alteration</i>)	Saída Trocada
Erros de Estados Extras/Ausentes	StaDel (<i>State Deletion</i>)	Estado Faltando
	StaInsOutSep (<i>State Insertion Output Separation</i>)	Isola Saída Relevante

A Análise de Mutantes tem-se mostrado, através de estudos teóricos e empíricos em nível de programas, ser eficaz na detecção de erros [ACR79, OFF93, MAT94, WON94a, WON94b, OFF95, OFF96, WON97, SOU96, BAR98a]. Entretanto, o seu alto custo de aplicação, devido ao grande número de mutantes que são gerados, torna esse critério dispendioso demais para ser usado, o que tem motivado a proposição de diversas alternativas para sua aplicação. As soluções mais exploradas são as que procuram diminuir o número de mutantes a serem executados e analisados. Entre as alternativas estão: Mutação Aleatória [ACR79] que examina uma pequena porcentagem dos mutantes, selecionando-os aleatoriamente, para cada tipo de mutação, e ignorando-se os demais; Mutação Restrita [MAT91], que examina apenas alguns tipos específicos de mutantes e ignora os demais; e Mutação Seletiva [OFF93], que deixa de gerar mutantes para alguns operadores de mutação, exatamente aqueles que geram mais mutantes.

Entre os estudos empíricos que visam a estabelecer alternativas viáveis para a aplicação do critério Análise de Mutantes pode-se destacar dois trabalhos: o estudo de Offut *et al.* [OFF96], que resultou na determinação de um conjunto essencial de operadores de mutação para a linguagem Fortran e o estudo preliminar realizado por Wong *et al.* [WON97], que comparou a Mutação Restrita no contexto das linguagens C e Fortran, que resultou na seleção de um subconjunto de operadores de mutação para a linguagem C. Os dois trabalhos mostraram que é possível reduzir o custo de aplicação do critério, preservando um alto escore de mutação em relação à Análise de Mutantes.

Na mesma perspectiva dos estudos de Offut *et al.* e Wong *et al.*, Barbosa [BAR98a] propôs uma alternativa para a aplicação do critério Análise de Mutantes no nível de programas, determinando um conjunto essencial de operadores de mutação para a linguagem C, reduzindo o número de mutantes gerados através da diminuição dos operadores de mutação utilizados.

Nessa linha de pesquisa, o objetivo deste trabalho é contribuir para avaliar a aplicação do critério Análise de Mutantes no contexto de Máquinas de Estados Finitos, definindo uma estratégia de teste que minimize o custo de aplicação dos operadores de mutação, obtendo uma melhor relação custo/benefício [CAR99a, CAR99b].

Assim, neste relatório, apresenta-se para o contexto de MEF, a aplicação do Procedimento *Essencial* proposto por Barbosa *et al.* [BAR98a, BAR98b], e a comparação do conjunto de operadores obtido através dele com o conjunto de operadores obtido com a aplicação das seguintes abordagens alternativas: a de Offut *et al.* [OFF96] que seleciona os operadores de acordo com as classes de mutação, criando as categorias de mutação seletiva, a abordagem *N*-Seletiva de Offut *et al.* [OFF93], a qual deixa de aplicar *N* operadores de mutação, o conjunto essencial restrito (CER), proposto por Barbosa [BAR98a], formado por um único operador (o de maior escore) de cada classe de mutação, a partir do conjunto essencial obtido com a aplicação do Procedimento *Essencial*, alguns critérios de Mutação Aleatória e uma abordagem de teste incremental aqui proposta. A abordagem de Wong *et al.* [WON97] não foi aplicada no contexto de Máquinas de Estados Finitos, pois o conjunto essencial dessa abordagem foi definido com base na experiência dos autores em nível de programação. Na seção seguinte apresentam-se os resultados do *benchmark* para todas as abordagens consideradas, comparando-se os resultados obtidos.

2. Resultados da Aplicação do *Benchmark*

Na mesma perspectiva dos estudos empíricos mencionados anteriormente, o objetivo do *benchmark* apresentado nesta seção é determinar um subconjunto do total de operadores de mutação definidos para MEFs (conjunto essencial), facilitando, com isso, a condução da atividade de teste e reduzindo seu custo. Entende-se por conjunto essencial de operadores aquele formado por um subconjunto do total de operadores de mutação, capaz de incluir a maioria dos erros modelados pelos outros operadores e que se pretendem revelar durante a atividade de teste. Ainda, a utilização desse conjunto deve proporcionar sensível redução de custo, em termos do número de mutantes gerados, preservando alto escore de mutação em relação ao critério Análise de Mutantes [BAR98a].

A seção está organizada da seguinte maneira: inicialmente, caracterizam-se as MEFs utilizadas como casos de estudo e depois, comenta-se sobre os conjuntos de seqüências de teste adequados à Análise de Mutantes gerados para cada MEF. Em seguida, apresentam-se os resultados do *benchmark* e, com base neles, são apresentados os resultados da aplicação das seguintes abordagens: Procedimento *Essencial*, abordagem de Offut, Mutação *N*-Seletiva, conjunto essencial restrito, abordagem incremental, Mutação Aleatória e, finalmente, uma comparação entre essas diversas abordagens.

2.1 Seleção das Máquinas de Estados Finitos

Foram selecionadas dez especificações, de diferentes contextos, extraídas da literatura, sendo duas delas, especificações de protocolos de comunicação [GAB90, SIL90, CHO78, PER86, PET96]. Essas especificações (MEFs) são apresentadas na Seção 2.3 e suas características principais podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Características das Máquinas de Estados Finitos Seleccionadas

	MEF	Nº de Estados	Nº de Entradas	Nº de Saídas	Nº de Transições	Funcionalidade	Referência
Completamente Especificadas	01	04	03	05	12	reconhecadora de comentários de programas	[CHO78]
	02	02	03	02	06	máquina de café	[PET96]
	03	03	02	02	06	exemplo ilustrativo	[PET96]
	04	03	03	03	09	exemplo ilustrativo	[PET96]
	05	04	02	02	08	Local Map	[PER86]
	06	02	03	03	06	Local Map	[PER86]
	07	02	02	02	04	Local Map	[PER86]
Não Compl. Especificadas	08	08	05	04	10	protocolo do Bit Alternante	[SIL90]
	09	07	04	03	08	exemplo ilustrativo	[SIL90]
	10	04	10	10	21	protocolo de transporte	[GAB90]

2.2 Geração dos Conjuntos de Seqüências de Teste AM-Adequados

A geração aleatória de dados de teste tem sido bastante utilizada na realização de estudos empíricos por sua facilidade de automatização, capacidade de gerar os conjuntos de dados de teste a baixo custo e diminuindo a influência do testador nesse processo [VIN98]. Assim, foram gerados aleatoriamente (usando uma função aleatória do sistema), 5 conjuntos de seqüências de teste adequados em relação à Análise de Mutantes para cada máquina, ou seja, conjuntos capazes de distinguir todos os mutantes gerados por todos os operadores do conjunto *OP*, que corresponde ao conjunto de operadores de mutação apresentados na Tabela 1. Para algumas máquinas foi necessária a introdução de conjuntos de seqüências de teste com base nas especificações das MEFs, pois as seqüências geradas aleatoriamente não eram adequadas. Do conjunto AM-adequado foram extraídos subconjuntos *op*-adequados para cada operador, ou seja, subconjuntos de seqüências de teste capazes de distinguir todos os mutantes gerados por um determinado operador. Essa etapa foi realizada analisando-se as seqüências que matavam ao menos um mutante gerado por um determinado operador, formando um conjunto de seqüências de teste *op*-adequado. Na Tabela 3 são apresentados o número total de mutantes gerados, o número total de mutantes equivalentes e o tamanho médio dos conjuntos de seqüências de teste adequados à Análise de Mutantes, que corresponde ao número médio de eventos que compõem as seqüências de teste. Na Tabela 4 a informação da Tabela 3 referente aos mutantes gerados está apresentada por operador, separando-se o número de mutantes equivalentes gerados.

Tabela 3 – Mutantes Gerados, Mutantes Equivalentes e Tamanho Médio dos Conjuntos de Sequências de Teste de cada MEF selecionada

	MEF	Nº Total de Mutantes	Nº de Mutantes Equivalentes	Tamanho médio do Conj. de Sequências de Teste
Completamente Especificadas	01	135	0	6.6
	02	27	6	2.6
	03	45	0	3.4
	04	69	1	3.4
	05	71	0	4.4
	06	38	3	4.6
	07	21	0	2.2
Não Compl. Especific.	08	265	0	13.2
	09	182	0	9.2
	10	463	30	26.4

Tabela 4 – Total de Mutantes e Mutantes Equivalentes por Operador

MEF	Completamente Especificadas							Não Compl. Espec.			Média Total
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
Operadores											
TraIniStaAlt	3/0	1/0	2/0	2/0	3/0	1/0	1/0	7/0	6/0	3/0	2,9/0
TraArcDel	9/0	4/2	6/0	6/0	8/0	4/0	4/0	10/0	8/0	9/1	6,8/0,3
TraEveDel	12/0	6/4	6/0	9/0	8/0	6/0	4/0	10/0	8/0	21/3	9,0/0,7
TraEveIns	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	36/0	22/0	43/8	10,1/0,8
TraEveAlt	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	36/0	22/0	91/15	14,9/1,5
TraDesStaAlt	36/0	6/0	12/0	18/0	24/0	6/0	4/0	70/0	48/0	63/0	28,7/0
OutDel	13/0	2/0	6/0	9/0	8/0	6/0	4/0	10/0	8/0	18/0	8,4/0
OutAlt	50/0	8/0	6/0	18/0	8/0	12/0	4/0	30/0	16/0	200/0	35,2/0
StaDel	12/0	0/0	6/0	6/0	12/0	0/0	0/0	56/0	42/0	12/0	14,6/0
StaInsOutSep	0/0	0/0	1/0	1/1	0/0	3/3	0/0	0/0	2/0	3/3	1,0/0,7
Total	135/0	27/6	45/0	69/1	71/0	38/3	21/0	265/0	182/0	463/30	131,6/4,0

Considerando-se as informações apresentadas, a partir da Tabela 4 pode-se observar que o número de mutantes gerados por operador depende das características das MEFs. Por exemplo, o operador OutAlt gera 200 mutantes para a MEF 10 pelo fato do tamanho do seu conjunto de saída, como mostra a Tabela 2. Quanto ao operador TraDesStaAlt, o número de mutantes gerados já depende do número de estados e também do número de transições; por

exemplo, considerando-se as MEFs 08 e 10, o número de mutantes gerados por esse operador é próximo, mas no caso da MEF 08 têm-se vários estados e poucas transições e na MEF 10 têm-se poucos estados e várias transições. Outra observação relevante diz respeito aos mutantes equivalentes que, para as MEFs completamente especificadas corresponde a um número pequeno e, nesses casos, a determinação da equivalência pode ser feita automaticamente [GIL62]. Para as não completamente especificadas, que são na realidade de maior interesse para a aplicação da Análise de Mutantes, os mutantes equivalentes concentram-se nos operadores TraEveAlt e TraEveIns que exploram justamente a não completitude das MEFs e, nesses casos, heurísticas poderiam ser exploradas para determinar a equivalência.

Ressalta-se que para o conjunto de MEFs completamente especificadas não são gerados mutantes pelos operadores TraEveIns e TraEveAlt, justamente pelo fato dessas MEFs possuírem em cada um de seus estados, tratamentos para todas as possíveis entradas (eventos) da MEF, fato este que não permite a inserção ou alteração de eventos em todos os estados origens de transições, de acordo com a definição dos respectivos operadores.

2.3 Aplicação do *Benchmark*

Após selecionar os conjuntos de seqüências de teste adequados aos operadores de mutação, aplicou-se cada conjunto aos demais operadores para avaliar o escore de mutação que cada conjunto *op*-adequado determina em relação aos demais operadores, ou seja, a capacidade de um conjunto de seqüências de teste *op*-adequado em distinguir os mutantes de cada operador de *OP*. Esse processo foi repetido para 5 conjuntos de seqüências de teste para cada Máquina de Estados Finitos apresentada na Tabela 2. Na Tabela 5 apresentam-se os valores dos escores de mutação para uma das seqüências de teste da MEF 01. Essa tabela será utilizada para exemplo de como foi realizada a coleta e interpretação dos dados. Para todas as tabelas de escore apresentadas no decorrer desta seção, a análise e leitura dos dados deve ser feita como nesse exemplo.

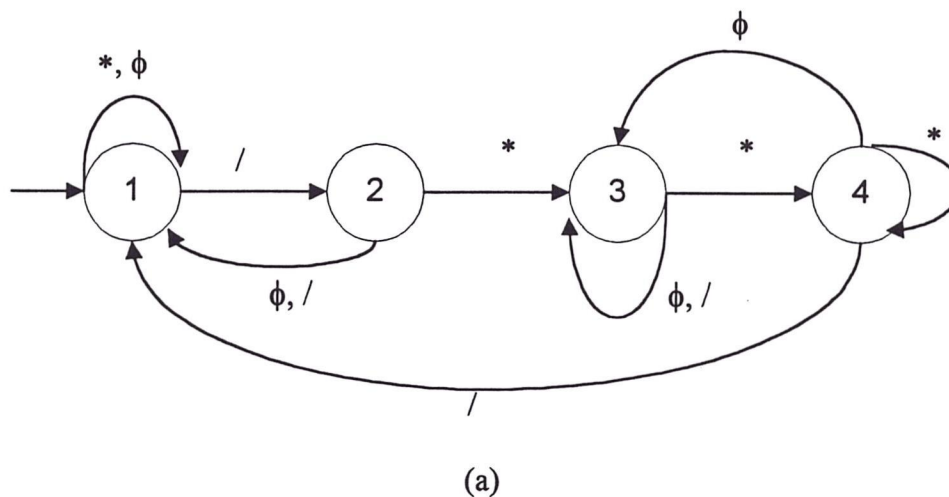
Tabela 5 - Média dos Escores de Mutação para a MEF 01

Operador	TraIniStaAlt	TraArcDel	TraEveDel	TraEveIns	TraEveAlt	TraDesStaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaInsOutSep	Média Geral
TraIniStaAlt	1,000000	0,555556	0,500000	-	-	0,388889	0,461538	0,480000	0,750000	-	0,590855
TraArcDel	0,666667	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,936508
TraEveDel	0,666667	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,936508
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutDel	0,666667	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,936508
OutAlt	0,666667	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,936508
StaDel	0,666667	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,936508
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média Geral	0,761905	0,936508	0,928571	-	-	0,833333	0,923077	0,925714	0,964286	-	-

Algumas informações podem ser extraídas da Tabela 5, como por exemplo, considerando o operador TraEveDel (linha) tem-se que o escore de mutação do conjunto TraEveDel-adequado em relação a TraIniStaAlt (coluna) é de 0.666667, indicando que o conjunto TraEveDel-adequado é capaz de distinguir, em média, 66% dos mutantes de TraIniStaAlt.

Outra informação diz respeito ao *strength*. O *strength* indica a dificuldade de conjuntos de casos de teste adequados a um operador op_i de OP em distinguir os mutantes de op_j e ele é calculado através da operação: $1 - \text{escore de mutação em relação a } op_j$. Por exemplo, considerando o operador TraEveDel (coluna) tem-se que o *strength* deste operador em relação a OutDel (linha) é 0 ($1.000000 - 1.000000$), indicando que o conjunto OutDel-adequado é também TraEveDel-adequado; já em relação ao operador TraIniStaAlt, o *strength* de TraEveDel é de 0.500000 ($1.000000 - 0.500000$), ou seja, o conjunto TraIniStaAlt-adequado não é capaz de distinguir, em média, 50% dos mutantes de TraEveDel.

