

5 A Experimentação do Método ERi*c

Este capítulo apresenta três experimentos com o objetivo avaliar as aptidões do Método ERi*c. Na primeira seção apresentaremos a motivação para a experimentação, na segunda, resume-se o processo de experimentação adotado, e na terceira seção são desenvolvidos os experimentos. Na quarta seção faremos um resumo das conclusões obtidas com a experimentação.

5.1 A Motivação para a Experimentação

Segundo o trabalho “Introdução à Engenharia Experimental” [Travassos 02], para a Engenharia de Software existem quatro métodos relevantes para a condução de experimentos. São eles: (1) o método científico que retira um modelo do ambiente observado para definir o conjunto de propriedades a serem analisadas; (2) o método da engenharia que estuda as soluções já utilizadas e aplica uma suposta evolução na tentativa de encontrar uma vantagem adicional em relação às soluções iniciais; (3) o método analítico, ou matemático, que propõe uma teoria bem formalizada, obtém os resultados da aplicação da teoria e os compara aos resultados empíricos e (4) o método experimental que propõe e submete repetidamente o novo método a situações para observação do comportamento com o objetivo de comprovação e aprimoramento.

Travassos [Travassos 02] afirma que somente experimentos, como centro do processo científico, podem analisar novas teorias e, dessa maneira, indicar as correções cabíveis e explorar os fatores críticos dessa nova teoria. Travassos afirma ainda que novos métodos, técnicas e ferramentas em Engenharia de Software não deveriam ser publicados antes de experimentos, validações e comparações aos existentes. Complementando, Travassos ressalva que nenhum experimento pode levar a uma evidência absoluta e cita Basili [Basili 96], que apresenta com detalhes os propósitos e as vantagens da experimentação na Engenharia de Software.

Apesar de afirmar que experimentos nada provam e que não existe experimento que leve a uma evidência absoluta, Travassos acredita que a experimentação é a abordagem mais adequada para novos métodos na Engenharia de Software, pois ela aplica uma proposição e uma avaliação da teoria indicada através de estudos

experimentais. Dessa maneira, podemos concluir que o método experimental foi o mais indicado para aplicação nesta tese por reduzir o grau da incerteza através da verificação na prática da proposição teórica.

Nas próximas seções apresentaremos a aplicação dos procedimentos da experimentação, segundo o processo recomendado por Travassos et al. [Travassos 02] em “Introdução à Engenharia Experimental”. Detalharemos os objetivos a serem atingidos, as questões a serem respondidas e as métricas utilizadas, de acordo com o método GQM – "Goal, Question, Metric" [Basili 94]. Detalharemos ainda o planejamento do processo, e na seção final do capítulo apresentaremos a operacionalização do processo através dos questionários que o apoiaram.

5.2 Definição Sucinta do Processo de Experimentação

Para avaliar e validar o método Engenharia de Requisitos Intencional - ERi*c, foi aplicado o “Processo de Experimentação em Engenharia de Software”, obtido em [Mafra 06], definido por Wohlin et al. (2000) e estendido por Amaral (2003). A Figura 5.1 mostra que o Processo de Experimentação possui dois subprocessos, o Processo de Execução e o Processo de Empacotamento.

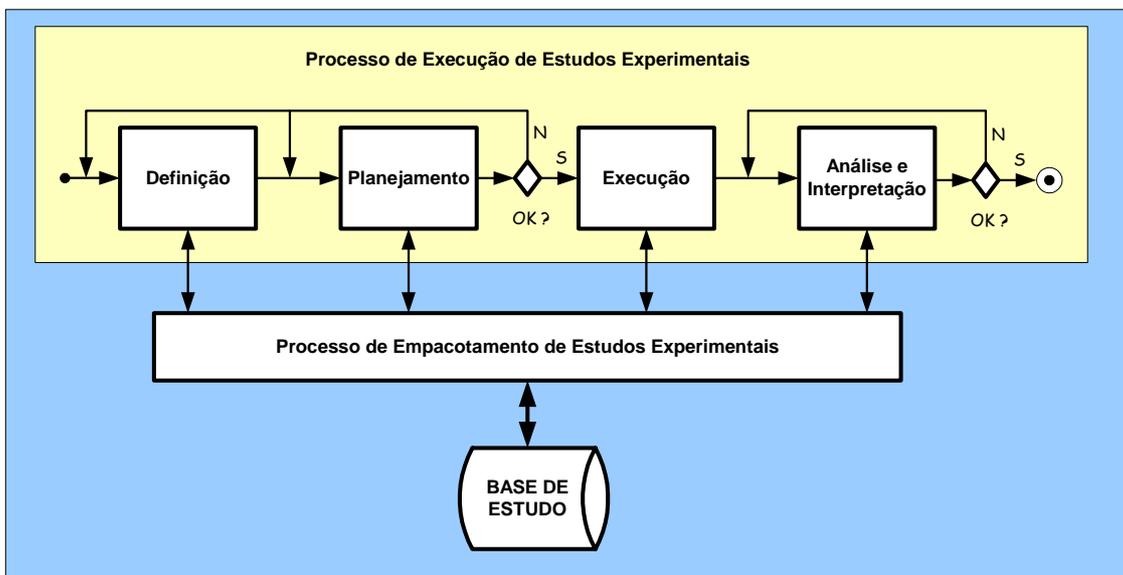


Figura 5.1 – Processo de Experimentação [Mafra 06] definido por Wohlin et al. (2000) e estendido por Amaral (2003)

Os objetivos das etapas do *Processo de Experimentação* da Figura 5.1 são apresentados a seguir. A *etapa de definição* vai expressar o experimento em termos de

objetivos e problemas; a *etapa de planejamento* vai determinar o projeto do experimento, definir a instrumentação a ser utilizada e analisar os aspectos de validação dos resultados. A *etapa de execução* vai cuidar da coleta dos dados do experimento. A etapa de *análise e interpretação* vai estudar detalhadamente os dados coletados. O processo possui dois pontos de controle. O primeiro analisa a necessidade de replanejar e o segundo avalia a efetividade da etapa de análise dos resultados. O *Processo de Empacotamento* organiza e guarda as informações a respeito do *Processo de Execução*.

5.3 Os Estudos da Experimentação

A motivação envolvida no processo de experimentação executado foi guiada pela idéia de avaliar se o Método ERi*c ajuda as competências (Quadro 5.1) do Engenheiro de Requisitos (ER). Como a tese ainda estava em elaboração no período das experimentações, foi possível usar o retorno da avaliação de potenciais usuários do método para melhorar os pontos fracos que necessitassem de maior atenção antes da conclusão da tese.

No quadro a seguir (Quadro 5.1) apresentamos as competências do ER que desejamos avaliar. Para a identificação dessas competências nós aplicamos parcialmente o método GQM – "Goal, Question, Metric" [Basili 94], detalhamos os objetivos a serem avaliados pelas hipóteses e os decomposmos em questões a serem respondidas.

Quadro 5.1 – Competências do Engenheiro de Requisitos a serem avaliadas

A). Com a utilização do i*, o ER é capaz de identificar os atores de uma organização.
B). Com a utilização do i*, o ER é capaz de identificar as dependências entre os atores.
C). Com a utilização do i*, o ER é capaz de identificar as oportunidades dos atores.
D). Com o i*, o ER é capaz de descobrir as metas concretas dos atores.
E). Com o i*, o ER é capaz de descobrir as metas flexíveis dos atores.
F). Com o i*, o ER é capaz de representar as metas concretas e as metas flexíveis dos atores.
G). Com o i*, o ER é capaz de identificar os agentes, as posições e os papéis dos atores.
H). O i* é capaz de representar nos modelos os agentes, as posições e os papéis dos atores.
I). O i* é capaz de analisar alternativas para a fase de desenho (design) do software.
J). O i* permite ao engenheiro de requisitos fazer modelos com níveis de detalhamento .
K). O i* permite ao engenheiro de requisitos fazer modelos de complexidade simples .
L). O i* permite, nos modelos SD e SR, construir blocos construtores .
M). O i* possui um guia para orientar o engenheiro de requisitos na elaboração dos modelos.

