

**MMPE: UM MÉTODO DE MODELAGEM DE  
PROCESSO EDUCACIONAL BASEADO NA  
MODELAGEM DE PROCESSO DE NEGÓCIO  
E NA TEORIA DA ATIVIDADE**



LUIZ CARLOS DA SILVA LUZ

**MMPE: UM MÉTODO DE MODELAGEM DE  
PROCESSO EDUCACIONAL BASEADO NA  
MODELAGEM DE PROCESSO DE NEGÓCIO  
E NA TEORIA DA ATIVIDADE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

**ORIENTADOR: CLARINDO ISAÍAS PEREIRA DA SILVA E PÁDUA**

Belo Horizonte

Junho de 2009

© 2009, Luiz Carlos da Silva Luz.  
Todos os direitos reservados.

Luz, Luiz Carlos da Silva  
L379m MMPE: Um Método de Modelagem de Processo  
Educativo Baseado na Modelagem de Processo de  
Negócio e na Teoria da Atividade / Luiz Carlos da  
Silva Luz. — Belo Horizonte, 2009  
xxiv, 130 f. : il. ; 29cm

Dissertação (mestrado) — Universidade Federal de  
Minas Gerais  
Orientador: Clarindo Isaías Pereira da Silva e Pádua

1. Levantamento de Requisitos-Tese. 2. Engenharia  
de Requisitos-Tese. 3. Modelagem de Processo de  
Negócio-Tese. 4. Teoria da Atividade-Tese. 5. Software  
Educativo-Tese. I. Título.

CDU 519.6\*32(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

## FOLHA DE APROVAÇÃO

MMPE: um método de modelagem de processo educacional baseado na modelagem de processo de negócio e na teoria da atividade

**LUIZ CARLOS DA SILVA LUZ**

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Senhores:

PROF. CLARINDO ISAÍAS PEREIRA DA SILVA E PÁDUA - Orientador  
Departamento de Ciência da Computação - UFMG

PROF. ANDRÉ LUIZ ZAMBALDE  
Departamento de Ciência da Computação - UFL

PROFA. MARCIA MARIA FUSARO PINTO  
Departamento de Matemática - UFMG

PROFA. TERESINHA FUMI KAWASAKI  
Departamento de Matemática e Estatística - PUC-MG

PROF. ÂNGELO DE MOURA GUIMARÃES  
Departamento de Ciência da Computação - UFMG

Belo Horizonte, 26 de junho de 2009.



*Este trabalho é dedicado aos meus orientadores Márcia Maria Fusaro Pinto e Clarindo Isaias Pereira da Silva e Padua, pois sem o incentivo, a confiança, a dedicação, a orientação e a amizade deles, ele não teria acontecido.*



# Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade da existência, da família, da saúde, do estudo e do contato com pessoas maravilhosas que me acompanharam até aqui.

Agradeço a meu pai Carlos Alberto Luz e a minha mãe Eliane Maria da Silva Luz pela presença constante, pela dedicação sem limites e pela preciosa e incomparável participação na minha vida.

Agradeço a minha esposa Iara Rodrigues Pereira Luz e a meu filho Lucas Pereira Luz por serem o incentivo, o apoio, o aconchego e a inspiração em todos os momentos.

Agradeço a meus irmãos Eduardo José da Silva Luz, Paulo Henrique da Silva Luz e Daniel Marcos da Silva Luz pela amizade, pelo carinho e por sempre confiarem em mim e em meu potencial, deflagrando em mim a vontade de sempre buscar e fazer mais e melhor.

Agradeço aos meus familiares, à Leuza e ao Eustáquio, pela presença e participação na minha vida, às minhas cunhadas que sempre me incentivaram em meus estudos e aos amigos da COMECON, do IVRE, do IEE e do GEAI por estarem sempre presentes em minha vida, dando-me forças e coragem para enfrentar os desafios que a vida apresenta.

Agradeço aos participantes do GEPEMNT, pois foi por intermédio deles que tive os primeiros contatos com os estudos e a pesquisa em torno do ensino da Matemática com o uso do computador.

Especiais agradecimentos ao meu orientador, Professor Clarindo Isaias Pereira da Silva e Padua, e à minha co-orientadora, Professora Márcia Maria Fusaro Pinto, que acreditaram no meu potencial e ofereceram o suporte necessário para a realização deste trabalho.

Agradecimentos finais aos amigos do Synergia-DCC/UFMG e aos amigos da Matemática Computacional, que me apoiaram durante toda a realização do meu mestrado.