A seguir, para cada uma das 10 MEFs utilizadas para aplicação do *benchmark*, são apresentadas as seguintes informações: representação da MEF (diagrama e tabela de transição de estados), 5 tabelas (rotuladas de “a” até “e”) com os valores dos escores de mutação obtidos da aplicação dos conjuntos *op*-adequados nos demais operadores de OP , sendo que cada tabela corresponde a um dos cinco conjuntos de seqüências de teste gerados aleatoriamente para cada máquina e, finalmente, uma tabela que corresponde à média dos valores apresentados nas cinco tabelas anteriores a ela.

MEF 01

Entrada \ Estado	1	2	3	4
*	1/ignore	3/buf vazio	4/concatena	4/concatena
ϕ	1/ignore	1/ignore	3/concatena	3/concatena
/	2/ignore	1/ignore	3/concatena	1/buf_truncado, impressão

(b)

Figura 1 - Representação da MEF 01**(a) - Diagrama de Transição de Estado****(b) - Tabela de Transição****Tabela 6 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 01 Determina em Relação aos Demais****(a)**

	TraIniStaAlt	TraArcDel	TraEveDel	TraEveIns	TraEveAlt	TraDesStaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaInsOutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,555556	0,500000	-	-	0,388889	0,461538	0,480000	0,750000	-	0,590855
TraArcDel	0,666667	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,936508
TraEveDel	0,666667	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,936508
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutDel	0,666667	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,936508
OutAlt	0,666667	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,936508
StaDel	0,666667	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,936508
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	0,761905	0,936508	0,928571	-	-	0,833333	0,923077	0,925714	0,964286	-	-

(b)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,666667	0,583333	-	-	0,416667	0,538462	0,560000	0,833333	-	0,656923
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,984127
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,984127
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,984127
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,984127
StaDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,984127
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,952381	0,940476	-	-	0,837302	0,934066	0,937143	0,976190	-	-

(c)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,333333	0,416667	-	-	0,361111	0,384615	0,400000	0,416667	-	0,473199
TraArcDel	0,666667	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,936508
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,984127
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,984127
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,984127
StaDel	0,666667	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,936508
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	0,904762	0,904762	0,916667	-	-	0,829365	0,912088	0,914286	0,916667	-	-

(d)

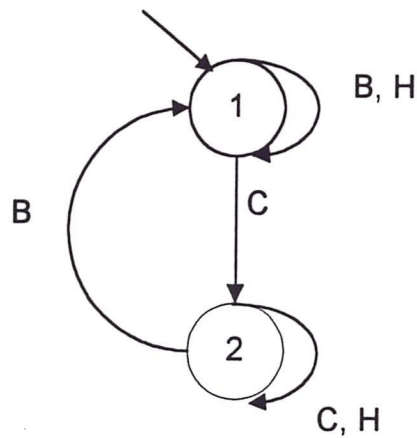
	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	1,000000	0,916667	-	-	0,805556	0,923077	0,920000	1,000000	-	0,937900
TraArcDel	1,000000	1,000000	0,916667	-	-	0,805556	0,923077	0,920000	1,000000	-	0,937900
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,984127
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,984127
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,984127
StaDel	1,000000	1,000000	0,916667	-	-	0,805556	0,923077	0,920000	1,000000	-	0,937900
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	1,000000	0,964286	-	-	0,869048	0,967033	0,965714	1,000000	-	-

(e)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,888889	0,833333	-	-	0,750000	0,846154	0,840000	0,916667	-	0,867863
TraArcDel	0,666667	1,000000	0,916667	-	-	0,833333	0,923077	0,920000	1,000000	-	0,894249
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,916667	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,988095
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,916667	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,988095
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,916667	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,988095
StaDel	0,666667	1,000000	0,916667	-	-	0,833333	0,923077	0,920000	1,000000	-	0,894249
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	0,904762	0,984127	0,952381	-	-	0,880952	0,956044	0,954286	0,988095	-	-

Tabela 7 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 01

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,688889	0,650000	-	-	0,544445	0,630769	0,640000	0,783333	-	0,705348
TraArcDel	0,800000	1,000000	0,966667	-	-	0,861111	0,969231	0,968000	1,000000	-	0,937858
TraEveDel	0,933333	1,000000	1,000000	-	-	0,894445	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,975397
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutDel	0,933333	1,000000	1,000000	-	-	0,894445	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,975397
OutAlt	0,933333	1,000000	1,000000	-	-	0,894445	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,975397
StaDel	0,800000	1,000000	0,966667	-	-	0,861111	0,969231	0,968000	1,000000	-	0,937858
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	0,914286	0,955556	0,940476	-	-	0,850000	0,938462	0,939429	0,969048	-	-

MEF 02

(a)

Estado \ Entrada	1	2
C	2/L	2/-
B	1/-	1/ES
H	1/-	2/-

(b)

Figura 2 - Representação da MEF 02**(a) - Diagrama de Transição de Estado****(b) - Tabela de Transição****Tabela 8 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 02 Determina em Relação aos Demais****(a)**

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	0,750000	-	-	0,930556
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	0,750000	-	-	0,930556
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	0,750000	-	-	0,930556
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	0,750000	-	-	0,930556
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
StaDel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	0,833333	-	-	-

(b)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,000000	0,000000	-	-	0,000000	0,000000	0,500000	-	-	0,250000
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,972222
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,972222
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,972222
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,972222
StaDel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,833333	0,833333	-	-	0,722222	0,833333	0,916667	-	-	-

(c)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,972222
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,972222
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,972222
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,972222
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,972222
StaDel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,861111	1,000000	1,000000	-	-	-

(d)

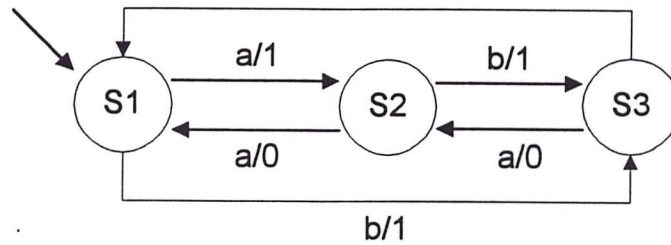
	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,500000	1,000000	0,500000	-	-	0,833333
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,500000	1,000000	0,500000	-	-	0,833333
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,500000	1,000000	0,500000	-	-	0,833333
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,500000	1,000000	0,500000	-	-	0,833333
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,500000	1,000000	0,500000	-	-	0,833333
StaDel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,583333	1,000000	0,583333	-	-	-

(e)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,666667	1,000000	0,750000	-	-	0,902778
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,666667	1,000000	0,750000	-	-	0,902778
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,666667	1,000000	0,750000	-	-	0,902778
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,666667	1,000000	0,750000	-	-	0,902778
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,972222
StaDel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	0,833333	-	-	-

Tabela 9 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 02

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,800000	0,800000	-	-	0,566667	0,800000	0,700000	-	-	0,777778
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,733333	1,000000	0,800000	-	-	0,922222
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,733333	1,000000	0,800000	-	-	0,922222
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,733333	1,000000	0,800000	-	-	0,922222
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,800000	1,000000	0,900000	-	-	0,950000
StaDel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,966667	0,966667	-	-	0,761111	0,966667	0,833333	-	-	-

MEF 03

(a)

Entrada \ Estado	S1	S2	S3
a	2/1	1/0	2/0
b	3/1	3/1	1/1

(b)

Figura 3 - Representação da MEF 03**(a) - Diagrama de Transição de Estado****(b) - Tabela de Transição****Tabela 10 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 03 Determina em Relação aos Demais****(a)**

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,833333	0,833333	-	-	0,750000	0,833333	0,833333	1,000000	1,000000	0,885417
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,968750
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,968750
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,968750
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,968750
StaDel	1,000000	0,833333	0,833333	-	-	0,750000	0,833333	0,833333	1,000000	1,000000	0,885417
StaInsOutSep	0,500000	0,666667	0,666667	-	-	0,500000	0,666670	0,666667	0,666667	1,000000	0,666667
Média	0,937500	0,916667	0,916667	-	-	0,750000	0,916667	0,916667	0,958333	1,000000	

(b)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,333333	0,333333	-	-	0,083333	0,333333	0,333333	0,500000	0,000000	0,364583
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
StaDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
StaInsOutSep	0,500000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,937500
Média	0,937500	0,916667	0,916667	-	-	0,885417	0,916667	0,916667	0,937500	0,875000	

(c)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,500000	0,500000	-	-	0,000000	0,500000	0,500000	0,333333	0,000000	0,416667
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
StaDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
StaInsOutSep	0,500000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,906250
Média	0,937500	0,937500	0,937500	-	-	0,843750	0,937500	0,937500	0,916667	0,875000	

(d)

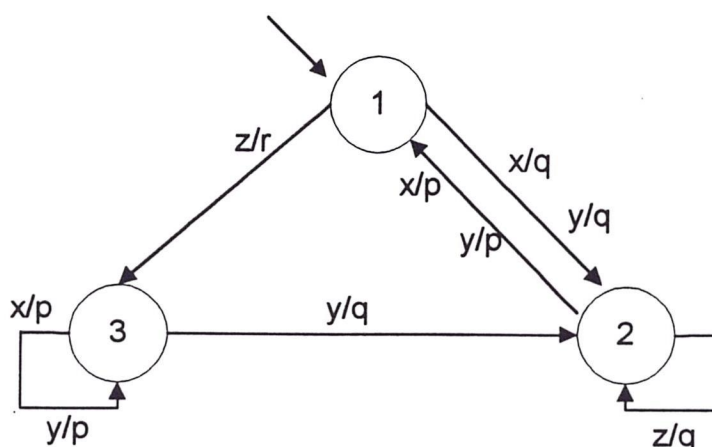
	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,500000	0,500000	-	-	0,166667	0,500000	0,500000	0,666667	0,000000	0,479167
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,968750
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,968750
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,968750
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,968750
StaDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,968750
StaInsOutSep	0,500000	1,000000	1,000000	-	-	0,666667	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,895833
Média	0,937500	0,937500	0,937500	-	-	0,697917	0,937500	0,937500	0,958333	0,875000	

(e)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
StaDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
StaInsOutSep	1,000000	0,833333	0,833333	-	-	0,333333	0,833333	0,833333	1,000000	1,000000	0,833333
Média	1,000000	0,979167	0,979167	-	-	0,916667	0,979167	0,979167	1,000000	1,000000	

Tabela 11 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 03

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,633333	0,633333	-	-	0,400000	0,633333	0,633333	0,700000	0,400000	0,629167
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,900000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,987500
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,900000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,987500
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,900000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,987500
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,900000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,987500
StaDel	1,000000	0,966667	0,966667	-	-	0,900000	0,966667	0,966667	1,000000	1,000000	0,970833
StaInsOutSep	0,600000	0,900000	0,900000	-	-	0,650000	0,900001	0,900000	0,933333	1,000000	0,847917
Média	0,950000	0,937500	0,937500	-	-	0,818750	0,937500	0,937500	0,954167	0,925000	

MEF 04

(a)

Entrada \ Estado	1	2	3
x	2/q	1/p	3/p
y	2/q	1/p	2/q
z	3/r	2/q	3/p

(b)

Figura 4 - Representação da MEF 04**(a) - Diagrama de Transição de Estado****(b) - Tabela de Transição****Tabela 12 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 04 Determina em Relação aos Demais****(a)**

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,833333	0,777778	-	-	0,722222	0,777778	0,777778	0,833333	-	0,817460
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,944444	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,992063
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,944444	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,992063
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,944444	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,992063
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,944444	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,992063
StaDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,944444	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,992063
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,976190	0,968254	-	-	0,920635	0,968254	0,968254	0,976190	-	

(b)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	1,000000	0,888889	-	-	0,888889	0,888889	0,888889	1,000000	-	0,936508
TraArcDel	1,000000	1,000000	0,888889	-	-	0,888889	0,888889	0,888889	1,000000	-	0,936508
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
StaDel	1,000000	1,000000	0,888889	-	-	0,888889	0,888889	0,888889	1,000000	-	0,936508
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	1,000000	0,952381	-	-	0,952381	0,952381	0,952381	1,000000	-	-

(c)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,944444	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,992063
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,944444	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,992063
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,944444	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,992063
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,944444	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,992063
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,944444	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,992063
StaDel	0,500000	0,833333	0,777778	-	-	0,611111	0,777778	0,777778	1,000000	-	0,753968
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	0,928571	0,976190	0,968254	-	-	0,904762	0,968254	0,968254	1,000000	-	-

(d)

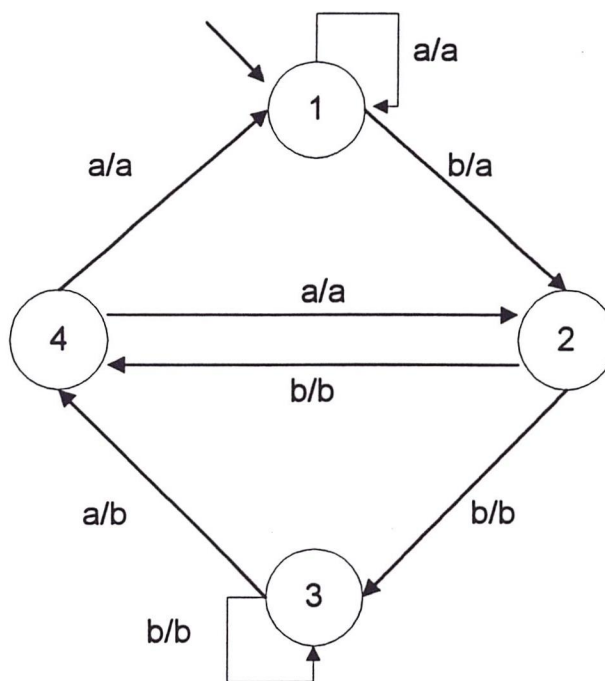
	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	1,000000	0,888889	-	-	0,611111	0,888889	0,888889	1,000000	-	0,896825
TraArcDel	0,500000	1,000000	1,000000	-	-	0,944444	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,920635
TraEveDel	0,500000	1,000000	1,000000	-	-	0,944444	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,920635
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutDel	0,500000	1,000000	1,000000	-	-	0,944444	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,920635
OutAlt	0,500000	1,000000	1,000000	-	-	0,944444	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,920635
StaDel	0,500000	1,000000	1,000000	-	-	0,944444	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,920635
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	0,642857	1,000000	0,984127	-	-	0,904762	0,984127	0,984127	1,000000	-	-

(e)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	1,000000	0,888889	-	-	0,833333	0,888889	0,888889	1,000000	-	0,928571
TraArcDel	1,000000	1,000000	0,888889	-	-	0,833333	0,888889	0,888889	1,000000	-	0,928571
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,984127
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,984127
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,888889	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,984127
StaDel	1,000000	1,000000	0,888889	-	-	0,833333	0,888889	0,888889	1,000000	-	0,928571
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	1,000000	0,952381	-	-	0,880952	0,952381	0,952381	1,000000	-	-

Tabela 13 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 04

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,966667	0,888889	-	-	0,800000	0,888889	0,888889	0,966667	-	0,914286
TraArcDel	0,900000	1,000000	0,955556	-	-	0,911111	0,955556	0,955556	1,000000	-	0,953968
TraEveDel	0,900000	1,000000	1,000000	-	-	0,944444	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,977778
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutDel	0,900000	1,000000	1,000000	-	-	0,944444	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,977778
OutAlt	0,900000	1,000000	1,000000	-	-	0,944444	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,977778
StaDel	0,800000	0,966667	0,911111	-	-	0,844444	0,911111	0,911111	1,000000	-	0,906349
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	0,914286	0,990476	0,965079	-	-	0,912698	0,965079	0,965079	0,995238	-	-