Para a avaliação das competências fornecidas, precisaríamos comparar o Método ERi*c ao **Framework i***, já que o Método ERi*c pretende suprir a lacuna da elicitação de metas ainda não equacionada pelos métodos GORE, inclusive pelo Framework i*. Pretende ainda contribuir para a redução dos problemas de escalabilidade do **Framework i*** relatados por Pastor et al. [Pastor 06] e por Estrada et al. [Estrada 06]. Conseqüentemente, seguindo o processo de experimentação de Mafra e Travassos [Mafra 06], eram esperadas duas experimentações para nossa etapa de planejamento. A primeira deveria avaliar a utilidade das competências atribuídas ao **Framework i*** e a adequação de sua definição do ponto de vista de engenheiros de requisitos em relação às competências de métodos já dominados, ou já ensinados, como Análise Essencial e Orientação a Objetos. A segunda experimentação deveria comparar as competências fornecidas pelo Método ERi*c às atribuídas pelo **Framework i***. Nosso planejamento inicial, no entanto, foi alterado, com a inclusão de mais uma experimentação. Influenciados pela necessidade do “pôster” [Oliveira 08b] aceito no CAISE 08, avaliamos separadamente se a estratégia de diagnósticos “i* Diagnoses”, com a definição adequada, trazia competências úteis em relação às etapas anteriores do próprio Método ERi*c.

Como descrito na próxima seção, o objetivo da experimentação foi único. No entanto, a experimentação foi desmembrada em três para que a avaliação dividida pudesse trazer, apesar do trabalho triplo, maior retorno de informação para a tese.

A experimentação seguiu as etapas definidas pelo processo de Mafra e Travassos [Mafra 06].

5.3.1 O Estudo das Competências do Método ERi*c e do Framework i*

1 – ETAPA DE DEFINIÇÃO

1.1 – Objetivo global:

O objetivo global da experimentação do método Engenharia de Requisitos Intencional - ERi*c é: **“Estabelecer as vantagens fornecidas pelo Método ERi*c em relação ao Framework i*, em termos de competências para a Engenharia de Requisitos de Sistemas Multi-Agentes, na elicitação, na modelagem e na análise dos requisitos”**.

1.2 – Objetivos da medição:

A medição tem como objetivos, guiados pelo processo, identificar:

- (i) Quais são as competências adquiridas?
- (ii) Quais são as competências consideradas úteis?
- (iii) Quais são as competências consideradas inúteis?
- (iv) Quais são as competências em potencial?

1.3 - Objetivos do estudo

Identificar se o método proposto. Engenharia de Requisitos Intencional - ERi*c, contribui para melhorar as “competências” atribuídas à Engenharia de Requisitos de Sistemas Multi-Agentes do ponto de vista dos engenheiros de requisitos.

1.4 – Questões e métricas:

Com a finalidade de aplicar a abordagem GQM [Basili 94] para a avaliação do objetivo global definido no parágrafo anterior 1.1, definiremos nos parágrafos a seguir os objetivos (Goals), as perguntas investigadas (Questions) e as métricas (Metrics) da abordagem.

GOAL: “Estabelecer as vantagens fornecidas pelo Método ERi*c em relação ao Framework i*, em termos de competências para a Engenharia de Requisitos de Sistemas Multi-Agentes”.

Q1: Quais competências são fornecidas pelo Método ERi*c e não fazem parte do Framework i*?

⇒ **Métrica:** Lista das competências fornecidas pelo Método ERi*c que não fazem parte do Framework i*.

Q2: Quais competências são fornecidas pelo Método ERi*c e são consideradas inúteis pelos engenheiros de requisitos?

⇒ **Métrica:** Lista das competências fornecidas pelo Método ERi*c que são consideradas inúteis pelos engenheiros de requisitos.

Q3: Quais competências, fornecidas pelo Método ERi*c, e que fazem parte do Framework i*, são consideradas úteis pelos engenheiros de requisitos, e devem ter seu detalhamento modificado?

⇒ **Métrica:** Lista das competências fornecidas pelo Método ERI*c que fazem parte do Framework i*, são consideradas úteis pelos engenheiros de requisitos e devem ter seu detalhamento modificado.

Q4: Quais competências, fornecidas pelo Método ERI*c, não fazem parte do Framework i*, mas são consideradas úteis pelos engenheiros de requisitos?

⇒ **Métrica:** Lista das competências fornecidas pelo Método ERI*c que não fazem parte do Framework i*, mas que são consideradas úteis pelos engenheiros de requisitos.

2 – ETAPA DE PLANEJAMENTO

2.1 – Definição das hipóteses:

A HIPÓTESE, para acompanhar o desmembramento da experimentação, teve que ser também desmembrada e, assim, enunciada separadamente para cada estudo executado. A INSTRUMENTAÇÃO e a SELEÇÃO DO CONTEXTO dos experimentos foram definidas apenas uma vez porque não sofreram mudança. Por outro lado, a DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS dos experimentos precisou ser redefinida para cada um dos experimentos.

2.1.1 – Definição das hipóteses para a experimentação 1

Hipótese nula (H₀): As competências fornecidas pelo método Framework i* são equivalentes às competências anteriormente assimiladas.

C1 - conjunto de competências fornecidas pelo Framework i*

C0 - conjunto de competências anteriormente assimiladas

H₀: $C1 - (C1 \cap C0) = \emptyset$

Significa que não há competências fornecidas pelo Framework i* que não fazem parte das competências anteriormente assimiladas.

Hipótese alternativa (H₁): As competências fornecidas pelo método Framework i* não são equivalentes às competências anteriormente assimiladas.

C1 - conjunto de competências fornecidas pelo Framework i*

C0 - conjunto de competências anteriormente assimiladas

$$H_1: C1 - (C1 \cap C0) \neq \emptyset$$

Significa que há competências fornecidas pelo Framework i^* que não fazem parte das competências anteriormente assimiladas.

Hipótese alternativa (H_2): Na lista das competências fornecidas pelo Framework i^* , há competências consideradas úteis pelos engenheiros de requisitos e cujo detalhamento no material de treinamento deve ser modificado.

C_x - conjunto de competências fornecidas pelo Framework i^* que são consideradas úteis pelos engenheiros de requisitos.

C_y - conjunto de competências fornecidas pelo Framework i^* consideradas úteis pelos engenheiros de requisitos e cujo detalhamento não precisa ser modificado.

$$H_2: C_x - (C_x \cap C_y) \neq \emptyset$$

Significa que há competências fornecidas pelo Framework i^* que são consideradas úteis pelos engenheiros de requisitos e devem ter seu detalhamento modificado.

2.1.2 – Definição das hipóteses para a experimentação 2

Hipótese nula (H_0): As competências fornecidas pelo Método ERi^*c são equivalentes àquelas fornecidas pelo Framework i^* .

$C1$ - conjunto de competências fornecidas pelo Método ERi^*c

$C0$ - conjunto de competências fornecidas pelo Framework i^*

$$H_0: C1 - (C1 \cap C0) = \emptyset$$

Significa que não há competências fornecidas pelo Método ERi^*c que não fazem parte do Framework i^* .

Hipótese alternativa (H_1): As competências fornecidas pelo Método ERi^*c não são equivalentes às competências fornecidas pelo Framework i^* .

$C1$ - conjunto de competências fornecidas pelo Método ERi^*c

$C0$ - conjunto de competências fornecidas pelo Framework i^*

$$H_1: C1 - (C1 \cap C0) \neq \emptyset$$

Significa que há competências fornecidas pelo Método ERi*c que não fazem parte das competências fornecidas pelo Framework i*.

Hipótese alternativa (H₂): Na lista das competências fornecidas pelo Método ERi*c que não fazem parte daquelas fornecidas pelo Framework i*, há competências consideradas úteis pelos engenheiros de requisitos e cujo detalhamento no material de treinamento deve ser modificado.

C_x - conjunto de competências fornecidas pelo Método ERi*c que não fazem parte das competências fornecidas pelo Framework i*.

C_y - conjunto de competências fornecidas pelo Método ERi*c consideradas úteis pelos engenheiros de requisitos e cujo detalhamento não deve ser modificado.

$$H_2: C_x - (C_x \cap C_y) \neq \emptyset$$

Significa que há competências fornecidas pelo Método ERi*c que não fazem parte do Framework i*, mas são consideradas úteis pelos engenheiros de requisitos, e devem ter seu detalhamento modificado.

OBS: Cabe ressaltar que essa avaliação considera o Método ERi*c sem a etapa de diagnósticos já que a mesma não tinha sido apresentada aos participantes no treinamento do Método ERi*c.

2.2 – Descrição da instrumentação

Em cada experimento estudado e para cada competência fornecida, foram oferecidas as escolhas definidas pelo Quadro 5.2:

Quadro 5.2 – As opções sugeridas para as competências

PRESENÇA (P)	UTILIDADE (U)	ADEQUAÇÃO (A)
1. Não é oferecida e não gostaria de receber.	1. Não é útil.	1. O detalhamento deve ser aumentado.
2. Não é oferecida, mas gostaria de receber.	2. Provavelmente útil, mas ainda não apliquei.	2. O detalhamento não precisa ser modificado.
3. Oferecida parcialmente.	3. É útil e já apliquei.	3. O detalhamento deve ser diminuído.
4. Oferecida.		