*“O sentido puro da verdade se forma em círculos pequenos e a pura sabedoria humana repousa sobre a base sólida do conhecimento de suas condições mais próximas e da desenvolvida capacidade de se relacionar com elas.”*

*(Pestalozzi)*



# Resumo

Este trabalho propõe um método de levantamento de requisitos de software educacional, denominado Método de Modelagem de Processos Educacionais (MMPE), que se baseia na metodologia de Modelagem de Processo de Negócio (MPN) e na Teoria da Atividade (TA). Por realizar uma integração entre a Modelagem de Negócio e a Teoria da Atividade, o MMPE define a arquitetura dos processos educacionais considerando os aspectos estruturais e comportamentais dos processos, o paradigma educacional do professor, o dinamismo dos processos educacionais, as atividades realizadas pelos alunos e o conteúdo abordado. A arquitetura do processo educacional possibilita a definição de requisitos que apóiam o processo educacional de maneira consistente e favorece um melhor entendimento do processo, o estabelecimento de uma linguagem comum entre professores e desenvolvedores de software e a percepção de inovações e melhorias nos processos modelados. Como exemplo da aplicabilidade do método proposto, desenvolvemos um estudo de caso para mostrar como as informações relacionadas ao processo educacional são obtidas durante a modelagem e como elas são utilizadas na obtenção dos requisitos. O estudo mostra também que o método propicia a caracterização do paradigma educacional do professor, a descrição do processo educacional e a análise da participação do sistema de software nesse processo. Por fim, apresentamos os resultados, as contribuições e os trabalhos futuros associados a este trabalho.

**Palavras-chave:** Levantamento de Requisitos, Engenharia de Requisitos, Modelagem de Processo de Negócio, Teoria da Atividade, Software Educacional, Educação Matemática.



# Abstract

This work presents a method for requirements elicitation for educational software, called Method of Educational Process Modeling (MEPM), based on the methodology for Business Processes Modeling and the Activity Theory. By achieving an integration between Business Process Modeling and the Activity Theory, the MEPM defines the architecture of educational processes considering the structural and behavioral aspects of processes, the educational paradigm of teacher, the dynamics of processes educational, the activities performed by students and content addressed. The architecture of the educational process enables the definition of requirements that support the educational process in a consistent manner and promotes a better understanding of the process, the establishment of a common language between teachers and developers of software and the perception of innovations and improvements in process models. As an example of the applicability of the proposed method, we developed a study case to show how the information related to the process educational are obtained during the modeling and how they are used to obtain the requirements. The study also shows that the method provides the characterization of the educational paradigm of teacher, the description of the educational process and analysis of the participation of the software system in this process. Finally, we present the results, the contributions and future work associated with this work.

**Keywords:** Elicitation of requirements, Requirements Engineering, Business Process Modelling, Activity Theory, Educational Software, Mathematics Education.



# Lista de Figuras

3.1	Fluxo de atividade da Modelagem de Processo de Negócio [Eriksson & Penker, 2000]. . . . .	24
3.2	Estrutura de uma Matriz TOWS. . . . .	27
4.1	Níveis hierárquico de uma atividade [Martins, 2001]. . . . .	38
4.2	Modelo sistêmico da atividade ou Diagrama de Engeström [Martins, 2001].	39
8.1	Fluxo de atividades do MMPE. . . . .	66
9.1	Matrix TOWS elaborada durante a modelagem do processo educacional. .	91
9.2	Diagrama de metas do processo educacional modelado. . . . .	95
9.3	Modelo Conceitual do processo de educacional. . . . .	97
9.4	Visão geral dos principais recursos do processo educacional. . . . .	99
9.5	Visão geral dos processos educacionais. . . . .	100
9.6	Divisão hierárquica da atividade “Movimentar e comparar os pontos A e B”. 102	
9.7	Diagrama de sequência da atividade “Movimentar e comparar os pontos A e B”. . . . .	103
9.8	Casos de uso do sistema de software. . . . .	104
9.9	Visão geral da estrutura do processo educacional. . . . .	105
9.10	Protótipo navegável desenvolvido para validação dos requisitos. . . . .	107
9.11	Software educacional desenvolvido pelos participantes do GEPEMNT. . . .	115