MEF 05

(a)

Estado \ Entrada	1	2	3	4
a	1/a	4/a	4/b	1/a
b	2/a	3/b	3/b	2/a

(b)

Figura 5 - Representação da MEF 05
(a) - Diagrama de Transição de Estado
(b) - Tabela de Transição

Tabela 14 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 05 Determina em Relação aos Demais

(a)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,964286
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,964286
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,964286
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,964286
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,964286
StaDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,964286
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,785714	1,000000	1,000000	1,000000	-	-

(b)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,875000	0,875000	-	-	0,750000	0,875000	0,875000	1,000000	-	0,892857
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,958333	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,994048
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,958333	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,994048
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,958333	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,994048
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,958333	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,994048
StaDel	1,000000	0,875000	0,875000	-	-	0,750000	0,875000	0,875000	1,000000	-	0,892857
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,964286	0,964286	-	-	0,904762	0,964286	0,964286	1,000000	-	-

(c)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,750000	0,750000	-	-	0,625000	0,750000	0,750000	0,916667	-	0,791667
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,976190
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,976190
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,976190
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,976190
StaDel	1,000000	0,875000	0,875000	-	-	0,708333	0,875000	0,875000	1,000000	-	0,886905
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,946429	0,946429	-	-	0,809524	0,946429	0,946429	0,988095	-	-

(d)

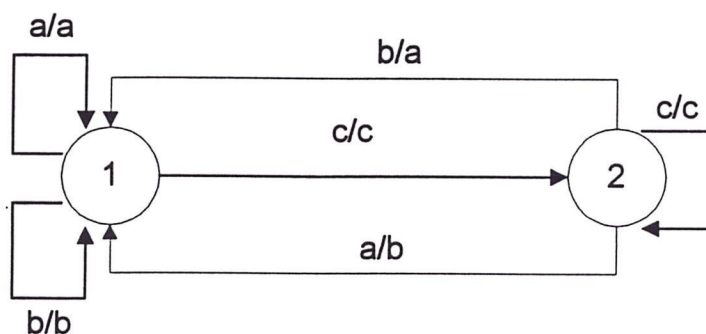
	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,750000	0,750000	-	-	0,708333	0,750000	0,750000	1,000000	-	0,815476
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
StaDel	1,000000	0,750000	0,750000	-	-	0,708333	0,750000	0,750000	1,000000	-	0,815476
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,928571	0,928571	-	-	0,916667	0,928571	0,928571	1,000000	-	-

(e)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,750000	0,750000	-	-	0,708333	0,750000	0,750000	1,000000	-	0,815476
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,958333	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,994048
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,958333	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,994048
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,958333	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,994048
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,958333	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,994048
StaDel	1,000000	0,750000	0,750000	-	-	0,708333	0,750000	0,750000	1,000000	-	0,815476
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,928571	0,928571	-	-	0,892857	0,928571	0,928571	1,000000	-	-

Tabela 15 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 05

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,825000	0,825000	-	-	0,708333	0,825000	0,825000	0,983333	-	0,855952
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,900000	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,985714
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,900000	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,985714
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,900000	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,985714
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,900000	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,985714
StaDel	1,000000	0,850000	0,850000	-	-	0,725000	0,850000	0,850000	1,000000	-	0,875000
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,953571	0,953571	-	-	0,861905	0,953571	0,953571	0,997619	-	-

MEF 06

(a)

Entrada \ Estado	1	2
a	1/a	1/b
b	1/b	1/a
c	2/c	2/c

(b)

Figura 6 - Representação da MEF 06**(a) - Diagrama de Transição de Estado****(b) - Tabela de Transição**

Tabela 16 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 06 Determina em Relação aos Demais

(a)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,500000	0,500000	-	-	0,333333	0,500000	0,500000	-	-	0,555556
TraArcDel	1,000000	1,000000	0,833333	-	-	0,666667	0,833333	0,833333	-	-	0,861111
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,666667	1,000000	1,000000	-	-	0,944445
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,666667	1,000000	1,000000	-	-	0,944445
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,666667	1,000000	1,000000	-	-	0,944445
StaDel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,916667	0,888889	-	-	0,666667	0,888889	0,888889	-	-	-

(b)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,750000	0,666667	-	-	0,500000	0,666667	0,666667	-	-	0,708334
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,972222
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,972222
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,972222
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,972222
StaDel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,958333	0,944445	-	-	0,805555	0,944445	0,944445	-	-	-

(c)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,750000	0,666667	-	-	0,500000	0,666667	0,666667	-	-	0,708334
TraArcDel	0,000000	1,000000	0,833333	-	-	0,666667	0,833333	0,833333	-	-	0,694444
TraEveDel	0,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,805556
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutDel	0,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,805556
OutAlt	0,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,805556
StaDel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	0,333333	0,958333	0,916667	-	-	0,777778	0,916667	0,916667	-	-	-

(d)

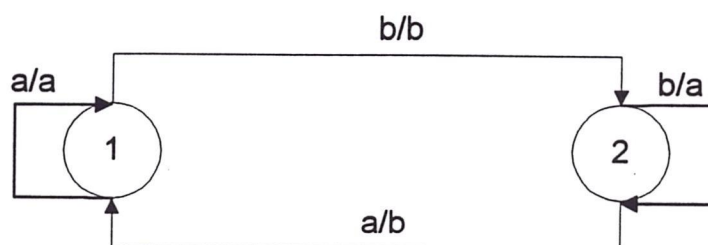
	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,750000	0,666667	-	-	0,166667	0,666667	0,666667	-	-	0,652778
TraArcDel	1,000000	1,000000	0,833333	-	-	0,500000	0,833333	0,833333	-	-	0,833333
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,972222
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,972222
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,833333	1,000000	1,000000	-	-	0,972222
StaDel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,958333	0,916667	-	-	0,694444	0,916667	0,916667	-	-	-

(e)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,750000	0,666667	-	-	0,500000	0,666667	0,666667	-	-	0,708334
TraArcDel	0,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,500000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000
TraEveDel	0,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,500000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutDel	0,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,500000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000
OutAlt	0,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,500000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000
StaDel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	0,333333	0,958333	0,944445	-	-	0,583333	0,944445	0,944445	-	-	-

Tabela 17 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 06

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,700000	0,633334	-	-	0,400000	0,633334	0,633334	-	-	0,666667
TraArcDel	0,600000	1,000000	0,900000	-	-	0,633333	0,900000	0,900000	-	-	0,822222
TraEveDel	0,600000	1,000000	1,000000	-	-	0,733333	1,000000	1,000000	-	-	0,888889
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutDel	0,600000	1,000000	1,000000	-	-	0,733333	1,000000	1,000000	-	-	0,888889
OutAlt	0,600000	1,000000	1,000000	-	-	0,733333	1,000000	1,000000	-	-	0,888889
StaDel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	0,733333	0,950000	0,922222	-	-	0,705556	0,922222	0,922222	-	-	-

MEF 07

(a)

Entrada \ Estado	1	2
a	1/a	1/b
b	2/b	2/a

(b)

Figura 7 - Representação da MEF 07**(a) - Diagrama de Transição de Estado****(b) - Tabela de Transição**

Tabela 18 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 07 Determina em Relação aos Demais

(a)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,500000	0,500000	-	-	0,250000	0,500000	0,500000	-	-	0,541667
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
StaDel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,916667	0,916667	-	-	0,875000	0,916667	0,916667	-	-	-

(b)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,750000	0,750000	-	-	0,750000	0,750000	0,750000	-	-	0,791667
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
StaDel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,958333	0,958333	-	-	0,958333	0,958333	0,958333	-	-	-

(c)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,500000	0,500000	-	-	0,500000	0,500000	0,500000	-	-	0,583333
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
StaDel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,916667	0,916667	-	-	0,916667	0,916667	0,916667	-	-	-

(d)

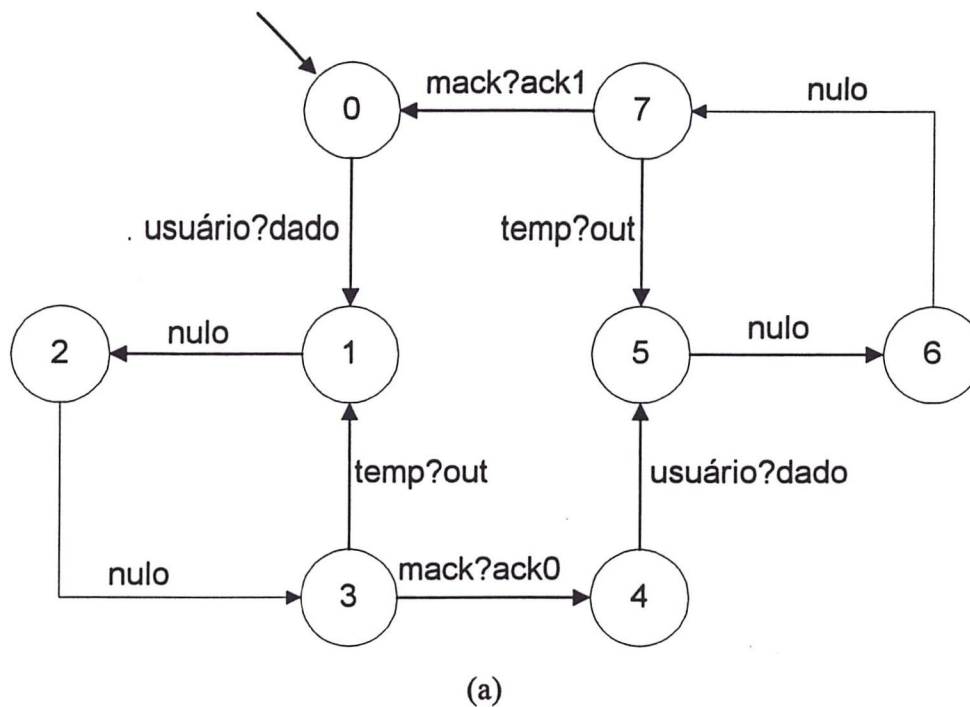
	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	-	-	0,958333
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	-	-	0,958333
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	-	-	0,958333
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	-	-	0,958333
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,750000	1,000000	1,000000	-	-	0,958333
StaDel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,791667	1,000000	1,000000	-	-	-

(e)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,750000	0,750000	-	-	0,750000	0,750000	0,750000	-	-	0,791667
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
StaDel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,958333	0,958333	-	-	0,958333	0,958333	0,958333	-	-	-

Tabela 19 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 07

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,700000	0,700000	-	-	0,600000	0,700000	0,700000	-	-	0,733333
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,950000	1,000000	1,000000	-	-	0,991667
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,950000	1,000000	1,000000	-	-	0,991667
TraEveIns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraEveAlt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	1,000000
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,950000	1,000000	1,000000	-	-	0,991667
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	-	-	0,950000	1,000000	1,000000	-	-	0,991667
StaDel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,950000	0,950000	-	-	0,900000	0,950000	0,950000	-	-	-

MEF 08

Estado \ Entrada	0	1	2	3	4	5	6	7
usuário?dado	1/nulo	-	-	-	5/nulo	-	-	-
mack?ack0	-	-	-	4/nulo	-	-	-	-
mack?ack1	-	-	-	-	-	-	-	0/nulo
temp?out	-	-	-	1/nulo	-	-	-	5/nulo
nulo	-	2/mdado!da do0	3/temp! inicio	-	-	6/mdado!da do1	7/temp! inicio	0/nulo

(b)

Figura 8 - Representação da MEF 08**(a) - Diagrama de Transição de Estado****(b) - Tabela de Transição**

Tabela 20 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 08 Determina em Relação aos Demais

(a)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,400000	0,400000	0,388889	0,472222	0,371429	0,400000	0,400000	0,732143	-	0,507187
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	0,944444	0,985714	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,942857
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	0,944444	0,985714	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,942857
TraEveIns	1,000000	0,900000	0,900000	1,000000	0,916667	0,857143	0,900000	0,900000	0,982143	-	0,928439
TraEveAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	1,000000	0,985714	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,949030
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,950617
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	0,944444	0,985714	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,942857
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	0,944444	0,985714	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,942857
StaDel	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,944444	0,985714	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,992240
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,922222	0,922222	0,635803	0,901234	0,904762	0,922222	0,922222	0,968254	-	-

(b)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,900000	0,900000	0,555556	0,583333	0,900000	0,400000	0,400000	0,892857	-	0,725750
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	0,944444	0,900000	1,000000	1,000000	0,892857	-	0,921429
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	0,944444	0,900000	1,000000	1,000000	0,892857	-	0,921429
TraEveIns	1,000000	0,900000	0,900000	1,000000	1,000000	0,900000	0,900000	0,900000	1,000000	-	0,944444
TraEveAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,611111	1,000000	0,900000	1,000000	1,000000	0,928571	-	0,937742
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	0,944444	1,000000	1,000000	1,000000	0,892857	-	0,932540
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	0,944444	0,900000	1,000000	1,000000	0,892857	-	0,921429
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	0,944444	0,900000	1,000000	1,000000	0,892857	-	0,921429
StaDel	1,000000	0,900000	0,900000	0,638889	0,805556	0,900000	0,900000	0,900000	1,000000	-	0,882716
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,966667	0,966667	0,620371	0,901234	0,911111	0,911111	0,911111	0,920635	-	-

(c)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,300000	0,300000	0,277778	0,250000	0,357143	0,400000	0,400000	0,571429	-	0,428483
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,500000	1,000000	0,900000	1,000000	1,000000	0,928571	-	0,925397
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,500000	1,000000	0,900000	1,000000	1,000000	0,928571	-	0,925397
TraEveIns	1,000000	0,800000	0,800000	1,000000	1,000000	0,800000	0,800000	0,800000	1,000000	-	0,888889
TraEveAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,500000	1,000000	0,900000	1,000000	1,000000	0,928571	-	0,925397
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,500000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,928571	-	0,936508
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,500000	1,000000	0,900000	1,000000	1,000000	0,928571	-	0,925397
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,500000	1,000000	0,900000	1,000000	1,000000	0,928571	-	0,925397
StaDel	1,000000	0,900000	0,900000	0,666667	1,000000	0,800000	0,900000	0,900000	1,000000	-	0,896296
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,888889	0,888889	0,549383	0,916667	0,828571	0,900000	0,900000	0,904762	-	-

(d)