Para cada competência, em cada experimento, foi aplicado o teste estatístico qui-quadrado para definir:

- **se a competência pode ser considerada oferecida;**
- **se a competência pode ser considerada útil;**
- **se a competência pode ser considerada como não necessitando de detalhamento.**

Resultado: N competências com valores (P; U; A), em que:

P – PRESENÇA {0 → não oferecida; 1 → oferecida}

U – UTILIDADE {0 → inútil; 1 → útil}

A – ADEQUAÇÃO {0 → sem modificação; 1 → com modificação}

A tabela de decisão abaixo ilustra a cobertura de todas as possibilidades. Número de casos de respostas é 8 (2 x 2 x 2).

N	P	U	A	Descrição da Competência
1	0	0	0	Não oferecida, inútil, sem modificação.
2	0	0	1	Não oferecida, inútil, com modificação.
3	0	1	0	Não oferecida, útil, sem modificação.
4	0	1	1	Não oferecida, útil, com modificação.
5	1	0	0	Oferecida, inútil, sem modificação.
6	1	0	1	Oferecida, inútil, com modificação.
7	1	1	0	Oferecida, útil, sem modificação.
8	1	1	1	Oferecida, útil, com modificação.

2.3 – Seleção do contexto:

O contexto é caracterizado por quatro dimensões:

- **o processo:** on-line ou off-line;
- **os participantes:** alunos ou profissionais;
- **a realidade:** problema real ou modelado;
- **generalidade:** específico ou geral.

Nosso estudo teve o processo **on-line** porque os participantes responderam ao questionário da entrevista ainda durante o período do curso na universidade, no transcurso da experimentação. Todos os participantes foram **alunos**. O estudo é considerado **modelado** porque os alunos aplicaram os métodos em um problema de uma empresa de seguros fictícia. A dimensão de generalidade é considerada específica, pois

a experimentação ocorreu sobre o contexto **específico** de uma modelagem de sistema orientado a metas.

2.4 – Seleção dos participantes:

Como participantes da experimentação, tivemos alunos da graduação da UERJ e alunos da graduação da PUC-Rio da área de Engenharia de Software. Os alunos foram consultados e avisados que se tratava de uma experimentação científica. Somente aqueles que concordaram em participar do experimento foram incluídos na pesquisa.

No primeiro experimento, participaram alunos de duas turmas da UERJ e de uma turma da PUC-Rio. Não houve distinção de a qual turma o aluno pertencia, foram todos considerados um único grupo de participantes. No segundo e terceiro experimentos, participaram exclusivamente alunos de uma turma da UERJ, e somente a esta turma foi ensinado o Método ERi*c.

2.5 – Definição das variáveis

2.5.1 – Definição das variáveis para a experimentação 1:

As **variáveis independentes** se referem à entrada da experimentação, são elas:

- a lista das competências fornecidas pelo Framework i*.

As **variáveis dependentes** se referem à saída da experimentação, são elas:

- o grau da similaridade entre as competências fornecidas pelo Framework i* e as competências anteriormente assimiladas;
- o grau da utilidade das competências fornecidas pelo Framework i* e das competências anteriormente assimiladas;
- o grau de adequação das competências fornecidas pelo Framework i*.

2.5.2 – Definição das variáveis para a experimentação 2:

As **variáveis independentes** se referem à entrada da experimentação, são elas:

- a lista das competências fornecidas pelo Método ERi*c.

As **variáveis dependentes** se referem à saída da experimentação, são elas:

- o grau da similaridade entre as competências fornecidas pelo Método ERi*c e as atribuídas ao Framework i*;
- o grau da utilidade das competências fornecidas pelo Método ERi*c e das competências atribuídas ao Framework i*.

- o grau de adequação das competências fornecidas pelo Método ERi*c.

3 – ETAPAS DE EXECUÇÃO E DE ANÁLISE

Os experimentos foram executados em seqüência, ocorrendo em períodos distintos. Todos os treinamentos foram idênticos, ministrados pelo mesmo professor, com o mesmo material didático e mesma carga horária.

O treinamento do Framework i* para as duas turmas da UERJ ocorreu na última semana do primeiro mês do período letivo, e para a turma da PUC-Rio, na primeira semana do segundo mês do período letivo. O segundo experimento aconteceu na última semana do terceiro mês do período letivo, e o terceiro experimento ocorreu na última semana do período letivo.

Para cada experimentação houve um questionário específico conforme apresentado nas seções seguintes.

Apesar de a análise estatística das informações não ter acontecido imediatamente após o recebimento das respostas, o resultado de cada experimentação foi assim considerado, de modo a facilitar o entendimento dos resultados obtidos.

=====

3.1 – Operacionalização e análise da experimentação 1

O Estudo das Competências do Framework i*

3.1.1 - Questionários das Competências e do Perfil do Participante

O questionário da experimentação (Quadro 5.3) foi deslocado para o início da página seguinte por ocupar exatamente duas páginas, e desse modo, o questionário fica sem quebra de continuidade na apresentação.

Quadro 5.3– O Questionário da Experimentação do Framework i*

AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO FRAMEWORK I*

CASO DA SEGURADORA IMPERIAL

Questionamento de Competências

Sob o ponto de vista da elaboração dos modelos do SD e SR do Framework i*, por favor avalie e marque as colunas correspondentes do quadro, segundo as escalas fornecidas pela tabela sobre a presença, a utilidade e a adequação quanto ao detalhamento e ao conteúdo que lhe foi apresentado durante o curso, das competências percebidas e adquiridas em relação às suas competências antes da realização do treinamento sobre o Framework i*.

Descrição do Conteúdo das Competências:

	COMPETÊNCIA	DESCRIÇÃO
A	Identificação de atores	Com a utilização do i*, você é capaz de identificar os atores de uma organização.
B	Identificação de dependências	Com a utilização do i*, você é capaz de identificar as dependências dos atores de uma organização.
C	Identificação de oportunidades	Com a utilização do i*, você é capaz de identificar as oportunidades dos atores de uma organização.
D	Elicitação de metas concretas	O i* é capaz de descobrir as metas concretas dos atores de uma organização.
E	Elicitação de metas flexíveis	O i* é capaz de descobrir as metas flexíveis dos atores de uma organização.
F	Representação de metas	O i* é capaz de representar as metas concretas e as metas flexíveis dos atores.
G	Identificação de agentes, posições e papéis	O i* é capaz de identificar os agentes, as posições e os papéis dos atores.
H	Representação de agentes, posições e papéis	O i* é capaz de representar nos modelos os agentes, as posições e os papéis dos atores.
I	Análise de variabilidades	O i* é capaz de analisar alternativas para a fase de desenho (design) do software.
J	Níveis de detalhamento	O i* permite ao engenheiro de requisitos fazer modelos com níveis de detalhamento .
K	Simplificação da complexidade	O i* permite ao engenheiro de requisitos fazer modelos de complexidade simples .
L	Utilização de blocos construtores	O i* permite, nos modelos SD e SR, construir blocos construtores .
M	Guia para elaboração dos modelos	O i* possui um guia para orientar o engenheiro de requisitos na elaboração dos modelos.

PRESENÇA (P)	UTILIDADE (U)	ADEQUAÇÃO (A)
1. Não é oferecida e não gostaria de receber. 2. Não é oferecida, mas gostaria de receber. 3. Oferecida parcialmente. 4. Oferecida.	1. Não é útil. 2. Provavelmente útil, mas ainda não apliquei. 3. É útil e já apliquei.	1. O detalhamento deve ser aumentado. 2. O detalhamento não precisa ser modificado. 3. O detalhamento deve ser diminuído.

Tabela de escalas das competências.

Quadro questionário:

Competência	Presença				Utilidade			Adequação			
	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	
A Identificação de atores											
B Identificação de dependências											
C Identificação de oportunidades											
D Elicitação de metas concretas											
E Elicitação de metas flexíveis											
F Representação das metas											
G Identificação de agentes, papéis e posições											
H Representação de agentes, papéis e posições											
I Análise de variabilidades											
J Níveis de detalhamento											
K Simplificação da complexidade											
L Utilização de blocos construtores											
M Guia para elaboração dos modelos											

Quanto tempo de experiência profissional você possui?

() Menos de 6 meses	() 6 meses a 2 anos	() 2 a 4 anos	() Mais de 4 anos
-------------------------	-------------------------	-------------------	-----------------------

- Qual foi a quantidade total de horas despendidas no aprendizado do i*? ____ horas
- Qual foi a quantidade total de horas investidas no trabalho? (esforço): ____ horas
- Como você classifica o material e o treinamento recebidos?
 muito insuficiente - adequado - mais que suficiente
- Como você classifica a dificuldade do trabalho recebido?
 pequena - média - grande

3.1.2 – Resultados do Estudo

A seguir (Quadro 5.4), os resultados dos questionários sem tratamento estatístico. Foram recebidas 17 respostas de participantes para a experimentação 1.