# Lista de Tabelas

8.1	Mapeamento entre os conceito de atividade e de caso de uso. . . . .	65
9.1	Relação entre os requisitos funcionais e não-funcionais. . . . .	103
9.2	Requisitos resultantes do roteiro . . . . .	109
9.3	Requisitos resultantes das regras do processo educacional . . . . .	110
9.4	Requisitos resultantes dos educadores . . . . .	110
9.5	Requisitos resultantes dos educandos . . . . .	110
9.6	Requisitos não-funcionais . . . . .	111
9.7	Requisitos funcionais . . . . .	111
9.8	Relação entre o Paradigma Educacional dos Educadores e as Tendências Pedagógicas. . . . .	113



# Sumário

Agradecimentos	ix
Resumo	xiii
Abstract	xv
Lista de Figuras	xvii
Lista de Tabelas	xix
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo, justificativa e motivação . . . . .	3
1.2 Estrutura do Trabalho . . . . .	5
<b>2 Engenharia de Requisitos</b>	<b>7</b>
2.1 Engenharia de Requisitos . . . . .	8
2.1.1 Requisitos . . . . .	8
2.1.2 Atividades e técnicas da Engenharia de Requisitos . . . . .	10
<b>3 Modelagem de Processo de Negócio</b>	<b>19</b>
3.1 A metodologia de modelagem de processo de negócio proposta por Eriksson & Penker [2000] . . . . .	21
3.1.1 Visão Geral da Metodologia . . . . .	22
3.1.2 Planejamento . . . . .	23
3.1.3 Visão de Negócio . . . . .	25
3.1.4 Visão de Processo de Negócio . . . . .	28
3.1.5 Visão de Estrutura de Negócio . . . . .	29
3.1.6 Visão de Comportamento de Negócio . . . . .	30
3.1.7 Melhorias, inovações e informatização . . . . .	31
3.1.8 A arquitetura dos softwares que apoiarão as atividades . . . . .	32

<b>4</b>	<b>A Teoria da Atividade</b>	<b>35</b>
4.1	Princípios da Teoria da Atividade . . . . .	35
4.2	A Atividade . . . . .	37
4.3	Metodologia de Elicitação de Requisitos baseada na Teoria da Atividade (MERBTA) [Martins, 2001] . . . . .	39
4.3.1	Dividir o Problema em Atividades Realizadas no Contexto do Sistema . . . . .	40
4.3.2	Delinear o Contexto da Atividade . . . . .	40
4.3.3	Descrever a Estrutura Hierárquica da Atividade . . . . .	42
<b>5</b>	<b>Paradigmas Educacionais, Desenvolvimento e Avaliação de Softwares</b>	<b>45</b>
5.1	Avaliação e Desenvolvimento de Softwares para o Ensino de Matemática	49
<b>6</b>	<b>Modelagem de Processos Educacionais</b>	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>Definição da Metodologia</b>	<b>59</b>
7.1	Procedimento Metodológico . . . . .	59
<b>8</b>	<b>MMPE: Método de Modelagem de Processo Educacional</b>	<b>63</b>
8.1	Visão Geral do MMPE . . . . .	64
8.2	Contato e Planejamento . . . . .	67
8.3	Modelagem das Visões de Negócio . . . . .	68
8.3.1	Visão de Negócio . . . . .	69
8.3.2	Visão de Processo de Negócio . . . . .	74
8.3.3	Visão de Estrutura de Negócio . . . . .	79
8.3.4	Visão de Comportamento de Negócio . . . . .	80
8.4	A arquitetura dos softwares que irão apoiar as atividades . . . . .	80
8.4.1	Requisitos de software . . . . .	81
8.4.2	Requisitos de Sistema . . . . .	83
8.4.3	Síntese . . . . .	84
<b>9</b>	<b>Estudo de Caso</b>	<b>85</b>
9.1	O processo educacional modelado . . . . .	86
9.2	Os participantes da modelagem . . . . .	87
9.3	A realização da modelagem . . . . .	88
9.3.1	1ª Reunião - Atividades de Contato e Planejamento . . . . .	89
9.3.2	1ª Atividade de Modelagem - Preenchimento das informações referentes aos capítulos 1, 2 e 3 do DPE . . . . .	90