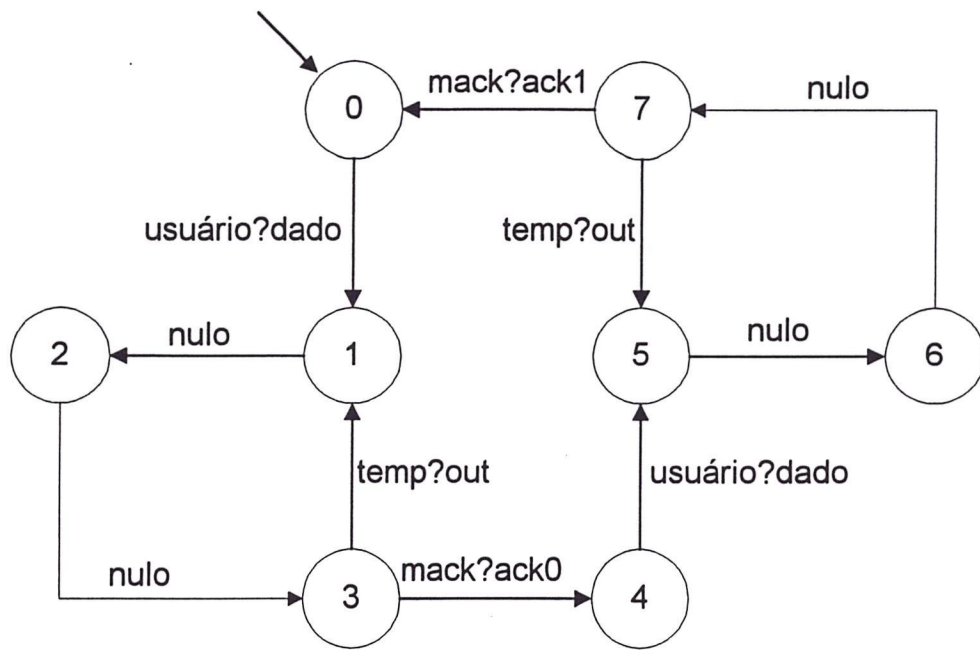
	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,900000	0,900000	0,305556	0,888889	0,671429	0,900000	0,900000	0,732143	-	0,799780
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	0,972222	0,757143	1,000000	1,000000	0,928571	-	0,912610
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	0,972222	0,757143	1,000000	1,000000	0,928571	-	0,912610
TraEveIns	1,000000	0,900000	0,900000	1,000000	1,000000	0,757143	0,900000	0,900000	1,000000	-	0,928571
TraEveAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	1,000000	0,757143	1,000000	1,000000	0,928571	-	0,915697
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	0,972222	1,000000	1,000000	1,000000	0,928571	-	0,939594
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	0,972222	0,757143	1,000000	1,000000	0,928571	-	0,912610
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	0,972222	0,757143	1,000000	1,000000	0,928571	-	0,912610
StaDel	1,000000	0,900000	0,900000	0,750000	0,944444	0,757143	0,900000	0,900000	1,000000	-	0,894621
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,966667	0,966667	0,598766	0,966049	0,774603	0,966667	0,966667	0,922619	-	-

(e)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,300000	0,300000	0,194444	0,166667	0,271429	0,400000	0,400000	0,392857	-	0,380600
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,611111	0,972222	0,900000	1,000000	1,000000	0,857143	-	0,926720
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,611111	0,972222	0,900000	1,000000	1,000000	0,857143	-	0,926720
TraEveIns	1,000000	0,900000	0,900000	1,000000	1,000000	0,900000	0,900000	0,900000	1,000000	-	0,944444
TraEveAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,666667	1,000000	0,900000	1,000000	1,000000	0,928571	-	0,943915
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,611111	0,972222	1,000000	1,000000	1,000000	0,857143	-	0,937831
OutDel	1,000000	0,900000	0,900000	0,416667	0,888889	0,828571	1,000000	1,000000	0,714286	-	0,849824
OutAlt	1,000000	0,900000	0,900000	0,416667	0,888889	0,828571	1,000000	1,000000	0,714286	-	0,849824
StaDel	1,000000	0,900000	0,900000	0,722222	0,972222	0,900000	0,900000	0,900000	1,000000	-	0,910494
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,877778	0,877778	0,583333	0,870370	0,825397	0,911111	0,911111	0,813492	-	-

Tabela 21 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 08

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,560000	0,560000	0,344445	0,472222	0,514286	0,500000	0,500000	0,664286	-	0,568360
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	0,966666	0,888571	1,000000	1,000000	0,921428	-	0,925802
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	0,966666	0,888571	1,000000	1,000000	0,921428	-	0,925802
TraEveIns	1,000000	0,880000	0,880000	1,000000	0,983333	0,842857	0,880000	0,880000	0,996429	-	0,926958
TraEveAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,577778	1,000000	0,888571	1,000000	1,000000	0,942857	-	0,934356
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,555556	0,977778	1,000000	1,000000	1,000000	0,921428	-	0,939418
OutDel	1,000000	0,980000	0,980000	0,516667	0,950000	0,874286	1,000000	1,000000	0,892857	-	0,910423
OutAlt	1,000000	0,980000	0,980000	0,516667	0,950000	0,874286	1,000000	1,000000	0,892857	-	0,910423
StaDel	1,000000	0,920000	0,920000	0,755556	0,933333	0,868571	0,920000	0,920000	1,000000	-	0,915273
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,924444	0,924444	0,597531	0,911111	0,848889	0,922222	0,922222	0,905952	-	-

MEF 09

(a)

Entrada \ Estado	0	1	2	3	4	5	6	7
usuário?dado	1/nulo	-	-	-	5/nulo	-	-	-
mack?ack0	-	-	-	4/nulo	-	-	-	-
mack?ack1	-	-	-	-	-	-	-	0/nulo
temp?out	-	-	-	1/nulo	-	-	-	5/nulo
nulo	-	2/mdado!da do0	3/temp! inicio	-	-	6/mdado!da do1	7/temp! inicio	0/nulo

(b)

Figura 9 - Representação da MEF 09

(a) - Diagrama de Transição de Estado

(b) - Tabela de Transição

Tabela 22 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 09 Determina em Relação aos Demais

(a)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,500000	0,500000	0,045455	0,500000	0,500000	0,500000	0,500000	0,214286	0,500000	0,475974
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,181818	0,863636	1,000000	1,000000	1,000000	0,523810	1,000000	0,856926
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,181818	0,863636	1,000000	1,000000	1,000000	0,523810	1,000000	0,856926
TraEveIns	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,954545	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,995455
TraEveAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,181818	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,619048	1,000000	0,880087
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,181818	0,863636	1,000000	1,000000	1,000000	0,523810	1,000000	0,856926
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,181818	0,863636	1,000000	1,000000	1,000000	0,523810	1,000000	0,856926
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,181818	0,863636	1,000000	1,000000	1,000000	0,523810	1,000000	0,856926
StaDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,727273	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,972727
StaInsOutSep	1,000000	1,000000	1,000000	0,181818	0,863636	1,000000	1,000000	1,000000	0,523810	1,000000	0,856926
Média	1,000000	0,950000	0,950000	0,304545	0,863636	0,950000	0,950000	0,950000	0,597619	0,950000	

(b)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,875000	0,875000	0,409091	0,545455	0,833333	0,875000	0,875000	0,761905	1,000000	0,804978
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,409091	0,727273	0,854167	1,000000	1,000000	0,785714	1,000000	0,877625
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,409091	0,727273	0,854167	1,000000	1,000000	0,785714	1,000000	0,877625
TraEveIns	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,954545	0,979167	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,993371
TraEveAlt	1,000000	0,875000	0,875000	0,636364	1,000000	0,833333	0,875000	0,875000	0,952381	1,000000	0,892208
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,545455	0,818182	1,000000	1,000000	1,000000	0,809524	1,000000	0,917316
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,409091	0,727273	0,854167	1,000000	1,000000	0,785714	1,000000	0,877625
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,409091	0,727273	0,854167	1,000000	1,000000	0,785714	1,000000	0,877625
StaDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,727273	0,954545	0,979167	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,966099
StaInsOutSep	1,000000	0,875000	0,875000	0,409091	0,545455	0,833333	0,875000	0,875000	0,761905	1,000000	0,804978
Média	1,000000	0,962500	0,962500	0,536364	0,772727	0,887500	0,962500	0,962500	0,842857	1,000000	

(c)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,875000	0,875000	0,409091	0,318182	0,729167	0,875000	0,875000	0,738095	1,000000	0,769454
TraArcDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,772727	0,818182	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,959091
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,772727	0,818182	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,959091
TraEveIns	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,863636	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,986364
TraEveAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,772727	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,977273
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,772727	0,818182	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,959091
OutDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,772727	0,818182	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,959091
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,772727	0,818182	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,959091
StaDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,772727	0,818182	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,959091
StaInsOutSep	1,000000	0,875000	0,875000	0,409091	0,318182	0,729167	0,875000	0,875000	0,738095	1,000000	0,769454
Média	1,000000	0,975000	0,975000	0,722727	0,740909	0,945833	0,975000	0,975000	0,947619	1,000000	

(d)

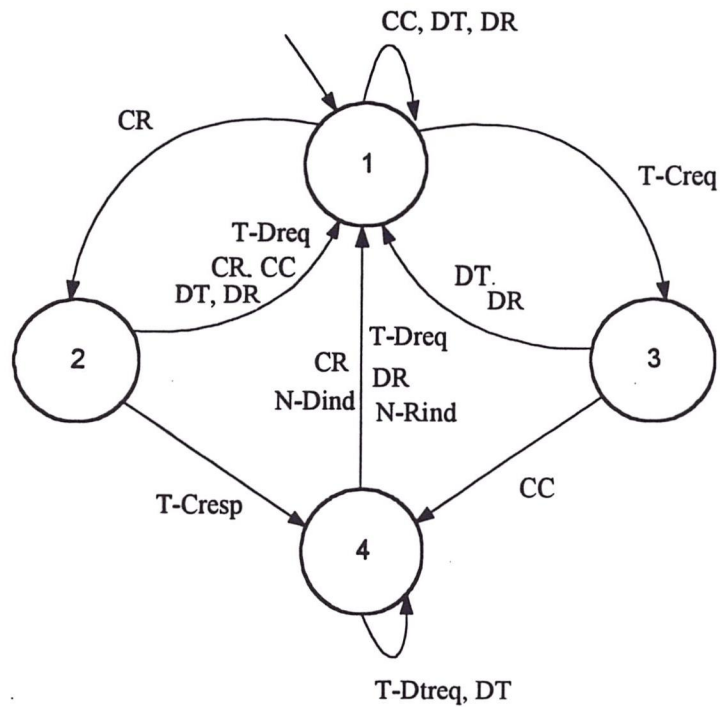
	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1.000000	1.000000	1.000000	0.272727	0.727273	0.958333	1.000000	1.000000	0.809524	1.000000	0.876786
TraArcDel	1.000000	1.000000	1.000000	0.272727	0.727273	0.958333	1.000000	1.000000	0.809524	1.000000	0.876786
TraEveDel	1.000000	1.000000	1.000000	0.272727	0.727273	0.958333	1.000000	1.000000	0.809524	1.000000	0.876786
TraEveIns	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.863636	0.979167	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.984280
TraEveAlt	1.000000	1.000000	1.000000	0.954545	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.995455
TraDesStaAlt	1.000000	1.000000	1.000000	0.727273	0.863636	1.000000	1.000000	1.000000	0.952381	1.000000	0.954329
OutDel	1.000000	1.000000	1.000000	0.272727	0.727273	0.958333	1.000000	1.000000	0.809524	1.000000	0.876786
OutAlt	1.000000	1.000000	1.000000	0.272727	0.727273	0.958333	1.000000	1.000000	0.809524	1.000000	0.876786
StaDel	1.000000	1.000000	1.000000	0.818182	0.818182	0.979167	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.961553
StaInsOutSep	1.000000	1.000000	1.000000	0.272727	0.727273	0.958333	1.000000	1.000000	0.809524	1.000000	0.876786
Média	1.000000	1.000000	1.000000	0.513636	0.790909	0.970833	1.000000	1.000000	0.880953	1.000000	

(e)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1.000000	1.000000	1.000000	0.409091	0.545455	0.916667	1.000000	1.000000	0.809524	1.000000	0.868074
TraArcDel	1.000000	1.000000	1.000000	0.409091	0.545455	0.916667	1.000000	1.000000	0.809524	1.000000	0.868074
TraEveDel	1.000000	1.000000	1.000000	0.409091	0.545455	0.916667	1.000000	1.000000	0.809524	1.000000	0.868074
TraEveIns	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.979167	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.997917
TraEveAlt	1.000000	1.000000	1.000000	0.454545	1.000000	0.979167	1.000000	1.000000	0.904762	1.000000	0.933847
TraDesStaAlt	1.000000	1.000000	1.000000	0.454545	0.909091	1.000000	1.000000	1.000000	0.857143	1.000000	0.922078
OutDel	1.000000	1.000000	1.000000	0.409091	0.545455	0.916667	1.000000	1.000000	0.809524	1.000000	0.868074
OutAlt	1.000000	1.000000	1.000000	0.409091	0.545455	0.916667	1.000000	1.000000	0.809524	1.000000	0.868074
StaDel	1.000000	1.000000	1.000000	0.590909	1.000000	0.979167	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.957008
StaInsOutSep	1.000000	1.000000	1.000000	0.409091	0.545455	0.916667	1.000000	1.000000	0.809524	1.000000	0.868074
Média	1.000000	1.000000	1.000000	0.495455	0.718182	0.943750	1.000000	1.000000	0.861905	1.000000	

Tabela 23 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 09

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1.000000	0.850000	0.850000	0.309091	0.527273	0.787500	0.850000	0.850000	0.666667	0.900000	0.759053
TraArcDel	1.000000	1.000000	1.000000	0.409091	0.736364	0.945833	1.000000	1.000000	0.785714	1.000000	0.887700
TraEveDel	1.000000	1.000000	1.000000	0.409091	0.736364	0.945833	1.000000	1.000000	0.785714	1.000000	0.887700
TraEveIns	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.927272	0.987500	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.991477
TraEveAlt	1.000000	0.975000	0.975000	0.600000	1.000000	0.962500	0.975000	0.975000	0.895238	1.000000	0.935774
TraDesStaAlt	1.000000	1.000000	1.000000	0.536364	0.854545	1.000000	1.000000	1.000000	0.828572	1.000000	0.921948
OutDel	1.000000	1.000000	1.000000	0.409091	0.736364	0.945833	1.000000	1.000000	0.785714	1.000000	0.887700
OutAlt	1.000000	1.000000	1.000000	0.409091	0.736364	0.945833	1.000000	1.000000	0.785714	1.000000	0.887700
StaDel	1.000000	1.000000	1.000000	0.727273	0.918182	0.987500	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.963295
StaInsOutSep	1.000000	0.950000	0.950000	0.336364	0.600000	0.887500	0.950000	0.950000	0.728572	1.000000	0.835244
Média	1.000000	0.977500	0.977500	0.514545	0.777273	0.939583	0.977500	0.977500	0.826191	0.990000	

MEF 10

(a)

Estado \ Entrada	1 livre	2 espera conf. do usuário	3 espera conf. da rede	4 trans. de dados
T-Creq	3/CR	-	-	-
T-Dreq	-	1/DR	-	1/N-Dreq
T-Cresp	-	4/CC	-	-
T-DTreq	-	-	-	4/DT
CR	2/T-Cind	1/ERR	-	1/ERR
CC	1/-	1/ERR	4/T-Cconf	-
DT	1/-	1/ERR	1/-	4/T-DTind
DR	1/-	1/ERR	1/T-Dind, N-Dreq	1/N-Dreq
N-Dind	-	-	-	1/T-Dind
N-Rind	-	-	-	1/T-Dind

(b)

Figura 10 - Representação da MEF 10**(a) - Diagrama de Transição de Estado****(b) - Tabela de Transição**

Tabela 24 - Escore de Mutação que cada Operador da MEF 10 Determina em Relação aos Demais

(a)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,250000	0,111111	0,000000	0,157895	0,047619	0,166667	0,125000	0,250000	-	0,234255
TraArcDel	1,000000	1,000000	0,500000	0,228571	0,552632	0,492063	0,555556	0,590000	0,833333	-	0,639128
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,371429	0,986842	0,666667	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,891660
TraEveIns	1,000000	0,875000	0,611111	1,000000	0,973684	0,555556	0,611111	0,685000	1,000000	-	0,812385
TraEveAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,371429	1,000000	0,666667	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,893122
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	0,833333	0,371429	0,881579	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,898482
OutDel	1,000000	1,000000	0,944444	0,371429	0,884615	0,698413	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,877656
OutAlt	1,000000	1,000000	0,944444	0,371429	0,947368	0,698413	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,884628
StaDel	1,000000	0,750000	0,444444	0,371429	0,578947	0,507937	0,444444	0,550000	1,000000	-	0,627467
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,875000	0,709876	0,384127	0,773729	0,592593	0,753086	0,772222	0,898148	-	-