Quadro 5.4 – Os Resultados do Questionário da Experimentação 1

Competência		Presença				Utilidade			Adequação		
		1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
A	Identificação de atores			3	14		5	12	4	13	
B	Identificação de dependências			9	8		7	10	6	9	2
C	Identificação de oportunidades		6	11			15	2	13	4	
D	Elicitação de metas concretas			9	8		6	11	9	7	1
E	Elicitação de metas flexíveis		1	4	12		7	10	10	7	
F	Representação das metas			5	12		6	11	5	12	
G	Identificação de agentes, papéis e posições		1	5	11		7	10	9	8	
H	Representação de agentes, papéis e posições			7	10		11	6	11	6	
I	Análise de variabilidades		9	6	2		14	3	12	5	
J	Níveis de detalhamento		7	4	6		11	6	10	7	
K	Simplificação da complexidade		5	5	7		12	5	7	10	
L	Utilização de blocos construtores		10	3	4		16	1	11	6	
M	Guia para elaboração dos modelos		2	11	4		8	9	11	6	

Conforme assinalado no quadro anterior, podemos classificar as perguntas em três grupos de interesse: **P: presença**; **U: utilidade** e **A: adequação do detalhamento**. No Quadro 5.5, as respostas foram agrupadas seguindo os critérios abaixo.

- **P** – [competência presente: competência não-presente]
no item presença da competência, foi considerado o seguinte agrupamento: não-presente → 1. Não é oferecida e não gostaria de receber e 2. Não é oferecida, mas gostaria de receber.
- **U** – [competência útil: competência inútil]
no item utilidade da competência, foi considerado o seguinte agrupamento: inútil → 2. Provavelmente útil, mas ainda não apliquei e 3. É útil e já apliquei.
- **A** – [detalhamento adequado: detalhamento inadequado]
no item detalhamento da competência, foi considerado:
adequado → 2. O detalhamento não precisa ser modificado e 3. O detalhamento deve ser diminuído.

Quadro 5.5– Resumo dos Resultados do Questionário da Experimentação 1

Competência		P	U	A
A	Identificação de atores	3:14	0:17	4:13
B	Identificação de dependências	9:8	0:17	6:11
C	Identificação de oportunidades	17:0	0:17	13:4
D	Elicitação de metas concretas	9:8	0:17	9:8
E	Elicitação de metas flexíveis	5:12	0:17	10:7
F	Representação das metas	5:12	0:17	5:12
G	Identificação de agentes, papéis e posições	6:11	0:17	9:8
H	Representação de agentes, papéis e posições	7:10	0:17	11:6
I	Análise de variabilidades	15:2	0:17	12:5
J	Níveis de detalhamento	11:6	0:17	10:7
K	Simplificação da complexidade	10:7	0:17	7:10
L	Utilização de blocos construtores	13:4	0:17	11:6
M	Guia para elaboração dos modelos	13:4	0:17	11:6

Uma análise superficial das respostas do Quadro 5.5, que agrupa as respostas como **n=negativa** : **p=positiva**, nos permite verificar os seguintes problemas:

- Seis competências [C], [I], [J], [K], [L] e [M] tiveram claramente o reconhecimento da presença “P” contestado pelos participantes. Uma sinalização importante para essas competências foi o reconhecimento unânime de sua utilidade pelos entrevistados, apesar de as mesmas não terem a presença reconhecida pela maioria.
- O atributo “A” adequação, que aborda o detalhamento de como as competências são tratadas pelo Framework i*, mostra que as respostas não possuem predominância positiva ou negativa. Duas possibilidades: o treinamento foi insuficiente ou o Framework i* não fornece detalhes para as competências de interesse.
- Ainda para as competências [I] e [L], o atributo “A” mostra que o número de participantes que reclamaram do detalhamento é maior que o número de participantes que reconheceram a presença “P” da competência. A análise das respostas também pode indicar que as perguntas foram mal formuladas ou mal explicadas, pois as respostas ficaram sem sentido. São os casos das competências: [I] *Análise de variabilidades* e [L] *Utilização de blocos construtores*.

O Quadro 5.6 apresenta o resumo do perfil dos 17 participantes da experimentação.

A coluna “Tempo de aprendizado” mostra que o treinamento de 4 horas, três aulas de aproximadamente 80 minutos, foi considerado insuficiente pelos participantes. A maioria precisou de pelo menos mais 3 horas estudando o material fornecido. Os valores inferiores a 4 horas indicam que o aluno não compareceu ao treinamento completo.

Quadro 5.6 – Resumo do Perfil dos Participantes da Experimentação 1

Número do participante	Experiência (anos)			Tempo de aprendizado (horas)	Esforço do trabalho (horas)	Qualidade do treinamento			Dificuldade do trabalho		
	≤ 2	≤ 4	≥ 4			I	a	m	p	m	g
1.	X			6	6	X				X	
2.	X			6	20		X				X
3.			X	8	10	X					X
4.	X			6	18		X			X	
5.	X			3	8		X				X
6.	X			5	20		X			X	
7.		X		8	16	X					X
8.	X			4	5	X					X
9.	X			15	15	X					X
10.	X			3	6		X				X
11.	X			6	8	X				X	
12.	X			6	15		X				X
13.		X		8	12		X			X	
14.	X			4	8		X				X
15.	X			6	14		X			X	
16.		X		8	13	X					X
17.	X			12	12	X					X

A coluna “Esforço do trabalho” mostra o tempo despendido por cada indivíduo no trabalho e “Qualidade do treinamento” indica como o treinamento foi avaliado: i = insuficiente, a = adequado e m = mais que suficiente.

A coluna “Dificuldade do trabalho” apresenta a opinião dos entrevistados em relação à dificuldade encontrada: p = pequena, m = média e g = grande.

3.1.3 – Análise e Interpretação dos Resultados da Experimentação 1

3.1.3.1 – Validação dos Dados da Experimentação 1

Não foram observadas respostas não-válidas, que estariam erradas do ponto de vista dos valores lógicos válidos. Por exemplo, a resposta concomitante de negação da presença de alguma competência com a negação da utilidade da competência, em conjunto com a indicação da necessidade de modificação da competência, não ocorreu.

3.1.3.2 – Estatística Descritiva da Experimentação 1

Medidas de tendência central (Figura 5.2) são as medidas aplicáveis por se tratar de um experimento que considerou valores binários para os itens estudados:

- Mediana → elemento que ocupa a posição central quando o conjunto fica ordenado de forma crescente ou decrescente.
- Moda → elemento com maior frequência na distribuição.

Presença

	Competências												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Mediana	4	3	3	3	4	4	4	4	2	3	3	2	3
Moda	4	3	3	3	4	4	4	4	2	2	4	2	3

Utilidade

	Competências												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Mediana	3	3	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3
Moda	3	3	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3

Adequação

	Competências												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Mediana	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1
Moda	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1

Figura 5.2 - Medidas de tendência do experimento 1

3.1.3.3– Aplicação do teste estatístico

Para cada competência foi aplicado o teste qui-quadrado para definir:

- se a competência pode ser considerada fornecida;
- se a competência pode ser considerada útil;
- se a competência pode ser considerada como não necessitando de detalhamento.

A pergunta a ser respondida pelo teste qui-quadrado é a seguinte: A partir de que valores, negativos e positivos, os resultados podem ser considerados ideais para a distribuição com probabilidade α (nível de significância) de erro?

A matriz abaixo apresenta o comportamento fictício para p respostas positivas e n respostas negativas enquanto a distribuição ideal aconteceria sem a ocorrência de qualquer resposta negativa.

DISTRIBUIÇÃO	RESPOSTA		TOTAL
	positiva	Negativa	
IDEAL	17	0	17
REAL	P	N	17
TOTAL	17+p	N	34

Determinação do grau de liberdade (d. f.):

Grau de liberdade representa o número de variáveis independentes que faz parte do estudo. Como os dois grupos ou as duas variáveis em estudo (o ideal e o real) são independentes, o grau de liberdade (d. f.) é 2 (dois).