9.3.3	2ª Reunião - Modelagem da Visão de Negócio . . . . .	90
9.3.4	2ª Atividade de Modelagem - Preenchimento das informações referentes ao Capítulo 4 do DPE . . . . .	96
9.3.5	3ª Reunião - Modelagem das Visões de Processo, Estrutura e Comportamento de Negócio . . . . .	97
9.3.6	3ª Atividade de Modelagem - Preenchimento das informações referentes aos Capítulos 5, 6 e 7 do DPE . . . . .	98
9.3.7	4ª Reunião - Revisão das informações registradas nos Capítulos 4, 5, 6 e 7 do DPE . . . . .	104
9.4	A validação dos requisitos . . . . .	106
9.4.1	Requisitos de sistema . . . . .	108
9.4.2	Requisitos não-funcionais . . . . .	108
9.4.3	Requisitos funcionais . . . . .	111
9.5	Resultados . . . . .	111
9.5.1	Identificação de algumas características do paradigma educacio- nal dos educadores . . . . .	112
9.5.2	Linguagem e visão comum sobre o processo educacional modelado	116
9.5.3	Identificação de roteiros associados e um caso de uso . . . . .	116
9.5.4	Identificação de requisitos de sistema . . . . .	117
9.5.5	Identificação de requisitos de software . . . . .	118
9.5.6	Rastreabilidade entre as atividades educacionais e os requisitos	118
9.5.7	Sistematização do processo de informatização das atividades educacionais . . . . .	119
9.5.8	Identificação das influências das Unidades Organizacionais . . .	120
9.5.9	Identificação de melhorias e inovações . . . . .	120
<b>10 Considerações Finais</b>		<b>121</b>
10.1	Contribuições . . . . .	121
10.2	Trabalhos futuros . . . . .	123
<b>Referências Bibliográficas</b>		<b>125</b>
<b>Anexo A Documento Descrição do Processo Educacional (DPE)</b>		<b>129</b>



# Capítulo 1

## Introdução

A inserção da informática na educação tem levado desenvolvedores de software e professores a enfrentarem o desafio do desenvolvimento, da seleção e da avaliação de softwares educacionais. Além das dificuldades comuns relacionadas à adequação da interface e da funcionalidade do software aos usuários e às suas tarefas, surge um novo problema que é adequar o software à metodologia de trabalho do professor [Gomes et al., 2002][Batista et al., 2004][Lima & Giraffa, 2006]. A dificuldade na explicitação do paradigma educacional do educador e a falta de entendimento dos processos educacionais estabelecidos dificulta, tanto para o educador quanto para os desenvolvedores de software, a identificação de requisitos de software e, conseqüentemente, o desenvolvimento de software adequado para os processos educacionais almejados [Andres, 2004].

Além do problema da informalidade com que são tratados os paradigmas existentes, dificultando a sua explicitação, há ainda um outro problema a se considerar que é a transformação dos paradigmas educacionais que as mudanças sociais e econômicas e o desenvolvimento das novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) têm proporcionado [Souza & Fino, 2001]. A escola não é mais a única fonte de informação e o aluno está cada vez mais responsável pelo seu processo de aprendizagem. O aprender a aprender em confronto com o ensino e a instrução e o aumento da autonomia do aluno substituindo a passividade que antes existia têm constituído o novo paradigma das salas de aula, principalmente quando há a presença da informática.

O presente trabalho propõe um método de levantamento e análise de requisitos de softwares educacionais de matemática, fazendo uma sinergia entre a Modelagem de Processo de Negócio (MPN), adotando a metodologia proposta em Eriksson & Penker [2000], e na Metodologia de Elicitação de Requisitos Baseado na Teoria da Atividade proposta por Martins [2001] (MERBTA). Pretende-se com esse método contribuir com o desenvolvimento de software educacional que apóie processos educacionais de mate-

mática, através da identificação e especificação de requisitos de sistema e de software que contemplem as propostas educacionais do educador, os aspectos relacionados ao conteúdo abordado e as características funcionais e não-funcionais exigidas pelo processo educacional estabelecido.

A MPN é uma metodologia para definir os processos de negócio, através de textos e diagramas, que propõe modelo dos aspectos estáticos e dinâmicos do negócio visando definir a sua arquitetura [Eriksson & Penker, 2000]. A arquitetura do negócio favorece o entendimento dos processos de negócio, a identificação de melhorias nos processos existentes e a descrição de como o negócio está se transformando. Através dela é possível também identificar requisitos de software, alinhados com as metas do negócio, evitando a elaboração ou a utilização de sistemas de software que não apóiam adequadamente os processos. Por fim, a modelagem do negócio estabelece uma linguagem e um entendimento comum sobre o negócio, tanto entre os próprios clientes quanto entre clientes e desenvolvedores de sistemas de software [Eriksson & Penker, 2000]. Neste trabalho, os processos de negócio que serão modelados serão os processos educacionais para o ensino de matemática.