(b)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,125000	0,055556	0,000000	0,078947	0,031746	0,055556	0,045000	0,333333	-	0,191682
TraArcDel	1,000000	1,000000	0,666667	0,285714	0,934211	0,571429	0,722222	0,725000	1,000000	-	0,767249
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,314286	0,973684	0,619048	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,878558
TraEveIns	1,000000	0,750000	0,333333	1,000000	0,855263	0,365079	0,444444	0,500000	1,000000	-	0,694235
TraEveAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,714286	1,000000	0,619048	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,925926
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	0,888889	0,314286	0,894737	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,899768
OutDel	1,000000	1,000000	0,944444	0,285714	0,921053	0,571429	1,000000	0,950000	1,000000	-	0,852516
OutAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,314286	0,973684	0,619048	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,878558
StaDel	1,000000	0,500000	0,277778	0,342857	0,421053	0,380952	0,333333	0,410000	1,000000	-	0,518441
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,819444	0,685185	0,396825	0,783626	0,530864	0,728395	0,736667	0,925926	-	-

(c)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,500000	0,222222	0,228571	0,236842	0,269841	0,277778	0,315000	0,750000	-	0,422250
TraArcDel	1,000000	1,000000	0,611111	0,257143	0,592105	0,650794	0,722222	0,725000	1,000000	-	0,728708
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,314286	0,973684	0,920635	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,912067
TraEveIns	1,000000	0,875000	0,555556	1,000000	0,815789	0,476190	0,666667	0,680000	1,000000	-	0,785467
TraEveAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,428571	1,000000	0,920635	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,927690
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	0,888889	0,314286	0,868421	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,896844
OutDel	1,000000	1,000000	0,777778	0,314286	0,723684	0,873016	1,000000	0,950000	1,000000	-	0,848752
OutAlt	1,000000	1,000000	0,833333	0,314286	0,615789	0,904762	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,852019
StaDel	1,000000	0,875000	0,500000	0,314286	0,539474	0,523810	0,611111	0,635000	1,000000	-	0,666520
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,916667	0,709877	0,387302	0,707310	0,726631	0,808642	0,811667	0,972222	-	-

(d)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,500000	0,222222	0,285714	0,250000	0,333333	0,277778	0,365000	0,750000	-	0,442672
TraArcDel	1,000000	1,000000	0,444444	0,485714	0,631579	0,523810	0,500000	0,545000	1,000000	-	0,681172
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,714286	0,947368	0,920635	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,953588
TraEveIns	1,000000	1,000000	0,777778	1,000000	0,894737	0,714286	0,833333	0,815000	1,000000	-	0,892793
TraEveAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,771429	1,000000	0,920635	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,965785
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	0,944444	0,714286	0,907895	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,951847
OutDel	1,000000	1,000000	0,888889	0,714286	0,894757	0,920635	1,000000	0,950000	1,000000	-	0,929841
OutAlt	1,000000	1,000000	0,944444	0,714286	0,907895	0,968254	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,948320
StaDel	1,000000	0,875000	0,500000	0,542857	0,631579	0,571429	0,555556	0,590000	1,000000	-	0,696269
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,930556	0,746913	0,660318	0,785090	0,763669	0,796296	0,807222	0,972222	-	-

(e)

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,250000	0,111111	0,000000	0,118421	0,095238	0,111111	0,140000	0,333333	-	0,239913
TraArcDel	1,000000	1,000000	0,500000	0,000000	0,539474	0,412698	0,555556	0,590000	0,833333	-	0,603451
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,228571	1,000000	0,634921	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,873721
TraEveIns	1,000000	0,750000	0,388889	1,000000	0,842105	0,428571	0,444444	0,550000	1,000000	-	0,711557
TraEveAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,457143	1,000000	0,634921	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,899118
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	0,777778	0,000000	0,802632	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,842268
OutDel	1,000000	1,000000	0,777778	0,000000	0,750000	0,650794	1,000000	0,950000	1,000000	-	0,792064
OutAlt	1,000000	1,000000	0,833333	0,000000	0,842105	0,746032	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,824608
StaDel	1,000000	0,875000	0,388889	0,000000	0,460526	0,476190	0,555556	0,590000	1,000000	-	0,594018
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,875000	0,641975	0,187302	0,706140	0,564374	0,740741	0,757778	0,907407	-	-

Tabela 25 - Média para os 5 conjuntos AM-adequados: MEF 10

	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média
TraIniStaAlt	1,000000	0,325000	0,144444	0,102857	0,168421	0,155555	0,177778	0,198000	0,483333	-	0,306154
TraArcDel	1,000000	1,000000	0,544444	0,251428	0,650000	0,530159	0,611111	0,635000	0,933333	-	0,683942
TraEveDel	1,000000	1,000000	1,000000	0,388572	0,976316	0,752381	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,901919
TraEveIns	1,000000	0,850000	0,533333	1,000000	0,876316	0,507936	0,600000	0,646000	1,000000	-	0,779287
TraEveAlt	1,000000	1,000000	1,000000	0,548572	1,000000	0,752381	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,922328
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	0,866667	0,342857	0,871053	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,897842
OutDel	1,000000	1,000000	0,866667	0,337143	0,834822	0,742857	1,000000	0,960000	1,000000	-	0,860165
OutAlt	1,000000	1,000000	0,911111	0,342857	0,857368	0,787302	1,000000	1,000000	1,000000	-	0,877626
StaDel	1,000000	0,775000	0,422222	0,314286	0,526316	0,492064	0,500000	0,555000	1,000000	-	0,620543
StaInsOutSep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	1,000000	0,883333	0,698765	0,403175	0,751179	0,635626	0,765432	0,777111	0,935185	-	-

Com base nas dez tabelas apresentadas anteriormente correspondendo às médias obtidas para cada MEF, foi calculada a Tabela 26 que corresponde à média geral de todas elas.

Tabela 26 - Média dos Escores de Mutação para Todas as MEFs Selecionadas

Operador	TraIni StaAlt	TraArc Del	TraEve Del	TraEve Ins	TraEve Alt	TraDes StaAlt	OutDel	OutAlt	StaDel	StaIns OutSep	Média Geral
TraIniStaAlt	1,000000	0,704889	0,668500	0,252131	0,389305	0,547679	0,663910	0,656856	0,749660	0,650000	0,628293
TraArcDel	0,930000	1,000000	0,936667	0,405358	0,784343	0,825345	0,943590	0,925856	0,948639	1,000000	0,869980
TraEveDel	0,943333	1,000000	1,000000	0,451073	0,893115	0,864234	1,000000	0,980000	0,958163	1,000000	0,908992
TraEveIns	1,000000	0,910000	0,804444	1,000000	0,928974	0,779431	0,826667	0,842000	0,998810	1,000000	0,909033
TraEveAlt	1,000000	0,991667	0,991667	0,575450	1,000000	0,867817	0,991667	0,991667	0,946032	1,000000	0,935597
TraDesStaAlt	1,000000	1,000000	0,986667	0,478259	0,901125	1,000000	1,000000	1,000000	0,964286	1,000000	0,933034
OutDel	0,943333	0,998000	0,984667	0,420967	0,840395	0,861853	1,000000	0,976000	0,954082	1,000000	0,897930
OutAlt	0,943333	0,998000	0,989111	0,422872	0,847911	0,872964	1,000000	0,990000	0,954082	1,000000	0,901827
StaDel	0,942857	0,925476	0,862381	0,599038	0,792610	0,811241	0,873858	0,881540	1,000000	1,000000	0,868900
StaInsOutSep	0,800000	0,925000	0,925000	0,336364	0,600000	0,768750	0,925001	0,925000	0,830953	1,000000	0,803607
Média Geral	0,950286	0,945303	0,914910	0,494151	0,797778	0,819931	0,922469	0,916892	0,930470	0,965000	

As médias gerais de escore e *strength*, obtidas através da Tabela 26, são apresentadas na Tabela 27(a) e na Tabela 27(b), respectivamente. Na Tabela 27(c) é apresentado o número médio de mutantes gerados para cada operador.

Tabela 27- Valores de (a) Escore (b) Strength (c) Número de Mutantes para Todas as MEFs Selecionadas

(a)		(b)		(c)	
Operador	Média Escore	Operador	Média Strength	Operador	Nº Mutantes
TraEveAlt	0,935597	TraEveIns	0,505849	OutAlt	35,2
TraDesStaAlt	0,933034	TraEveAlt	0,202222	TraDesStaAlt	28,7
TraEveIns	0,909033	TraDesStaAlt	0,180069	TraEveAlt	14,9
TraEveDel	0,908992	TraEveDel	0,085090	StaDel	14,6
OutAlt	0,901827	OutAlt	0,083108	TraEveIns	10,1
OutDel	0,897930	OutDel	0,077531	TraEveDel	9,0
TraArcDel	0,869980	StaDel	0,069530	OutDel	8,4
StaDel	0,868900	TraArcDel	0,054697	TraArcDel	6,8
StaInsOutSep	0,803607	TraIniStaAlt	0,049714	TraIniStaAlt	2,9
TraIniStaAlt	0,628293	StaInsOutSep	0,035000	StaInsOutSep	1,0

2.4 Aplicação do Procedimento *Essencial*

Nesta seção apresenta-se a aplicação do Procedimento *Essencial* [BAR98a], descrito com detalhes no Apêndice A, ao conjunto das 10 MEFs, com base nos valores médios apresentados nas Tabelas 26 e 27, determinando-se um conjunto essencial de operadores de mutação para Máquinas de Estados Finitos. Ao final de cada passo do procedimento é apresentado o conjunto essencial preliminar CE_{pre} .

Passo 1: Selecionar operadores *op* cujos casos de teste *op*-adequados determinem alto escore de mutação em relação à Análise de Mutantes

Utilizando-se $IMES = 0,900$, os cinco primeiros operadores da Tabela 27(a) são selecionados para compor CE_{pre} . Portanto:

$$CE_{pre} = \{ TraEveAlt, TraDesStaAlt, TraEveIns, TraEveDel, OutAlt \}$$

Passo 2: Procurar selecionar um operador de cada classe de mutação

O CE_{pre} obtido no Passo 1 não apresenta operadores da classe de estados, entretanto o operador *StaDel* que poderia ser adicionado ao CE_{pre} é incluído empiricamente¹ pelos demais operadores. Portanto nesse passo não é adicionado nenhum operador ao CE_{pre} .

$$CE_{pre} = \{ TraEveAlt, TraDesStaAlt, TraEveIns, TraEveDel, OutAlt \}$$

Passo 3: Avaliar inclusão empírica entre operadores

As relações de inclusão empírica observadas foram as seguintes:

$$\begin{aligned} \{TraEveAlt, TraDesStaAlt, TraEveIns, OutAlt\} &\stackrel{1.000}{\Rightarrow} * \{TraEveDel\} \\ \{TraEveAlt, TraDesStaAlt, TraEveIns, TraEveDel\} &\stackrel{1.000}{\Rightarrow} * \{OutAlt\} \end{aligned}$$

Desse modo, $CandElim = \{ TraEveDel, OutAlt \}$. Dos operadores de $CandElim$, todos foram igualmente incluídos portanto, de acordo com a Tabela 27(c), *OutAlt* é o que gera o maior número de mutantes e, por esse motivo, é eliminado de CE_{pre} . Após a remoção de

¹ Neste passo $ms = 0,99$, ou seja, considera-se que o critério C_1 inclui empiricamente o critério C_2 se e somente se o escore de mutação que C_1 determina em relação a C_2 for igual ou superior a 0.99.

OutAlt, CE_{pre} é avaliado novamente e observa-se que o operador TraEveDel continua a ser incluído pelos demais operadores, fazendo com que $CandElim = \{ TraEveDel \}$. Então, o operador eliminado desta vez é o TraEveDel, não sobrando mais nenhum elemento em $CandElim$. Como todos os elementos de $CandElim$ são eliminados de CE_{pre} por serem incluídos empiricamente, tem-se:

$$CE_{pre} = \{ TraEveAlt, TraDesStaAlt, TraEveIns \}$$

Passo 4: Estabelecer uma estratégia incremental de aplicação

O Passo 4 consiste em colocar em ordem os elementos do CE_{pre} , seguindo a ordem de aplicação: Erros de Transição, de Saída e de Estado, do menor para o maior em número de mutantes gerados por operador de cada classe. Essa ordem foi assim estabelecida considerando-se como requisito mínimo de teste a execução de todas as transições da MEF. Ao final do passo 4, obtém-se:

$$CE_{pre} = \{ TraEveIns, TraEveAlt, TraDesStaAlt \}$$

Passo 5: Selecionar operadores que proporcionem incremento no escore de mutação

Para o nível de especificação, decidiu-se não aplicar esse passo, pois verificou-se em todas as especificações, que nenhum operador proporcionava um incremento no escore, ou seja, todos os operadores que não pertenciam ao CE_{pre} eram incluídos empiricamente.

Passo 6: Selecionar operadores de alto *strength*

Utilizando-se $IMS = 0,07$, observa-se na Tabela 27(b) que os operadores TraEveIns, TraEveAlt, TraDesStaAlt, TraEveDel, OutAlt, OutDel apresentam *strength* superiores a IMS. Destes, observa-se que os operadores TraEveIns, TraEveAlt e TraDesStaAlt já pertencem a CE_{pre} e os demais são incluídos empiricamente² por CE_{pre} , não formando o conjunto CAS. Portanto, após a aplicação do Passo 6 obtém-se o conjunto essencial final:

$$CE = \{ TraEveIns, TraEveAlt, TraDesStaAlt \}$$

² Neste passo, $ms = 0.98$, ou seja, considera-se que o critério C_1 inclui empiricamente o critério C_2 se e somente se o escore de mutação C_1 determina em relação a C_2 for igual ou superior a 0.98.

A Tabela 28 apresenta os conjuntos preliminares (CE_{pre}) e o conjunto essencial (CE) obtidos com a aplicação do procedimento, bem como o escore de mutação e a redução de custo de aplicação do critério desses conjuntos em relação à Análise de Mutantes.

Tabela 28 - Operadores Obtidos a cada Passo do Procedimento *Essencial* para Todas as MEFs Seleccionadas

Passo	Operadores	Escore de Mutação	Redução de Custo
1, 2	TraEveAlt, TraDesStaAlt, TraEveIns, TraEveDel, OutAlt	1.000000	25.61%
3	TraEveAlt, TraDesStaAlt, TraEveIns	1.000000	59.20%
4, 5, 6	TraEveIns, TraEveAlt, TraDesStaAlt	1.000000	59.20%

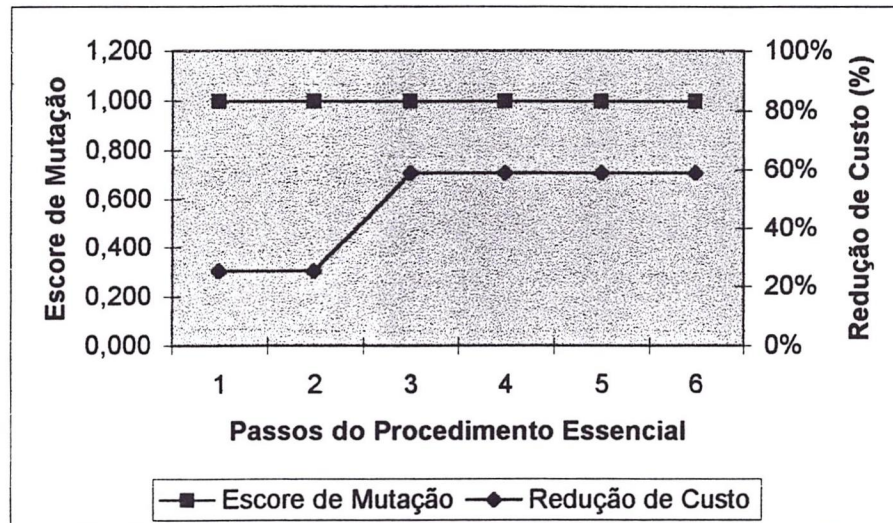


Gráfico 1 – Evolução do Conjunto Essencial Durante os Passos do Procedimento *Essencial*

Como pode ser visto através do Gráfico 1 e da Tabela 28, o escore de mutação obtido com o uso do conjunto essencial composto pelos operadores TraEveIns, que retrata erros de eventos extras, TraEveAlt, que retrata erros de eventos trocados e TraDesStaAlt, que retrata erros de destino trocado, foi o valor máximo em todas as MEFs, ou seja, igual a 1. Também pode-se observar uma redução de custo bastante significativa (59.20%) em relação à Análise de Mutantes.