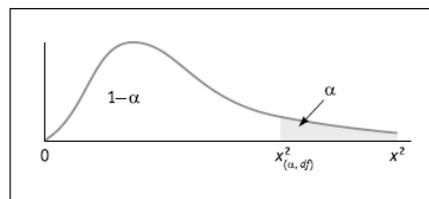


Tabela 3		Distribuição do qui-quadrado										
Graus de liberdade	Áreas do lado superior (α)											
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,90	0,75	0,25	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
1			0,001	0,004	0,016	0,102	1,323	2,706	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	0,211	0,575	2,773	4,605	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	0,584	1,213	4,108	6,251	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	1,064	1,923	5,385	7,779	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	1,610	2,675	6,626	9,236	11,071	12,833	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	2,204	3,455	7,841	10,645	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	2,833	4,255	9,037	12,017	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	3,490	5,071	10,219	13,362	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	4,168	5,899	11,389	14,684	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	4,865	6,737	12,549	15,987	18,307	20,483	23,209	25,188

Figura 5.3 – Tabela da distribuição do qui-quadrado (parte)

Para o nível de significância de 0,05, que representa a probabilidade de aceitar a hipótese nula (H_0) quando ela é falsa, obtemos da tabela de valores críticos de qui-quadrado (Figura 5.3) [Box 78] o valor crítico = (d.f. = 2, α = 0,05) = **5,991**.

3.1.3.4– Memória de Cálculo dos Valores do qui-quadrado

A matriz abaixo é a ilustração da matriz com que iremos trabalhar, em que o_{ij} são as freqüências obtidas nas respostas do questionário, e_{ij} são as freqüências esperadas e o_{it} é o total na linha i .

DISTRIBUIÇÃO	RESPOSTA				TOTAL
	positiva		Negativa		
IDEAL	o_{11}	e_{11}	o_{12}	e_{12}	o_{1t}
REAL	o_{21}	e_{21}	o_{22}	e_{22}	o_{2t}
TOTAL	o_{t1}		o_{t2}		T

Freqüências esperadas: $e_{ij} = (\text{total da linha } i \times \text{total da coluna } j) / T$.

Cálculo aplicando o qui-quadrado para a observação (5:12)

DISTRIBUIÇÃO	RESPOSTA				TOTAL
	positiva		Negativa		
IDEAL	17	e_{11}	0	e_{12}	17
REAL	12	e_{21}	5	e_{22}	17
TOTAL	29		5		34

$$e_{11} = (29 \times 17) / 34 = 14,5$$

$$e_{12} = (5 \times 17) / 34 = 2,5$$

$$e_{21} = (29 \times 12) / 34 = 10,29$$

$$e_{22} = (5 \times 12) / 34 = 1,71$$

$$\text{qui-quadrado} = \sum (o_{ij} - e_{ij})^2 / e_{ij} =$$

$$= (17 - 14,5)^2 / 14,5 + (12 - 10,29)^2 / 10,29 + (0 - 1,71)^2 / 1,71 + (5 - 1,71)^2 / 1,71 =$$

$$= 0,43 + 0,43 + 2,5 + 2,5 = \underline{\underline{5,86}}$$

Como o valor calculado (5:12) **5,86** é menor que o valor crítico, **5,99** $\rightarrow H_0$ não pode ser rejeitada, O que significa que a competência fornecida pelo Framework i^* não é equivalente à competência anteriormente assimilada.

Para qualquer observação ($n:p$) com vantagem superior à calculada anteriormente (5:12), ou seja, com maior número de respostas positivas p e conseqüentemente menor número de respostas negativas n , podemos, sem calcular, concluir que aquelas observações também não podem rejeitar a hipótese nula, porque todas certamente têm o valor do qui-quadrado calculado ainda menor que o valor crítico. São elas: (4:13), (3:14), (2:15), (1:16) e (0:17).

Para comprovar que o valor receberia um acréscimo, e para aplicar o qui-quadrado com uma fórmula simplificada, fizemos o cálculo para a observação (6:11), a qual é menos favorável que a observação (5:12):

Usando a fórmula simplificada abaixo:

$$\text{Qui-quadrado} = [(o_{11} \times o_{22}) - (o_{12} \times o_{21})]^2 \times T / (o_{.1} \times o_{.2} \times o_{1.} \times o_{2.})$$

$$\text{Qui-quadrado} = ((17 \times 6) - (11 \times 0))^2 \times 34 / (28 \times 6 \times 17 \times 17) = \underline{7,28}$$

Distribuição	(- 7 : + 10)	(- 6 : + 11)	(- 5 : + 12)	(- 4 : + 13)	(- 3 : + 14)
Valor qui-2		7,28	5,86		

$$\text{Valor crítico} = \underline{5,99}$$

3.1.3.5– Análise dos Resultados da Experimentação

O objetivo da aplicação do teste qui-quadrado é comparar a distribuição das respostas dos participantes a uma distribuição ideal. A distribuição ideal é aquela que não recebe respostas negativas. Ou seja, a competência é recebida, é útil e não precisa de alteração no detalhamento. Essa distribuição ideal tem o comportamento representado pela expressão: {1, 1, 0}

Para nosso estudo consideramos o Framework i^* como ideal e a comparação é feita com o real, que no caso, são as competências consideradas antes do treinamento do i^* .

As lacunas do quadro a seguir (Quadro 5.8) foram preenchidas com o valor “1” quando o resultado da aplicação do teste qui-quadrado não pudesse rejeitar a hipótese nula e com “0” no caso contrário.

Quadro 5.7 – Consolidação do Teste Qui-quadrado da Experimentação 1

	Competências												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Presença	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Utilidade	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adequação	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Dentre as 13 competências investigadas, observamos que 3 estão reconhecidamente presentes no Framework i*, são elas: A, E e F. Todas as 3 competências foram consideradas úteis e 2 delas tiveram o detalhamento da competência considerado adequado pelo experimento, são elas: A e F.

Como nosso objetivo no estudo da experimentação é avaliar se o Método ERi*c promove vantagens de competências em relação ao Framework i* deixamos as análises quantitativas e qualitativas para depois da aplicação do experimento 2.

=====

3.2 – Operacionalização e análise da experimentação 2

O Estudo das Competências do Método ERi*c

3.2.1 - Questionários das Competências e do Perfil do Participante

O questionário da experimentação (Quadro 5.7) foi deslocado para o início da página seguinte por ocupar exatamente duas páginas, e desse modo, o questionário fica sem quebra de continuidade na apresentação.

Quadro 5.8 – O Questionário da Experimentação do Método ERi*c

AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO MÉTODO ERI*c

CASO DA SEGURADORA IMPERIAL

Questionamento das Competências

Sob o ponto de vista da elaboração dos modelos do Método ERI*c, por favor avalie e marque as colunas correspondentes do quadro, segundo as escalas fornecidas pela tabela sobre a presença, a utilidade e a adequação quanto ao detalhamento e ao conteúdo que lhe foi apresentado durante o curso, das competências percebidas e adquiridas em relação às suas competências antes da realização do treinamento.

Descrição do Conteúdo das Competências:

	COMPETÊNCIA	DESCRIÇÃO
A	Identificação de atores	Com a utilização do Método ERI*c, você é capaz de identificar os atores de uma organização.
B	Identificação de dependências	Com a utilização do Método ERI*c, você é capaz de identificar as dependências dos atores.
C	Identificação de oportunidades	Com a utilização do Método ERI*c, você é capaz de identificar as oportunidades dos atores.
D	Elicitação de metas concretas	O Método ERI*c é capaz de descobrir as metas concretas dos atores de uma organização.
E	Elicitação de metas flexíveis	O Método ERI*c é capaz de descobrir as metas flexíveis dos atores de uma organização.
F	Representação de metas	O Método ERI*c é capaz de representar as metas concretas e as metas flexíveis dos atores.
G	Identificação de agentes, posições e papéis	O Método ERI*c é capaz de identificar os agentes, as posições e os papéis dos atores.
H	Representação de agentes, posições e papéis	O Método ERI*c é capaz de representar os agentes, as posições e os papéis dos atores.
I	Análise de variabilidades	O Método ERI*c é capaz de analisar alternativas do software.
J	Níveis de detalhamento	O Método ERI*c permite ao engenheiro de requisitos fazer modelos com níveis de detalhamento .
K	Simplificação da complexidade	O Método ERI*c permite ao engenheiro de requisitos fazer modelos de complexidade simples .
L	Utilização de blocos construtores	O Método ERI*c permite nos modelos SD e SR construir blocos construtores .
M	Guia para elaboração dos modelos	O Método ERI*c possui um guia para orientar o engenheiro de requisitos na elaboração dos modelos.

PRESENÇA (P)	UTILIDADE (U)	ADEQUAÇÃO (A)
1. Não é oferecida e não gostaria de receber. 2. Não é oferecida, mas gostaria de receber. 3. Oferecida parcialmente. 4. Oferecida.	1. Não é útil. 2. Provavelmente útil, mas ainda não apliquei. 3. É útil e já apliquei.	1. O detalhamento deve ser aumentado. 2. O detalhamento não precisa ser modificado. 3. O detalhamento deve ser diminuído.