O MERBTA é um método de levantamento de requisitos de sistemas de software de natureza mais complexa [Martins, 2001], como normalmente são os sistemas de software que apóiam as atividades educacionais. O MERBTA oferece uma estrutura organizativa para o entendimento e captura dos requisitos de um sistema, centrado no conceito de atividade da Teoria da Atividade. A Teoria da Atividade (TA), fundada por Vygostky, Leont'ev e Lúria, busca compreender as atividades humanas mediadas por artefatos culturais e neste método ela é utilizada na orientação do processos de levantamento de requisitos para os softwares que apoiarão estas atividades [Martins, 2001].

Aliando o entendimento dos processos de negócio, favorecido pela MPN, com o entendimento das atividades que compõem esses processos, favorecido pelo MERBTA, espera-se obter requisitos para a elaboração e a seleção de sistemas de software que apoiarão adequadamente os processos educacionais para o ensino de matemática, ou seja, que atenderão os objetivos e as propostas educacionais do educador, os aspectos relacionados ao conteúdo abordado e as demais características funcionais e não-funcionais relacionadas às atividades educacionais e aos educandos.

## 1.1 Objetivo, justificativa e motivação

O software educativo pode ser utilizado para a aquisição de diversos tipos de conhecimento e para atender a diversos enfoques de ensino-aprendizagem [Dallacosta et al., 1998]. Há atualmente uma grande variedade de softwares de matemática que apóiam os processos educacionais. Porém, não é tão simples o processo de seleção ou desenvolvimento desses softwares, pois é necessário saber identificar em que momento eles serão utilizados e quais funcionalidades e características eles deverão conter para que atendam adequadamente aos processos educacionais em que eles estão inseridos.

Geralmente, a seleção ou o desenvolvimento de software educacional tem como foco o conteúdo que será ensinado [Andres, 2004], os objetivos educacionais e os enfoques de aprendizagem estabelecidos pelo professor [Gomes et al., 2002]. Para atender essas questões, são utilizados métodos de avaliação de softwares educacionais [Batista et al., 2004] e técnicas de Engenharia de Requisitos [Castro & Aguiar, 1999][Benitti et al., 2005] que buscam identificar quais funcionalidades, comportamentos e características o software deve ter para apoiar adequadamente o processo educacional.

Porém, a estrutura dinâmica dos processos educacionais pode exigir uma maior flexibilidade ou adequação do software, que nem sempre são obtidos pelos métodos citados, visto que não existe uma análise detalhada da estrutura e do comportamento dos processos educacionais e das atividades nele prescritas. Somente um amplo entendimento dos processos educacionais aliado à compreensão do comportamento humano, no contexto das atividades apoiadas por softwares educacionais, possibilita a obtenção de requisitos de softwares coerentes com esses processos e flexíveis às suas possíveis mudanças.

O objetivo deste trabalho é propor um método de levantamento de requisitos que seja capaz de obter requisitos de software e requisitos de sistema dos software que apóiam as atividades educacionais de Matemática. O método proposto pretende atender os principais aspectos relacionados ao desenvolvimento e à seleção de softwares educacionais tais como:

1. A necessidade de o software ser adequado à proposta político-pedagógica [Andres, 2004][Gomes et al., 2002][Batista et al., 2004][Lima & Giraffa, 2006][Benitti et al., 2005][Boff & Reategui, 2005];
2. A importância de estabelecer como, quando e onde o software será utilizado e como os alunos se relacionarão com ele [Gomes et al., 2002][Boff & Reategui, 2005];

3. A necessidade de explicitar o paradigma educacional do educador, determinando padrões de qualidade e de uso dos sistemas de software [Andres, 2004];
4. A necessidade de o professor conseguir definir os requisitos de software que atenderão ao processo educacional estabelecido por ele [Gomes et al., 2002][Lima & Giraffa, 2006];
5. A necessidade de estabelecer critérios de avaliação de software que sejam coerentes com o processo educacional estabelecido, levando em consideração as características específicas do conteúdo a ser estudado, a natureza do objeto de conhecimento e as habilidades nele envolvidas. [Andres, 2004][Gomes et al., 2002];
6. A importância de estabelecer qual objetivo o software atenderá, tais como: ser fonte de informação, auxiliar o processo de construção de conhecimentos, desenvolver a autonomia do raciocínio, da reflexão e da criação de soluções. [Dallacosta et al., 1998][Gomes et al., 2002];