É importante ressaltar que quando a Máquina de Estado Finito apresenta a propriedade

de ser completamente especificada o Conjunto Essencial reduz-se apenas ao operador TraDesStaAlt; e, quando a máquina não é completamente especificada, o Conjunto Essencial é composto pelos operadores TraDesStaAlt, TraEveAlt e TraEveIns. Isso ocorre pelo fato de que para as MEFs completamente especificadas, os operadores TraEveIns e TraEveAlt não geram mutante algum (vide Tabela 4) e o escore de mutação que o operador TraDesStaAlt determina em relação aos demais é igual a 1, ou seja, o conjunto TraDesStaAlt-adequado é capaz de distinguir 100% dos mutantes dos outros operadores, como pode ser observado nas tabelas correspondentes ao valores de escores médios das máquinas 01 a 07 (Tabelas 07, 09, 11,13,15,17,19), o que faz com que o operador TraDesStaAlt corresponda ao Conjunto Essencial para Máquinas de Estados Finitos Completamente Especificadas.

2.5 Aplicação da Estratégia de Offut *et al.* no Contexto de Máquinas de Estados Finitos

A partir das três classes de mutação da ferramenta Proteum-RS/FSM – transição, estado e saída – três categorias de mutação seletiva foram definidas: *Tra-Sta*, a qual utiliza operadores das classes de transição e estado, *Tra-Out*, a qual utiliza operadores das classes de transição e saída e *Out-Sta*, a qual utiliza operadores das classes de saída e estado.

Foram gerados 5 conjuntos de casos de teste adequados para cada categoria de mutação seletiva, para cada uma das dez especificações em teste. Em seguida, para cada especificação foram gerados todos os mutantes das 3 classes de mutação (o que corresponde à aplicação da Análise de Mutantes ou *Full Mutation*) e foram marcados os mutantes equivalentes, pois essa informação já era conhecida. Cada conjunto de casos de teste adequado a cada categoria de mutação seletiva foi avaliado em relação à Análise de Mutantes a fim de verificar o escore de mutação e a redução de custo obtida. Os resultados obtidos para as três categorias de mutação seletiva *Tra-Sta*, *Tra-Out* e *Out-Sta* são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 29(a), (b) e (c). Tais categorias são compostas pelos seguintes operadores: *Tra-Sta* = {TraIniStaAlt, TraArcDel, TraEveDel, TraEveIns, TraEveAlt, TraDesStaAlt, StaDel e StaInsOutSep}; *Tra-Out* = {TraIniStaAlt, TraArcDel, TraEveDel, TraEveIns, TraEveAlt, TraDesStaAlt, OutDel e OutAlt} e *Out-Sta* = {OutDel, OutAlt, StaDel e StaInsOutSep}.

Tabela 29 – Escores das Categorias Seletivas em relação à Análise de Mutantes

(a) <i>Tra-Sta</i>		(b) <i>Tra-Out</i>		(c) <i>Out-Sta</i>	
MEF	Escore	MEF	Escore	MEF	Escore
01	1.000000	01	1.000000	01	0.970370
02	1.000000	02	1.000000	02	0.971429
03	1.000000	03	1.000000	03	0.973333
04	1.000000	04	1.000000	04	0.982353
05	1.000000	05	1.000000	05	0.946479
06	1.000000	06	1.000000	06	0.914286
07	1.000000	07	1.000000	07	0.990476
08	1.000000	08	1.000000	08	0.921509
09	1.000000	09	1.000000	09	0.953846
10	1.000000	10	1.000000	10	0.895611
Média	1.000000	Média	1.000000	Média	0.951969
Redução de Custo	11.85	Redução de Custo	33.13	Redução de Custo	55.02

Como pode ser observado na Tabela 29, as categorias *Tra-Sta* e *Tra-Out* proporcionam os maiores escores de mutação em relação à Análise de Mutantes e são as que contêm os operadores da classe de erros de transição. De acordo com a estratégia de Offut *et al.* [OFF96], deve-se criar então, a categoria de mutação seletiva *Tra*, que utiliza apenas esses operadores. O conjunto essencial (*C-Off96*) determinado pela abordagem de Offut *et al.* é composto, portanto, dos seguintes operadores: *TraIniStaAlt*, *TraArcDel*, *TraEveDel*, *TraEveIns*, *TraEveAlt* e *TraDesStaAlt*. Os resultados obtidos da aplicação desse conjunto em relação à Análise de Mutantes são apresentados na Tabela 30.

Tabela 30 – Aplicação da Categoria Seletiva *Tra* em relação à Análise de Mutantes

MEF	Escore de Mutação	NºMutantes Gerados
01	1.000000	60
02	1.000000	17
03	1.000000	26
04	1.000000	35
05	1.000000	43
06	1.000000	17
07	1.000000	13
08	1.000000	169
09	1.000000	114
10	1.000000	230
Média	1.000000	72.4
Redução de custo		44.08 %

De acordo com os resultados da Tabela 30 nota-se que com a aplicação da estratégia de Offut *et al.* obtém-se um escore de mutação igual a um. No entanto, em relação ao custo, pode-se observar que embora a redução seja significativa, ela não é a melhor, pois de acordo com a Tabela 26 pode-se perceber que há uma relação de inclusão empírica entre os operadores que compõem a Categoria Seletiva *Tra*, definida por essa estratégia, tornando desnecessária a aplicação de alguns deles, o que faria com que a redução do custo aumentasse ainda mais.

2.6 Aplicação da Mutação *N*-Seletiva

A Mutação *N*-Seletiva, proposta por Offut *et al.* [OFF93], utiliza apenas alguns operadores de mutação na geração dos mutantes. Essa seleção está relacionada com a quantidade de mutantes que cada operador gera, não aplicando os operadores de mutação responsáveis pelo maior número de mutantes. Portanto, de acordo com a Tabela 27(c), pode-se observar que os maiores números de mutantes gerados estão associados aos operadores OutAlt e TraDesStaAlt. Para os demais operadores esse número se reduz aproximadamente à metade, ou abaixo disso. Assim, excluindo-se do conjunto de operadores os dois operadores citados, está se aplicando a Mutação 2-Seletiva e, assim sendo, o conjunto (*C-Off93*) é composto então pelos operadores TraEveAlt, StaDel, TraEveIns, TraEveDel, OutDel, TraArcDel, TraIniStaAlt e StaInsOutSep. Os resultados obtidos através dessa abordagem são apresentados na Tabela 31.

Tabela 31 – Aplicação da Mutação 2-Seletiva em relação à Análise de Mutantes

MEF	Escore de Mutação	Nº Mutantes Gerados
01	0.973333	49
02	0.847619	13
03	0.942222	27
04	0.988235	33
05	0.954929	39
06	0.949048	20
07	0.990476	13
08	0.970566	165
09	0.997802	118
10	0.969977	200
Média	0.956975	67.7
Redução de custo		48.56%

Com a aplicação da mutação 2-Seletiva, para esse conjunto de especificações, obteve-se uma redução de custo significativa, em termos de número de mutantes, correspondendo quase à metade em relação ao total. Entretanto, embora o escore obtido também tenha sido alto, não chegou a um, como a abordagem anterior.

2.7 Aplicação do Conjunto Essencial Restrito

O Conjunto Essencial Restrito (CER) é composto pelos operadores mais representativos de cada uma das classes de mutação (aquele que determina maior escore de mutação), a partir do conjunto essencial obtido pela aplicação do Procedimento *Essencial* [BAR98a] que, no caso, é composto por três operadores da classe de erros de transferência. Portanto, de acordo com a Tabela 27(a), o operador TraEveAlt é o operador que compõe o conjunto essencial restrito por possuir o maior escore dentre eles. Aplicando-se esse conjunto para os 5 conjuntos de casos de teste de cada máquina, para as 10 máquinas, obteve-se um escore de mutação igual a 0,913604 e uma redução de custo bastante alta, 88.68%, em relação ao critério Análise de Mutantes, como pode ser visto na Tabela 32. Observa-se que para as máquinas completamente especificadas, ou seja, as MEFs 01 a 07, o escore de mutação é igual a 0, pelo fato do operador TraEveAlt não gerar mutantes para tais especificações.

Tabela 32 – Aplicação do CER em relação à Análise de Mutantes

MEF	Escore de Mutação	NºMutantes Gerados
01	0.970370	62
02	0.971429	08
03	0.973333	12
04	0.982353	24
05	0.946479	20
06	0.914286	12
07	0.990476	04
08	0.931321	122
09	0.969231	80
10	0.933487	303
Média	0.958276	64.7
Redução de custo		50.84 %

2.8 Aplicação da Mutação Aleatória

Para a aplicação da Mutação Aleatória, foram consideradas as porcentagens de 10, 20, 30 e 40%. Foram gerados os mutantes para essas porcentagens, definidos conjuntos de casos de teste adequados a esses mutantes e então aplicados ao conjunto total de mutantes, verificando-se os escores de mutação obtidos, assim como a redução de custo de aplicação da Mutação Aleatória (10, 20, 30 e 40%) em relação à Análise de Mutantes. Os resultados podem ser observados nas Tabelas 33, 34, 35 e 36.

Tabela 33 – Aplicação da Mutação 10% Aleatória em relação à Análise de Mutantes

MEF	Escore de Mutação	Nº Mutantes Gerados
01	0.962963	17
02	0.857143	04
03	0.866667	04
04	0.985294	07
05	0.971831	07
06	0.800000	03
07	0	0
08	0.973585	28
09	0.939560	15
10	0.951501	54
Média	0.318294	15.4
Redução de custo		88.16%

Tabela 34 – Aplicação da Mutação 20% Aleatória em relação à Análise de Mutantes

MEF	Escore de Mutação	Nº Mutantes Gerados
01	0.992593	26
02	0.952381	07
03	1.000000	07
04	0.970588	14
05	0.985815	19
06	0.942857	12
07	0.761905	06
08	0.950943	56
09	1.000000	46
10	0.969977	92
Média	0.952706	28.5
Redução de custo		78.35%

Tabela 35 – Aplicação da Mutação 30% Aleatória em relação à Análise de Mutantes

MEF	Escore de Mutação	Nº Mutantes Gerados
01	0.985185	48
02	0.952381	05
03	1.000000	13
04	0.914286	21
05	1.000000	25
06	0.914286	09
07	0.761905	05
08	0.973585	88
09	0.972527	54
10	0.986143	138
Média	0.946030	40.6
Redução de custo		69.15%

Tabela 36 – Aplicação da Mutação 40% Aleatória em relação à Análise de Mutantes

MEF	Escore de Mutação	Nº Mutantes Gerados
01	0.985185	59
02	0.952381	09
03	0.977778	17
04	1.000000	30
05	1.000000	32
06	1.000000	16
07	1.000000	09
08	0.973585	104
09	0.961538	77
10	0.986143	183
Média	0.983661	53.6
Redução de custo		59.27%

2.9 Aplicação de uma Abordagem Incremental

Sugere-se neste trabalho, uma outra alternativa para a atividade de teste correspondente a uma abordagem incremental baseada no custo (número de mutantes gerados), ou seja, pode ser estabelecido um conjunto ordenado de operadores de forma a se obter um escore de mutação 1 com um baixo custo. Um estudo nesse sentido pode ser observado no trabalho de Vincenzi [VIN98], que aplicou essa abordagem em nível de

programas. Em princípio, considera-se que essa abordagem pode ser estabelecida das seguintes maneiras:

1. Considerando-se apenas o custo, uma das estratégias que pode ser adotada para estabelecer esse conjunto é aplicar os operadores, um a um, pela ordem crescente de custo (do operador StaInsOutSep para o operador OutAlt) de acordo com a Tabela 27(c) até ser obtido um escore igual a 1, para todas as máquinas. Neste trabalho, esta estratégia não foi aplicada, pois optou-se por aplicar a estratégia apresentada no item 2.
2. Considerando-se, além do custo, o *strength* de cada operador e a relação de inclusão empírica entre eles, uma outra estratégia poderia ser:

Observando-se a Tabela 27(c) os operadores TraIniStaAlt e StaInsOutSep são os que apresentam menor custo, ou seja, o menor número de mutantes gerados; no entanto, pela Tabela 27(b) esses operadores apresentam baixo *strength* podendo ser descartados numa primeira instância uma vez que conjuntos de teste adequados a outros operadores de maior *strength* provavelmente serão adequados também a esses operadores;

O operador TraArcDel, próximo candidato de acordo com o custo, embora possua um *strength* relativamente baixo, deve ser aplicado uma vez que o teste de todos os arcos (todas as transições) é considerado um requisito mínimo para a atividade de teste;

Os três operadores seguintes – OutDel, TraEveDel e TraEveIns – podem ser analisados conjuntamente por possuírem um custo relativamente próximo. Nesse caso, observando-se o *strength* de cada um deles, escolhe-se o operador TraEveIns pelo fato de seu *strength* ser superior aos dos outros dois operadores; além disso, observando-se a Tabela 26 essa escolha se justifica também pela relação de inclusão, pois como pode ser visto, o conjunto TraEveIns-adequado distingue 80% dos mutantes de TraEveDel e 82% dos mutantes de OutDel, enquanto que os conjuntos TraEveDel-adequado e OutDel-adequado distinguem em torno de 45% dos mutantes do operador TraEveIns. Em outras palavras, o operador TraEveIns é aquele que promove o maior incremento de escore em relação à Análise de Mutantes, na perspectiva de se obter um escore de mutação igual a 1;

O próximo operador a ser analisado, de acordo com a Tabela 27(c), é o StaDel. Analisando-se a relação de inclusão dos operadores TraArcDel e TraEveIns, já selecionados, verifica-se que não é necessária a aplicação desse operador, ou seja, a

maioria de seus mutantes é morta pelo conjunto {TraArcDel, TraEveIns}-adequado;

O operador TraEveAlt possui um alto *strength* e a relação de inclusão dele pelos outros operadores é baixa, o que justifica também a sua escolha, constituindo o terceiro operador a ser aplicado;

Analogamente, o operador TraDesStaAlt é o quarto operador a ser aplicado;

Finalmente, o operador OutAlt, pela Tabela 27(b) possui um *strength* baixo e, pela relação de inclusão é incluído pelos outros quatro.

Resumindo, uma possível ordem de aplicação dos operadores de acordo com a Segunda forma incremental sugerida anteriormente, gera o conjunto (*C-Inc*) composto pelos operadores TraArcDel, TraEveIns, TraEveAlt e TraDesStaAlt, nessa ordem.

Utilizando-se esses quatro operadores obteve-se uma redução de custo de, aproximadamente, 55% e ainda assim, um escore de mutação em relação à Análise de Mutantes igual a 1, como pode ser observado na Tabela 37.

Essa abordagem incremental pode ser considerada uma forma de mutação restrita, mencionada na Seção 1, uma vez que, dependendo do tempo e custo destinados à atividade de teste, conjuntos específicos de operadores podem ser aplicados a fim de melhor atender os benefícios esperados.