Tabela de escalas das competências.

Quadro questionário:

Competência	Presença				Utilidade			Adequação		
	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
A Identificação de atores										
B Identificação de dependências										
C Identificação de oportunidades										
D Elicitação de metas concretas										
E Elicitação de metas flexíveis										
F Representação das metas										
G Identificação de agentes, papéis e posições										
H Representação de agentes, papéis e posições										
I Análise de variabilidades										
J Níveis de detalhamento										
K Simplificação da complexidade										
L Utilização de blocos construtores										
M Guia para elaboração dos modelos										

Quanto tempo de experiência profissional você possui?

() Menos de 6 meses	() 6 meses a 2 anos	() 2 a 4 anos	() Mais de 4 anos
-------------------------	-------------------------	-------------------	-----------------------

- Qual foi a quantidade total de horas de aprendizado do Método ERi*c ? ___ horas
- Qual foi a quantidade total de horas investidas no trabalho? (esforço): ___ horas
- Como você classifica o material e o treinamento recebidos?
 () insuficiente - () adequado - () mais que suficiente
- Como você classifica a dificuldade do trabalho recebido?
 () pequena - () média - () grande

3.2.2 – Resultados do Estudo

A seguir (Quadro 5.9), são apresentados os resultados do questionário. Foram recebidas 9 respostas dos participantes da experimentação 2.

Quadro 5.9 – Os Resultados do Questionário da Experimentação 2

Competência		Presença				Utilidade			Adequação		
		1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
A	Identificação de atores			1	8		2	7	1	8	
B	Identificação de dependências			4	5		3	6	2	7	
C	Identificação de oportunidades		3	6		2	3	4	7	2	
D	Elicitação de metas concretas				9			9	2	7	
E	Elicitação de metas flexíveis			3	6		2	7	3	6	
F	Representação das metas			1	8			9	3	6	
G	Identificação de agentes, papéis e posições		3	4	2	1	5	3	8	1	
H	Representação de agentes, papéis e posições			3	6		7	2	4	5	
I	Análise de variabilidades		2	4	3	5	2	2	9		
J	Níveis de detalhamento			6	3		2	7	3	6	
K	Simplificação da complexidade			3	6	3	1	5	3	6	
L	Utilização de blocos construtores		5	2	2		8	1	4	5	
M	Guia para elaboração dos modelos		1	5	3		3	6	7	2	

Quadro 5.10– Resumo dos Resultados Questionário da Experimentação 2

Competência		P	U	A
A	Identificação de atores	1:8	0:9	1:8
B	Identificação de dependências	4:5	0:9	2:7
C	Identificação de oportunidades	9:0	2:7	7:2
D	Elicitação de metas concretas	0:9	0:9	2:7
E	Elicitação de metas flexíveis	3:6	0:9	3:6
F	Representação das metas	1:8	0:9	3:6
G	Identificação de agentes, papéis e posições	7:2	1:8	8:1
H	Representação de agentes, papéis e posições	3:6	0:9	4:5
I	Análise de variabilidades	6:3	5:4	9:0
J	Níveis de detalhamento	6:3	0:9	3:6
K	Simplificação da complexidade	3:6	3:6	3:6
L	Utilização de blocos construtores	7:2	0:9	4:5
M	Guia para elaboração dos modelos	6:3	0:9	7:2

Uma análise superficial das respostas, antes da análise estatística (Quadro 5.10), nos permite verificar pontos que deveriam ser melhorados no Método ERi*c e, por isso, demandaram alterações no detalhamento das heurísticas no método.

Outras respostas também chamaram a nossa atenção:

- A maioria dos participantes não reconheceu que o método favorece a [L] *Utilização de blocos construtores* apesar da unanimidade da resposta pela utilidade “U” dessa competência.
- A análise das respostas também permite verificar que algumas perguntas foram mal formuladas ou o treinamento não foi satisfatório, pois as respostas ficaram sem sentido para os atributos “P” e “U”. São os casos das competências: [I] *Análise de variabilidades* teve a utilidade “U” rejeitada e [L] *Utilização de blocos construtores* não teve a presença “P” reconhecida.

Resumo do Perfil dos Participantes:

Quadro 5.11 – Resumo do Perfil dos Participantes da Experimentação 2

Número do participante	Experiência (anos)			Tempo de aprendizado (minutos)	Esforço do trabalho (horas)	Qualidade do treinamento			Dificuldade do trabalho		
	≤ 2	≤ 4	≥ 4			i	a	m	p	m	G
1.	X			640	36	X				X	
2.	X			640	40		X				X
3.	X			640	20		X			X	
4.		X		640	48	X					X
5.	X			640	35	X					X
6.	X			640	18		X				X
7.	X			640	14		X			X	
8.		X		640	30	X					X
9.	X			640	28	X					X

A análise do perfil dos participantes (Quadro 5.11) ressalta que o treinamento de 10 horas e 40 minutos, 8 aulas de aproximadamente 80 minutos, foi considerado insuficiente pelos participantes.

A coluna “Esforço do trabalho” mostra o tempo despendido por cada indivíduo no trabalho e “Qualidade do treinamento” indica como o treinamento foi avaliado: i = insuficiente, a = adequado e m = mais que suficiente.

A coluna “Dificuldade do trabalho” apresenta a opinião dos entrevistados em relação à dificuldade encontrada: p = pequena, m = média e g = grande.

3.2.3 – Análise e Interpretação dos Resultados da Experimentação 2

3.2.3.1 – Validação dos Dados da Experimentação 2

Não foram observadas respostas não válidas, que estariam erradas do ponto de vista dos valores lógicos válidos. Por exemplo, a resposta concomitante de negação da presença de alguma competência com a negação da utilidade da competência, em conjunto com a indicação da necessidade de modificação da competência, não ocorreu.

3.2.3.2 – Estatística Descritiva da Experimentação 1

Medidas de tendência central (Figura 5.4) são as medidas aplicáveis por se tratar de um experimento que considerou valores binários para os itens estudados:

- Mediana → elemento que ocupa a posição central quando o conjunto fica ordenado de forma crescente ou decrescente.
- Moda → elemento com maior frequência na distribuição.

Presença

	Competências												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Mediana	4	4	3	4	4	4	3	4	3	3	4	2	3
Moda	4	4	3	4	4	4	3	4	3	3	4	2	3

Utilidade

	Competências												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Mediana	3	3	2	3	3	3	2	2	1	3	3	2	3
Moda	3	3	2	3	3	3	2	2	1	3	3	2	3

Adequação

	Competências												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Mediana	2	2	1	2	2	2	1	2	1	2	2	2	1
Moda	2	2	1	2	2	2	1	2	1	2	2	2	1

Figura 5.4 - Medidas de tendência do experimento 2

3.2.3.3– Aplicação do teste estatístico

Para cada competência foi aplicado o teste qui-quadrado para definir:

- se a competência pode ser considerada fornecida;
- se a competência pode ser considerada útil;
- se a competência pode ser considerada como não necessitando de detalhamento.

A pergunta a ser respondida pelo teste qui-quadrado é a seguinte: A partir de que valores (**n=negativo : p=positivo**) os resultados podem ser considerados ideais para a distribuição com probabilidade α (nível de significância) de erro?

Para o nível de significância de 0.05, que representa a probabilidade de aceitar a hipótese nula (H_0) quando ela é falsa, obtemos da tabela de valores críticos de qui-quadrado (Figura 5.2) [Box 78] o valor crítico = (d.f. = 1, $\alpha = 0.05$) = **3,84**.

H_0 : Existe diferença entre a competência fornecida pelo Método ERi*c e a anteriormente assimilada no Framework i*. O grau de liberdade foi considerado 1 porque o Método ERi*c é dependente do Framework i*.

Aplicando o qui-quadrado para a observação 4:5

Usando a fórmula simplificada:

9	0	9
5	4	9
14	4	18

$$\text{qui-quadrado} = [(o_{11} \times o_{22}) - (o_{12} \times o_{21})]^2 \times T / (o_{.1} \times o_{.2} \times o_{1.} \times o_{2.})$$

$$\text{qui-quadrado} = ((9 \times 4) - (5 \times 0))^2 \times 18 / (14 \times 4 \times 9 \times 9) = \mathbf{5,14}$$

Aplicando o qui-quadrado para a observação 3:6

9	0	9
6	3	9
15	3	18

$$\text{Qui-quadrado} = ((9 \times 3) - (6 \times 0))^2 \times 18 / (15 \times 3 \times 9 \times 9) = \mathbf{3,60}$$

Aplicando o qui-quadrado para a observação 2:7

9	0	9
7	2	9
16	2	18

$$\text{Qui-quadrado} = ((9 \times 2) - (7 \times 0))^2 \times 18 / (16 \times 2 \times 9 \times 9) = \underline{\underline{2,25}}$$

Distribuição	(- 5 : + 4)	(- 4 : + 5)	(- 3 : + 6)	(- 2 : + 7)	(- 1 : + 8)
Valor qui-2		5,14	3,60	2,25	

Valor crítico = 3,84

Como o valor calculado (3:6) **3,60** é menor que o valor crítico, **3,84** → **H₀** não pode ser rejeitada, o que significa que o Framework i* não é equivalente ao anteriormente assimilado para essa competência. Podemos, sem calcular, concluir que as competências com vantagem superior também não podem rejeitar a hipótese nula, porque todas certamente têm o valor do qui-quadrado calculado ainda menor que o valor crítico. São elas: (1:8) e (0:9).

Para este segundo estudo consideramos o Método ERi*c como ideal e a comparação é feita com o real que, no caso, são as competências antes do treinamento do Método ERi*c.

Quadro 5.12 – Consolidação do Teste Qui-quadrado da Experimentação 2

	Competências												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Presença	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0
Utilidade	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Adequação	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0

As competências “C”, “G”, “H”, “I”, “L” e “M” tiveram como retorno, na época do experimento, que elas precisavam um refinamento maior no detalhamento. A competência “I” teve a utilidade não-reconhecida e as competências “C”, “G”, “L” e “M” receberam retorno de que são úteis e têm detalhamento inadequado, apesar de não estarem completamente presentes no Método ERi*c.

3.2.3.4 – Análise quantitativa

O Quadro 5.13 apresenta uma comparação superficial entre o FRAMEWORK I* e o MÉTODO ERi*c. No quadro são analisadas as frequências das competências quanto à presença, utilidade e adequação do detalhamento.

Quadro 5.13– Análise quantitativa das competências

	FRAMEWORK I*	MÉTODO ERi*c
Presença:	$3 / 3 + 10 =$	$6 / (6 + 7) =$
$PUA \{1, X, X\} / (PUA \{0, X, X\} + PUA \{1, X, X\}) * 100\%$	23%	46%
Utilidade: Parte útil de competências oferecidas	$3 / 3 =$	$6 / 6 =$
$PUA \{1, 1, X\} / PUA \{1, X, X\} * 100\%$	100%	100%
Utilidade: Parte inútil: oferecidas inúteis / oferecidas * 100%	0%	0%
$PUA \{1, 0, X\} / PUA \{1, X, X\} * 100\%$		
Detalhamento: A adequação de competências	$2 / 3 =$	$5 / 6 =$
Parte adequada: oferecidas e adequadas / oferecidas * 100%	67%	83%
$PUA \{1, X, 1\} / PUA \{1, X, X\} * 100\%$		
Detalhamento: A inadequação de competências	$1 / 3\% =$	$1 / 6\% =$
Parte inadequada: oferecidas e inadequadas / oferecidas * 100%	33%	17%
$PUA \{1, X, 0\} / PUA \{1, X, X\} * 100\%$		

⇒ **Métrica:** Lista das competências fornecidas pelo Método ERi*c e que não fazem parte do Framework i*.

$$PUA_{1p} \{1, X, X\} = \{A, E, F\} \text{ e } PUA_{2p} \{1, X, X\} = \{A, D, E, F, H, K\}$$

⇒ **Métrica:** Lista das competências fornecidas pelo Método ERi*c e que são consideradas inúteis pelos engenheiros de requisitos.

$$PUA_{1p} \{1, 0, X\} = \emptyset \text{ e } PUA_{2p} \{1, 0, X\} = \{I\}$$

⇒ **Métrica:** Lista das competências fornecidas pelo Método ERi*c que fazem parte do Framework i*, são consideradas úteis pelos engenheiros de requisitos e cujo detalhamento deve ser modificado.

$$PUA_{1p} \{1, 1, X\} \cap PUA_{2p} \{1, 1, X\} = \{A, E, F\}$$

⇒ **Métrica:** Lista das competências fornecidas pelo Método ERi*c que não fazem parte do Framework i*, mas que são consideradas úteis pelos engenheiros de requisitos. $PUA_{2p} \{1, X, X\} - PUA_{1p} \{1, X, X\} = \{D, H, K\}$

3.4 - Análise das Hipóteses

3.4.1 - Análise das Hipóteses - Experimentação 1

$H_0 \rightarrow$ O resultado do questionário mostrou que 3 das 13 competências do Framework i* foram oferecidas e reconhecidas como úteis. Podemos concluir que há diferença entre a lista de competências oferecidas pelo Framework i* e aquelas anteriormente assimiladas. (Hipótese alternativa H_1)

Dentre as competências oferecidas pelo Framework i* e consideradas úteis, duas precisam de maior detalhamento. (Hipótese alternativa H_2)

3.4.2 - Análise das Hipóteses - Experimentação 2

$H_0 \rightarrow$ O resultado do questionário mostrou que 6 das 13 competências do Método ERi*c foram oferecidas e reconhecidas como úteis. Podemos concluir que há diferença entre a lista de competências oferecidas pelo Método ERi*c e aquelas do Framework i* anteriormente assimiladas. (Hipótese alternativa H_1)

Dentre as competências oferecidas pelo Método ERi*c e consideradas úteis, 2 precisavam de maior detalhamento. (Hipótese alternativa H_2)

3.5 – Operacionalização e análise da experimentação 3

O Estudo das Competências do “i* Diagnoses”.

De modo a avaliar o desempenho dos alunos na aplicação da estratégia de Diagnósticos i*, executamos um experimento com 14 participantes e medimos a eficácia do resultado.

3.5.1 - Questionários das Competências e do Perfil do Participante

Quadro 5.14– O Questionário da Experimentação do “i* Diagnoses”.

AVALIAÇÃO DO FRAMEWORK DIAGNÓSTICOS I*

CASO: SERVIÇO DE RECADOS NA SECRETÁRIA ELETRÔNICA

Questionamento das Competências

Sob o ponto de vista de diagnósticos de modelos i*, por favor avalie e marque as colunas correspondentes do quadro, segundo as escalas fornecidas pela tabela sobre a presença, a utilidade e a adequação quanto ao detalhamento e ao conteúdo que lhe foi apresentado pelo texto e pelo curso, e as competências percebidas e adquiridas em relação às suas competências antes da realização do treinamento sobre diagnósticos de modelos i*.

Descrição do Conteúdo das Competências:

	COMPETÊNCIA	DESCRIÇÃO
A	Identificação problemas com atores	A utilização da técnica de diagnósticos é capaz de identificar problemas com os atores de uma organização.
B	Identificação de problemas com dependências estratégicas	A utilização da técnica de diagnósticos é capaz de identificar os problemas com as dependências estratégicas entre atores de uma organização.
C	Identificação de oportunidades	A utilização da técnica de diagnósticos é capaz de identificar as oportunidades dos atores.
D	Verificação de metas concretas	A utilização da técnica de diagnósticos é capaz de verificar as metas concretas dos atores.
E	Verificação de metas flexíveis	A utilização da técnica de diagnósticos é capaz de verificar as metas flexíveis dos atores.
F	Verificação de funcionalidades	A utilização da técnica de diagnósticos é capaz de verificar as funcionalidades representadas.
G	Verificação de entidades tipo recurso	A utilização da técnica de diagnósticos é capaz de verificar os recursos representados.

PRESENÇA (P)	UTILIDADE (U)	ADEQUAÇÃO (A)
1. Não é oferecida e não gostaria de receber. 2. Não é oferecida, mas gostaria de receber. 3. Oferecida parcialmente. 4. Oferecida.	1. Não é útil. 2. Provavelmente útil, mas ainda não apliquei. 3. É útil e já apliquei.	1. O detalhamento deve ser aumentado. 2. O detalhamento não precisa ser modificado. 3. O detalhamento deve ser diminuído.

Tabela de escalas das competências

Quadro questionário:

Competência	Presença				Utilidade			Adequação		
	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
A	Identificação de problemas com atores									
B	Identificação de problemas com dependências estratégicas									
C	Identificação de oportunidades									
D	Verificação de metas concretas									
E	Verificação de metas flexíveis									
F	Verificação de funcionalidades									
G	Verificação de entidades tipo recurso									

Quanto tempo de experiência profissional você possui?			
()	()	()	()
Menos de 6 meses	6 meses a 2 anos	2 a 4 anos	Mais de 4 anos

- Qual foi a quantidade total de horas de aprendizado dos Diagnósticos i* ? ____ horas
- Qual foi a quantidade total de horas investidas no trabalho? (esforço): ____ horas
- Como você classifica o material e o treinamento recebidos?
() insuficiente - () adequado - () mais que suficiente
- Como você classifica a dificuldade do trabalho recebido?
() pequena - () média - () grande

Descrição do experimento:

O experimento foi desenvolvido em duas seções:

Na primeira, foi pedido que os alunos fizessem, em uma aula, um Modelo SD e na aula seguinte um Modelo SR, para o caso SERVIÇO DE RECADOS NA SECRETÁRIA ELETRÔNICA.