Tabela 37 – Aplicação da Abordagem Incremental em relação à Análise de Mutantes

MEF	Escore de Mutação	NºMutantes Gerados
01	1.000000	45
02	1.000000	10
03	1.000000	18
04	1.000000	24
05	1.000000	32
06	1.000000	10
07	1.000000	8
08	1.000000	152
09	1.000000	100
10	1.000000	206
Média	1.000000	60.5
Redução de Custo		54.03%

2.10 Comparação entre as Abordagens Aplicadas

Como no teste de programas, a aplicação do Procedimento *Essencial* e a determinação de um conjunto essencial de operadores de mutação mostraram-se eficazes em relação à Análise de Mutantes. O objetivo do *benchmark* foi comparar a aplicação do Procedimento *Essencial* com as demais abordagens propostas na literatura, no nível de validação de Máquinas de Estados Finitos.

Os valores de escore de mutação e a redução de custo proporcionada através da aplicação dos conjuntos obtidos pelas abordagens apresentadas nas seções anteriores em relação à Análise de Mutantes, estão sintetizados na Tabela 38 e representados pelo Gráfico 2 que apresenta os escores de mutação de cada conjunto e pelo Gráfico 3 que apresenta a redução de custo de cada conjunto em relação à aplicação do critério Análise de Mutantes.

Tabela 38 – Mutação Restrita e Mutação Aleatória

Mutação Restrita			Mutação Aleatória		
Critério	Escore de Mutação	Redução de Custo	Critério	Escore de Mutação	Redução de Custo
<i>CE</i> ³	1.000000	59.20%			
<i>CER</i> ⁴	0.913604	88.68%	10%	0.923171	88.26%
<i>C-Off93</i> ⁵	0.956975	48.56%	20%	0.952716	78.35%
<i>C-Off96</i> ⁶	1.000000	44.98%	30%	0.948630	69.15%
<i>C-Inc</i> ⁷	1.000000	54.03%	40%	0.983661	59.27%

³ *CE* = TraEveIns, TraEveAlt, TraDesStaAlt

⁴ *CER* = TraEveAlt

⁵ *C-Off93* = TraEveAlt, StaDel, TraEveIns, TraEveDel, OutDel, TraArcDel, TraIniStaAlt, StaInsOutSep

⁶ *C-Off96* = TraIniStaAlt, TraArcDel, TraEveDel, TraEveIns, TraEveAlt, TraDesStaAlt

⁷ *C-Inc* = TraArcDel, TraEveIns, TraEveAlt, TraDesStaAlt

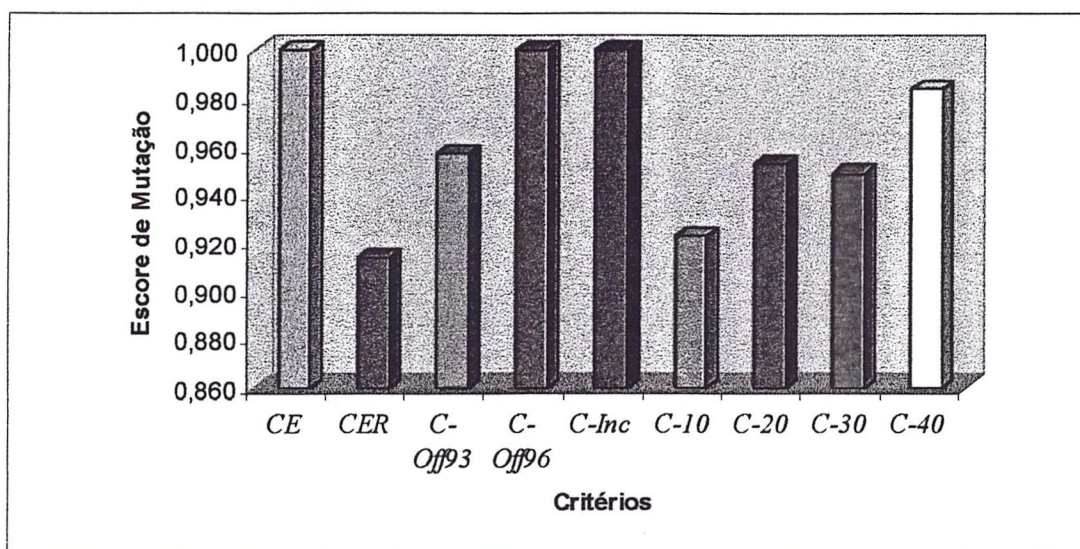


Gráfico 2 – Escore de Mutação obtido pelos conjuntos de diferentes abordagens em relação à Análise de Mutantes

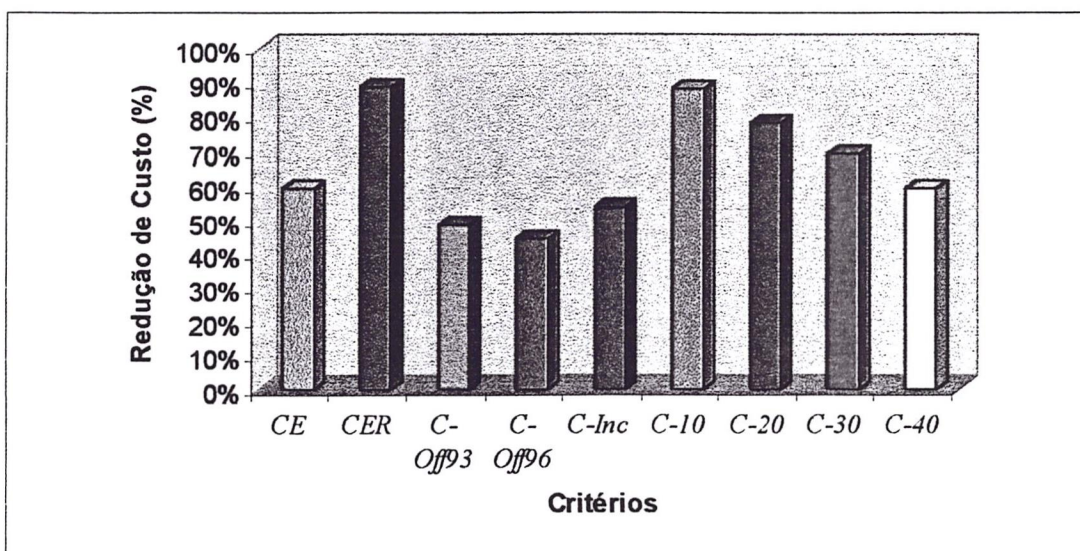


Gráfico 3 – Redução de custo obtida pelos conjuntos de diferentes abordagens em relação à Análise de Mutantes

Pelos dados apresentados na Tabela 38, pode-se observar que o conjunto de operadores de mutação determinado pelo Procedimento *Essencial* (CE) é o mais apropriado, pois atinge um escore de mutação igual a 1 e a redução de custo é a maior delas – 59.20%. As abordagens Incremental e a de Offut *et al.* [OFF96] também resultaram em um escore igual a 1, pois contêm o CE, mas apresentam maiores custos de aplicação. A abordagem 2-Seletiva, além de não obter escore de mutação igual a 1, apresentou redução de custo inferior em relação ao conjunto CE. Quanto ao conjunto essencial restrito, CER, nota-se que ele apresentou o menor escore de mutação e a maior redução de custo, sendo importante ressaltar que o único operador do CER – TraEveAlt – não se aplica às máquinas completamente especificadas.

Quanto à Mutação Aleatória, pode-se observar que para se obter uma redução de custo próxima àquela obtida pelo conjunto CE foi necessário utilizar a Mutação 40% Aleatória e ainda assim, embora o escore seja alto, não atinge o valor 1 como é o caso do conjunto CE.

Analisando-se os resultados, nota-se que os três operadores do conjunto essencial também fazem parte do conjunto determinado pela abordagem incremental e a de Offut *et al.* [OFF96]. Isso indica que dentro do escopo deste experimento os resultados apontaram numa mesma direção, evidenciando que com a aplicação de um conjunto restrito de operadores de mutação consegue-se reduzir o custo de aplicação do critério Análise de Mutantes na validação de Máquinas de Estados Finitos sem prejuízo da qualidade da atividade de validação, contribuindo para a formação de um corpo de conhecimento na perspectiva de se definir uma estratégia de teste e validação incremental e de baixo custo no contexto de Máquinas de Estados Finitos.

3. Conclusões

Para a validação de Máquinas de Estados Finitos, uma das técnicas mais utilizadas na especificação de protocolos de comunicação, os métodos propostos na literatura são baseados fundamentalmente em modelos de erros. Mais recentemente, o critério Análise de Mutantes tem sido utilizado nesse contexto como uma alternativa para o teste de especificações baseadas em MEF, e as mutações definidas através dos operadores de mutação podem ser vistas como um modelo de erros para MEFs. Vários experimentos, no nível de programa, mostram que esse critério é eficaz para revelar erros. No entanto, um problema associado a ele é o alto custo de aplicação devido ao grande número de mutantes que podem ser gerados. Nesse sentido, várias alternativas são propostas para minimizar esse problema, entre elas a mutação restrita que restringe o conjunto de operadores a ser aplicado reduzindo assim o número de mutantes gerados e, consequentemente, o custo de aplicação do critério.

Neste trabalho, através da condução de um estudo empírico utilizando-se 10 máquinas de estados finitos, com o apoio da ferramenta Proteum-RS/FSM, foram fornecidas evidências da viabilidade de aplicação do critério Análise de Mutantes na validação de MEFs, explorando-se as alternativas propostas na literatura, considerando-se então as seguintes abordagens: Procedimento *Essencial*, abordagem de Offut, Mutação *N*-Seletiva, conjunto essencial restrito, abordagem incremental e Mutação Aleatória. Os resultados mostraram que é possível reduzir sensivelmente o número de mutantes gerados, mantendo um escore de mutação bastante elevado, igual ou próximo de 1, em relação à Análise de Mutantes. Dentre as abordagens aplicadas, o conjunto essencial CE determinado pelo Procedimento Essencial, para o *benchmark* em questão, foi o que apresentou melhores resultados, mantendo um escore igual a 1 em relação à Análise de Mutantes, com uma redução significativa de custo, por volta de 60%. Na realidade, os resultados contribuem para a definição de critérios de mutação restrita no contexto de MEFs e podem ser vistos na perspectiva de um modelo de erros, ou seja, caracterizam um modelo de erros mínimo, essencial no teste de MEFs.

Referências Bibliográficas

- [ACR79] Acree, A.; Budd, R.; DeMillo, R.A.; Lipton, R.; Sayward, F.G. "Mutation Analysis", *Technical Report GIT-ICS-79/08*, Georgia Institute of Technology, Setembro, 1979.
- [BAR98a] Barbosa, E. F.; "Uma Contribuição para a Determinação de um Conjunto Essencial de Operadores de Mutação no Teste de Programas C", *Dissertação de Mestrado*, ICMC-USP, Outubro, 1998.
- [BAR98b] Barbosa, E. F.; Vincenzi, A. M. R.; Maldonado, J. C. "Uma Contribuição para a Determinação de um Conjunto Essencial de Operadores de Mutação no Teste de Programas C", in *Anais 12º Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software*, Maringá, Outubro, 1998.
- [CAR99a] Carvalho, R. A.; Fabbri, S.C.P.F.; Maldonado, J. C. "Um Estudo sobre a Avaliação do Custo de Aplicação da Análise de Mutantes na Validação de Máquinas de Estados Finitos", *13º Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software*, Florianópolis, Outubro, 1999 (Artigo aceito para publicação).
- [CAR99b] Carvalho, R. A.; Fabbri, S.C.P.F.; Maldonado, J. C. "Um Estudo para a Determinação de um Conjunto Essencial Preliminar de Operadores de Mutação para a Validação de Máquinas de Estados Finitos", in *Anais do 11º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores*, Salvador, Maio, 1999.
- [CHO78] Chow, T.S. "Testing Software Design Modeled by Finite-State Machines", *IEEE Transactions on Software Engineering*, SE(4(3)), pp. 178-187, 1978.
- [DEM80] DeMillo, R.A. "Mutation Analysis as a Tool for Software Quality Assurance", in *Proc. of COMPSAC 80*, Chicago-IL, Outubro, 1980.
- [FAB93] Fabbri, S.C.P.F.; Maldonado, J.C.; Masiero, P.C.; Delamaro, M.E. "Análise de Mutantes Baseada em Máquinas de Estado Finito", in *Anais do 11º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores*, Campinas, Maio, 1993.
- [FAB94] Fabbri, S.C.P.F.; Maldonado, J.C.; Delamaro, M.E.; Masiero, P.C. "Mutation Analysis Testing for Finite State Machines", in *Proc. ISSRE '94 - Fifth International Symposium on Software Reliability Engineering*, pp.220-229, California, Novembro, 1994.
- [FAB96] Fabbri, S.C.P.F. "A Análise de Mutantes no Contexto de Sistemas Reativos: Uma Contribuição para o Estabelecimento de Estratégias de Teste e Validação", *Tese de Doutorado*, IFSC-USP, Outubro, 1996.
- [FUJ91] Fujiwara, S.; Bochmann, G.V.; Khendek, F.; Amalou, M.; Ghedamsi, A. "Test Selection Based on Finite State Models", *IEEE Transaction on Software Engineering*, Vol. 17, N. 6, Junho, 1991.

- [GAB90] Gabos, D.; Stiubiener, S. "Aspectos de Metodologia de Geração de Sequências de Teste para Protocolos de Comunicação de Dados", in *Anais 8º Simpósio de Redes de Computadores*, 1990.
- [GIL62] Gill, A. *Introduction to the Theory of Finite-State Machines*, New York, McGraw-Hill, 1962.
- [GON70] Gonenc, G. "A Method for the Design of Fault-Detection Experiments", *IEEE Transaction on Computer*, Vol C-19, pp 551-558, Junho, 1970.
- [MAT91] Mathur, A. P.; "Performance, Effectiveness, and Reliability Issues in Software Testing", in *Proceedings of the Fifteenth Annual International Computer Software and Applications Conference*, Tóquio, Japão, 1991, pp. 604-605.
- [MAT94] Mathur, A.P.; Wong, W.E. "An Empirical Comparison of Data Flow and Mutation-Based Test Adequacy Criteria", *Software Testing, Verification and Reliability*, V.4, pp.9-31, 1994.
- [NAI81] Naito, S.; Tsunoyama, M. "Fault Detection for Sequential Machines by Transition-Tours", in *Proceedings FTCS - Fault Tolerant Comput. Systems*, pp. 238-243, 1981.
- [OFF93] Offutt, A.J.; Rothermel, A.J. "An Experimental Evaluation of Selective Mutation", *15th International Conference on Software Engineering*, Baltimore, Maryland, Maio, 1993.
- [OFF95] Offutt, et al. "An Experimental Evaluation of Data Flow and Mutation Testing", *Software Practice and Experience*, to appear 95.
- [OFF96] Offutt, A.J.; Rothermel, G.; Untch, R.H.; Zapf, C. "An Experimental Determination of Sufficient Mutant Operators", *ACM Transactions on Software Engineering Methodology*, accepted for publication, 1996.
- [PER86] Perrim, D. "Local Maps", in *Lecture Notes in Computer Science*, 316, *Automata Networks*, France, Maio, 1986, pp. 29-41.
- [PET96] Petrenko, A.; Bochmann, G.v. "On Fault Coverage of Tests for Finite State Specifications", <http://www.iro.umontreal.ca/pub/teleinfo/TRs/Petr96b.ps.gz>, 1996.
- [PRO91] Probert, R.L.; Guo, F. "Mutation Testing of Protocols: Principles and Preliminary Experimental Results", in *Proceedings of the IFIP TC6 Third International Workshop on Protocol Test Systems*, North-Holland, pp. 57-76, 1991.
- [RAP85] Rapps, S.; Weyuker, E.J. "Selecting Software Testing Data Using Data Flow Information", *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol.SE-11, pp.367-375, Abril, 1985.