Na segunda seção, a cada pessoa foram entregues dois diagramas i*, preparados pelo avaliador, que correspondiam ao trabalho da primeira seção, porém com as correções pertinentes, e mais o framework de perguntas para diagnóstico de SDSituations e de SRconstructs. Pedimos que os participantes aplicassem as perguntas

formuladas sobre os modelos SD e SR. Eles tiveram 2 horas para fazer o trabalho de diagnóstico.

Na segunda seção, a avaliação cobriu as 7 competências destacadas no formulário do Quadro 5.14 e, na avaliação dos trabalhos, 5 tópicos foram considerados para a avaliação da eficácia:

- a) se os construtores i^* foram corretamente identificados;
- b) se os participantes entenderam as perguntas;
- c) se os participantes foram capazes de identificar as omissões;
- d) se os participantes identificaram os erros em componentes e
- e) se as omissões de metas flexíveis foram identificadas.

De acordo com esses tópicos, o avaliador classificou os resultados como:

- A – quase 100% correto
- B – quase 70% correto
- C – quase 50% correto e
- D – menos que 40% correto

Os quadros 5.13a e 5.13b apresentam a tabulação das notas dos trabalhos. Na segunda seção, o trabalho de cada aluno foi corrigido por outro aluno que também havia participado do experimento e usava o gabarito distribuído pelo avaliador.

Quadro 5.15a – Mapeamento da correção do exercício SEM diagnóstico

	Participantes													
Competências	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Identificação de alternativas	B	A	D	D	D	B	D	C	D	C	D	D	D	D
Identificação de problemas	B	D	B	C	D	D	B	B	D	C	D	D	C	D
Verificação de metas flexíveis	A	C	D	D	C	C	C	D	D	B	C	C	D	D

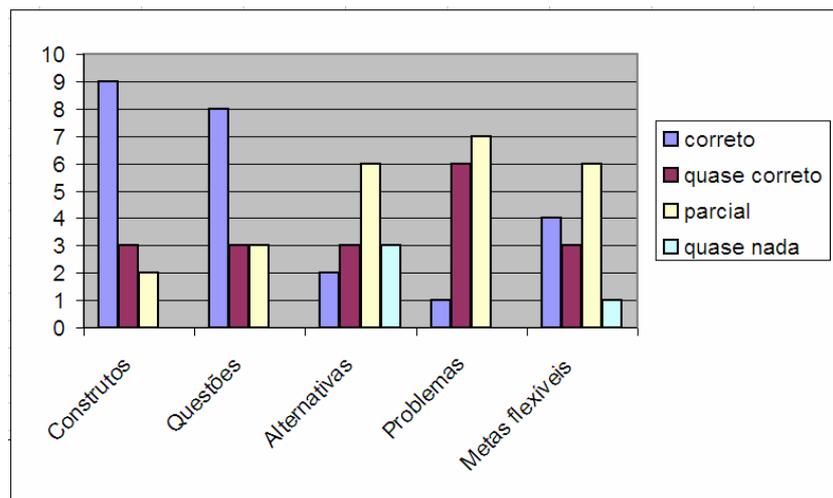
Quadro 5.15b – Mapeamento da correção do exercício COM diagnóstico

	Participantes													
Competências	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Identificação de construtos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	C	C
Compreensão das questões	A	A	A	A	B	A	B	B	C	A	C	A	A	C
Identificação de alternativas	B	A	C	C	D	B	C	B	C	A	C	D	C	D
Identificação de problemas	A	C	B	B	C	C	B	B	C	B	C	C	B	C
Verificação de metas flexíveis	A	A	C	C	B	B	C	C	C	A	B	A	D	C
Experiência	e	m	i	i	m	M	m	i	i	m	m	m	m	i
Esforço em horas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Experiência: i → iniciante = menos de dois anos;
 m → intermediário = mais de 2 anos e menos de 4 anos;
 e → experiente = mais de 4 anos.

Para apresentar o resultado de forma comparativa no Quadro 5.16, os mesmos resultados dos Quadros 5.15a e 5.15b foram organizados em um gráfico de barras.

Quadro 5.16 – Gráfico de barras da correção do exercício



O Quadro 5.16 mostra que a estratégia teve resultado positivo em relação à eficácia. O resultado apontou vantagem significativa para as frequências “A – quase 100% correto” e “B – quase 70% correto”.

Os resultados da terceira experimentação, Diagnósticos i*, foram positivos:

- a identificação dos construtores (SDsituations e SRconstructs) foi 100% alcançada por 9 dos 14 participantes;
- o entendimento das questões foi alcançado por 8 dos 14 participantes;
- na identificação das alternativas, apenas dois participantes conseguiram 100% e 11 do total de 14 participantes conseguiram resultados que fazem o modelo diagnosticado ser aprimorado. Apenas 3 participantes não chegaram a qualquer resultado proveitoso;
- a identificação de problemas (erros) foi o item em que houve pior desempenho: 1 aluno fez 100%, 6 participantes quase alcançaram os 100% e 7 participantes identificaram aproximadamente metade dos problemas;

- e) na identificação de metas flexíveis, 7 de 14 participantes tiveram ótimo resultado e apenas 1 aluno não conseguiu fazer parte alguma da elicitação de metas flexíveis.

5.4 Conclusão da Experimentação

Este capítulo apresentou resumidamente os fundamentos da experimentação em engenharia de software e apresentou com detalhes três experimentos para a avaliação das competências fornecidas pelo Método ERi*c, seguindo os passos do trabalho “Introdução à Engenharia Experimental” [Travassos 02].

O quadro a seguir (Quadro 5.17) mostra em tom cinza o valor “1” para o reconhecimento das competências do Framework i* e em negrito “1” para as competências agregadas pelo Método ERi*c.

Quadro 5.17 – Consolidação dos Resultados das Experimentações

	Competências												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Presença	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0
Utilidade	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adequação	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0

A experimentação concluiu que o Método ERi*c contribui com a presença de 3 competências úteis {D, H e K}, além das 3 {A, E e F} que o Framework i* já fornece para a engenharia de Requisitos de Sistemas Multi-Agentes. Resultado: contribuição adicional de 23%.

Como resultado, as experimentações indicaram também que o Método ERi*c possuía problemas de clareza e de detalhamento nas heurísticas da utilização do método mas, ainda assim, o Método ERi*c agregou com detalhamento adequado em 5 competências {B, D, E, J e K}, além das 2 {A e F} que o Framework i* já fornece. Resultado: contribuição adicional de 38%.

A terceira experimentação avaliou a técnica de Diagnósticos i* e inferiu, com o apoio das perguntas, que:

- na identificação das alternativas, o percentual passou de 21% (3 OK contra 11) para 79% (11 do total de 14 participantes conseguiram resultados);

- na identificação de problemas a competência dos participantes passou de 8% para 100% (todos os alunos encontraram pelo menos metade dos problemas);
- na identificação de metas flexíveis, o desempenho dos participantes passou de 16% (2 OK contra 12) para 92% (13 em 1).

Sabemos que, sem restrições, para toda e qualquer investigação científica, caso que a nossa experimentação se aplica, existe a necessidade de se fazer uma análise, com uma justificativa, a respeito da adequação do processo aplicado. Essa análise tem a intenção de reduzir ameaças as quais normalmente aparecem sobre estudos estatísticos de maneira geral.

Ameaças surgem quando se questiona sobre a quantidade de observações realizadas e sobre a qualidade das informações analisadas. É lógico e natural surgir a afirmação: “a maior amostra possível produz um melhor resultado”. De fato, analisar o universo inteiro leva a resultados precisos. Mas, com certeza esse procedimento não é normalmente factível.

Nossa experimentação seguiu a técnica de amostragem não probabilística, restrita aos elementos que tivemos acesso, tipo voluntários; e foi adotada a aplicação de amostragem por aglomerados [Cochran 77].

Para o nosso estudo específico aproveitamos a propriedade da aplicação do método qui-quadrado que trabalha dinamicamente o tamanho de uma amostra com a finalidade de determinar a aceitação ou a rejeição de hipóteses, obedecendo ao grau de confiança desejado. A adoção do método qui-quadrado simplificou o procedimento de ter que aplicar princípios de probabilidade e estatística mais específicos para a determinação do tamanho da amostra.