- [SAB88] Sabnani, K.K.; Dahbura, A.T. "A Protocol Testing Procedure", *Computer Networks and ISDN Syst.*, Vol. 15, N. 4, pp. 285-297, 1988.
- [SIL90] Silva, G. S.; Pedrosa, A. C. P. "Um sistema para geração automática de seqüências de teste para protocolos de comunicação", *in Anais dos trabalhos selecionados para o VIII Simpósio de Brasileiro de Redes de Computadores*.
- [SOU96] Souza, S.R.S. "Avaliação do Custo e Eficácia do Critério Análise de Mutantes na Atividade de Teste de Programas", *Dissertação de Mestrado*, ICMSC-USP, Junho, 1996.
- [VIN98] Vincenzi, A. M. R. "Subsídios para o Desenvolvimento de Estratégias de Teste Baseadas na Técnica de Mutação", *Dissertação de Mestrado*, ICMC-USP, Outubro, 1998.
- [WON94a] Wong, W.E.; Maldonado, J.C.; Delamaro, M.E.; Mathur, A.P. "Constrained Mutation in C Programs", *in Anais do VIII SBES - Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software*, Curitiba, PR, Outubro, pp. 439-452, 1994a.
- [WON94b] Wong, W.E.; Maldonado, J.C.; Mathur, A.P. "Mutation versus All-uses: An Empirical Evaluation of Cost, Strength and Effectiveness", *in Proceedings of the First IFIP/SQI International Conference on Software Quality and Productivity*, Hong Kong, Novembro, 1994b.
- [WON97] Wong, W. E.; Maldonado, J. C.; Delamaro M. E.; Souza S. R. S. "A Comparison of Selective Mutation in C and Fortran", *Workshop do Projeto Validação e Teste de Sistemas de Operação*, Águas de Lindóia, SP, pp.71-84, Janeiro, 1997.

Apêndice A

Procedimento Essencial

O Procedimento *Essencial* foi proposto por Barbosa [BAR98a], para determinação de um conjunto essencial de operadores de mutação para a linguagem C. Ele é composto por 6 passos e para sua definição foi utilizada a terminologia reproduzida na Tabela A1, extraída de [BAR98a], bem como os seguintes conceitos que devem ser considerados.

Considere $CM_1, CM_2, \dots, CM_n$ conjuntos que representam classes de mutação. O critério Análise de Mutantes utiliza, na sua concepção original, o conjunto formado por todos os operadores de mutação definido por $OP = CM_1 \cup CM_2 \cup \dots \cup CM_n$. Qualquer subconjunto de operadores $SC \in 2^{\{op\}}$ constitui um critério de mutação restrito.

Dado um critério de mutação restrito SC , diz-se que um conjunto de casos de teste T é SC -adequado se T obtiver um escore de mutação igual a 1 em relação aos mutantes gerados pelos operadores de SC ; ou seja, se T for capaz de revelar as diferenças de comportamento existentes entre S (especificação em teste) e os mutantes não equivalentes gerados pelos operadores de SC . Quando SC for composto por um único operador de mutação op ($SC = \{op\}$), em alguns casos, por simplicidade de notação, será utilizado op .

Na prática, por limitações de tempo e custo, obter-se um escore de mutação próximo de 1 pode ser satisfatório. Seja ms um escore de mutação definido pelo testador. Dados um critério C e um conjunto de casos de teste T , diz-se que T é empiricamente adequado a C (T é C -adequado*) se T obtiver um escore de mutação igual ou superior a ms .

Uma característica importante utilizada na comparação de critérios de teste é a relação de inclusão, definida por Rapps e Weyuker [RAP85]. Dados dois critérios C_1 e C_2 , diz que C_1 inclui C_2 ($C_1 \Rightarrow C_2$) se para todo conjunto de casos de teste T_1 C_1 -adequado, T_1 é C_2 -adequado e existe um T_2 C_2 -adequado que não é C_1 -adequado; C_1 e C_2 são equivalentes se para qualquer T C_1 -adequado, T é C_2 -adequado e vice-versa.

Além disso, diz-se que C_1 inclui empiricamente C_2 com um determinado escore ms ($C_1 \Rightarrow^{ms} C_2$) se para todo conjunto de casos de teste T_1 C_1 -adequado, T_1 é C_2 -adequado* para um dado ms e existe um T_2 C_2 -adequado que não é C_1 -adequado*; C_1 e C_2 são equivalentes* se para qualquer T C_1 -adequado, T é C_2 -adequado* e vice-versa.

Tabela A1 - Terminologia utilizada no Procedimento Essencial [BAR98a]

Termo	Descrição/Definição
$\bigcup_{i=1}^n CM_i$	Classes de operadores de mutação (para a ferramenta Proteum-RS/FSM, $n = 3$ classes: transições, saídas e estados).
OP	Conjunto de todos os operadores de mutação $OP = CM_1 \cup CM_2 \cup \dots \cup CM_n$
CE	Conjunto essencial de operadores de mutação ($CE \subseteq OP$)
CE_{pre}	Conjunto essencial preliminar de operadores de mutação ($CE_{pre} \subseteq OP$)
$\overline{CE}_{pre}$	Complemento de CE_{pre} ($\overline{CE}_{pre} = OP - CE_{pre}$)
$CandElim$	Conjunto de operadores de CE_{pre} candidatos a serem eliminados em virtude da relação de inclusão empírica ($CandElim \subseteq CE_{pre}$)
$CandIns$	Conjunto de operadores de $\overline{CE}_{pre}$, pertencentes a determinada classe CM_i , candidatos a serem inseridos em CE_{pre} ($CandIns \subseteq (\overline{CE}_{pre} \cap CM_i)$)
CAS	Conjunto de operadores de alto <i>strength</i> ($CAS \subseteq \overline{CE}_{pre}$)
x	Número de operadores de cada classe CM_i que se deseja incluir em CE_{pre} (definido pelo testador)
ms	Escore de mutação (definido pelo testador)
$IMES$	Índice médio de escore (definido pelo testador)
IIM	Índice de incremento mínimo (definido pelo testador)
IMS	Índice médio de <i>strength</i> (definido pelo testador)
$f_{MS}(C_1, C_2)$	Função que retorna o escore de mutação determinado por C_1 em relação a C_2
$f_{MSM}(op)$	Função que retorna a média dos escores que op determina em relação a cada operador de OP
$f_{STR}(C_1, C_2)$	Função que retorna o <i>strength</i> de C_1 em relação a C_2
$f_{STRM}(op)$	Função que retorna a média dos <i>strength</i> de op em relação a cada operador de OP
$f_{INCR}(op, C_1)$	Função que retorna o índice de incremento que op proporciona em relação a Análise de Mutantes se for adicionado a C_1 (este índice é truncado após o primeiro dígito significativo)

PASSO 1: SELECIONAR OPERADORES OP CUJOS CASOS DE TESTE OP -ADEQUADOS DETERMINEM ALTO ESCORE DE MUTAÇÃO EM RELAÇÃO À ANÁLISE DE MUTANTES

Neste passo procura-se selecionar os operadores que determinam alto escore de mutação. Uma informação relevante nesse sentido é o escore que cada operador de mutação determina em relação ao conjunto total de operadores. A seleção dos operadores que determinam alto escore é feita a partir de um índice médio de escore (IMES), que pode ser dependente do conjunto de programas utilizados e, em geral, dever ser definido em função das características do domínio de aplicação. Desse modo, CE_{pre} é composto pelos operadores que, em média, determinem um escore de mutação em relação à Análise de Mutantes igual ou superior a IMES.

$$CE_{pre} \leftarrow \{op_j \in OP \mid f_{MSM}(op_j) \geq IMES\}$$

PASSO 2: PROCURAR SELECIONAR UM OPERADOR DE CADA CLASSE DE MUTAÇÃO

O conjunto CE_{pre} obtido com a aplicação do Passo 1, embora seja formado por operadores que determinem alto escore, pode não conter operador de alguma classe de mutação. Neste passo procura-se garantir que ao menos um operador de cada classe de mutação esteja presente em CE_{pre} . Assim, para cada classe de mutação CM_i que não estiver representada em CE_{pre} , procura-se selecionar o operador $op \in CM_i$ que determine o maior escore e não seja incluído empiricamente pelos operadores de CE_{pre} .

para i de 1 até n faça
 se $CM_i \cap CE_{pre} = \emptyset$ então
 se $\exists op_j \in CM_i \mid CE_{pre} \not\stackrel{ms}{\Rightarrow} * \{op_j\} \wedge f_{MSM}(op_j) \geq f_{MSM}(op_k), \forall op_k \in \{op \in CM_i \mid CE_{pre} \not\stackrel{ms}{\Rightarrow} * \{op\}\}$ então
 $CE_{pre} \leftarrow CE_{pre} \cup \{op_j\}$
 fim para

PASSO 3: AVALIAR INCLUSÃO EMPÍRICA ENTRE OPERADORES

Neste passo é realizada uma análise com respeito à relação de inclusão empírica entre os operadores de CE_{pre} e aqueles que forem incluídos empiricamente são selecionados para compor o conjunto de operadores candidatos a serem eliminados de CE_{pre} (*CandElim*). A partir de *CandElim* elimina-se o operador op que for mais incluído empiricamente pelos demais operadores de CE_{pre} , mesmo que este seja o único operador representativo de uma determinada classe de mutação CM_i .

Sempre que um operador é eliminado o conjunto *CandElim* deve ser gerado novamente. Este processo é repetido enquanto existirem operadores em CE_{pre} que sejam incluídos empiricamente pelos demais operadores de CE_{pre} .

```

CandElim ← {opj ∈ CEpre | (CEpre - {opj})ms ⇒* {opj}}
enquanto CandElim ≠ ∅ faça
    CEpre ← CEpre - {op} | op ∈ CandElim ∧ fMS(CEpre - {op}, {op}) ≥ fMS(CEpre - {opk}, {opk}),
    ∀ opk ∈ CandElim
    CandElim ← {opj ∈ CEpre | (CEpre - {opj})ms ⇒* {opj}}
fim enquanto
    
```

PASSO 4: ESTABELECEER UMA ESTRATÉGIA INCREMENTAL DE APLICAÇÃO

O objetivo deste passo é estabelecer uma estratégia incremental de aplicação entre os operadores de CE_{pre} . É importante ressaltar que a ordenação deve ser conforme as características específicas dos programas utilizados, ou mesmo de acordo com os tipos de erros que se deseja enfatizar, com base na eficácia dos operadores. Dentro de uma mesma classe de mutação os operadores devem ser ordenados segundo seu custo. Definida a ordem em que os operadores de CE_{pre} serão aplicadas, esta deve ser obedecida sempre que um operador for inserido no conjunto.

PASSO 5: SELECIONAR OPERADORES QUE PROPORCIONEM INCREMENTO NO ESCORE DE MUTAÇÃO

Neste passo procura-se adicionar a CE_{pre} x operadores de cada classe de mutação, desde que tais operadores proporcionem um incremento no escore igual ou superior a um índice de incremento mínimo (*IIM*) preestabelecido e que não sejam incluídos empiricamente pelos operadores de CE_{pre} . Para isso, a partir dos operadores com índice de incremento igual ou superior a *IIM*, são selecionados para fazer parte do conjunto de operadores candidatos a serem inseridos em CE_{pre} (*CandIns*) o operador *op* da classe CM_i que determine o melhor índice de incremento e demais operadores de CM_i , cujos índices de incremento encontrem-se na mesma faixa do índice de *op*. Dos operadores de *CandIns*, adiciona-se a CE_{pre} o operador de maior *strength* em relação a CE_{pre} . A inserção dos operadores em CE_{pre} é feita de forma intercalada, respeitando a ordem de classes estabelecida no Passo 4, até que x operadores de cada classe de mutação tenham sido adicionados a CE_{pre} ou quando não houver operadores com índice de incremento igual ou superior a *IIM*.

É importante ressaltar que a inserção de um operador em CE_{pre} faz com que o número de operadores que proporcionem índice de incremento igual ou superior a IIM diminua, garantindo, assim, o término deste passo.

```

cont_oper ← 1
enquanto cont_oper ≤ x faça
  para i de 1 até n faça
    CandIns ← {op ∈  $\overline{CE}_{pre} \cap CM_i$  |  $f_{INCR}(op, CE_{pre}) \geq IIM$ 
       $\wedge (\forall op_j \in \overline{CE}_{pre} \cap CM_i, f_{INCR}(op_j, CE_{pre}) \leq f_{INCR}(op, CE_{pre}))$ }
    se CandIns ≠ ∅ então
      CandIns ← CandIns ∪ { $\forall op_k \in \overline{CE}_{pre} \cap CM_i$  |
         $op_k \neq op \wedge f_{INCR}(op, CE_{pre}) - f_{INCR}(op_k, CE_{pre}) = 0$ }
       $CE_{pre} \leftarrow CE_{pre} \cup \{op\} \mid op \in CandIns \wedge CE_{pre} \not\stackrel{m}{\Rightarrow}^* \{op\} \wedge$ 
         $f_{STR}(\{op\}, CE_{pre}) \geq f_{STR}(\{op_j\}, CE_{pre}), \forall op_j \in CandIns$ 
    fim se
  fim para
  cont_oper ← cont_oper + 1
fim enquanto
  
```

PASSO 6: SELECIONAR OPERADORES DE ALTO STRENGTH

Este passo determina quais operadores de alto *strength* devem ser inseridos em CE_{pre} . Assim como para os operadores que determinam alto score, a seleção dos operadores de alto *strength* é feita a partir de um índice médio de *strength* (IMS) que pode ser dependente do conjunto de programas utilizados e, em geral, deve ser definido em função das características do domínio de aplicação.

Embora um operador op possa apresentar, em média, um alto *strength*, op pode ser incluído empiricamente por um ou mais operadores específicos. Se esses operadores específicos já fizerem parte de CE_{pre} , o operador op não é considerado de alto *strength* em relação a CE_{pre} .

Os operadores de $\overline{CE}_{pre}$ que apresentarem *strength*, em relação à Análise de Mutantes, igual ou superior a IMS e não forem incluídos empiricamente pelos operadores de CE_{pre} são selecionados para fazer parte do conjunto de operadores de alto *strength* (CAS). Dos operadores de CAS , adiciona-se a CE_{pre} o operador de maior *strength* em relação a CE_{pre} .

Sempre que um novo operador é adicionado a CE_{pre} , o conjunto CAS deve ser gerado

novamente. Este passo termina quando todos os operadores de alto *strength* que não são incluídos empiricamente por CE_{pre} tenham sido adicionados ao conjunto.

```

CAS ← {∀ opj ∈  $\overline{CE}_{pre}$  |  $f_{STRM}(op_j) \geq IMS \wedge CE_{pre} \stackrel{ms}{\nrightarrow}^* \{op_j\}$ }
enquanto CAS ≠ ∅ faça
    CEpre ← CEpre ∪ {op} | op ∈ CAS ∧  $f_{STR}(\{op\}, CE_{pre}) \geq f_{STR}(\{op_k\}, CE_{pre}), \forall op_k \in CAS$ 
    CAS ← {∀ opj ∈  $\overline{CE}_{pre}$  |  $f_{STRM}(op_j) \geq IMS \wedge CE_{pre} \stackrel{ms}{\nrightarrow}^* \{op_j\}$ }
fim enquanto
CE ← CEpre
    
```