A hipótese do trabalho é que o estabelecimento de uma arquitetura dos processos educacionais, baseada na Metodologia de Modelagem de Processo de Negócio proposta por Eriksson & Penker [2000] e na Metodologia de Elicitação de Requisitos de software baseada na Teoria da Atividade, proposta por Martins [2001], proporciona a obtenção de requisitos de sistema e de requisitos de software dos sistemas de software que apoiarão os processos educacionais, atendendo as considerações expostas acima. Espera-se ainda que a análise da arquitetura dos processos educacionais favoreça aos desenvolvedores e aos educadores participantes da modelagem um melhor entendimento dos processos educacionais e do comportamento dos recursos que participam dele, a identificação de oportunidades de melhorias com a criação de novos processos e o estabelecimento de uma linguagem comum acerca dos processos educacionais.

Enquanto a MPN permite a identificação dos objetivos educacionais, a disponibilidade e a participação dos recursos nos processos educacionais, a MERBTA orienta no detalhamento e no entendimento das atividades educacionais, obtendo requisitos de software que apoiem adequadamente essas atividades e que estejam coerentes com os objetivos do processo educacional. Desta forma, pretende-se atender as considerações 1, 5 e 6.

Enquanto a MPN favorece uma melhor visão dos processos educacionais definindo o paradigma educacional adotado, estabelecendo uma melhor comunicação entre professor e desenvolvedor e ajudando a definir os momentos em que o desenvolvimento ou a seleção de um software educacional proporcionará maiores benefícios, a MERBTA

mostra como será a interação usuário-sistema, explicitando as ações e operações que o software deverá suportar. Com isso, pretende-se atender as considerações 2,3 e 4.

A MPN favorece a identificação de requisitos de sistemas de informações que gerenciam e tratam informações que são utilizadas em várias atividades, como os sistemas de gestão de cursos. O MERBTA favorece a identificação de requisitos de sistemas de software que podem ser utilizados em várias atividades e com objetivos educacionais e informações diferentes, como os que são desenvolvidos para serem ferramentas educacionais (softwares investigativos, de exploração de conceitos e conteúdos, de buscar de informações, etc) ou para o ensino de conteúdos específicos (softwares de construção orientada de conhecimento, de questionários, de exercícios, etc).

Espera-se que este trabalho possa contribuir com a adequação dos sistemas de softwares aos processos educacionais de matemática, de forma a favorecer o aumento da qualidade dos processos apoiados por eles.

## 1.2 Estrutura do Trabalho

A seguir, nos Capítulos 2, 3, 4, 5 e 6 será apresentada a revisão bibliográfica realizada. No Capítulo 2 será apresentada a fundamentação teórica sobre conceitos, atividades e técnicas da Engenharia de Requisitos. No Capítulo 3 e 4 serão apresentados conceitos e metodologias de levantamento de requisitos referentes à Modelagem de Processo de Negócio e à Teoria da Atividade, respectivamente. No Capítulo 5 será apresentada a fundamentação teórica referente à avaliação e ao desenvolvimento de software educacional, considerando a proposta pedagógica do professor, que se baseia no seu Paradigma Educacional, e a forma como o software educacional é utilizado. E no Capítulo 6 serão apresentados os métodos atuais relacionados à modelagem de processo educacional.

Nos Capítulos 7, 8 e 9 será apresentado, respectivamente, o tipo de pesquisa e os procedimentos metodológicos adotados neste trabalho, o método de levantamento de requisitos de software proposto e o estudo de caso apresentando a aplicabilidade e os resultados da aplicação do método proposto.

Por fim, no Capítulo 10 são apresentadas as contribuições deste trabalho e os trabalhos futuros referentes ao método proposto.



## Capítulo 2

# Engenharia de Requisitos

Há uma área do conhecimento da informática chamada Engenharia de software que é voltada para a especificação, o desenvolvimento e a manutenção de sistemas de software, que utiliza conhecimentos e tecnologias da Ciência da Computação. A Engenharia de Software trata os sistemas de software como um produto, que é utilizado por um usuário e é produzido para atender as necessidades de um cliente que contrata a execução de um projeto para desenvolvê-lo [Filho, 2003].

A Engenharia de Software é composta por disciplinas. Segundo Filho [2003], algumas dessas disciplinas são:

1. **Engenharia de requisitos:** Fornece um conjunto de técnicas de levantamento, de documentação e de análise de requisitos.
2. **Gestão de requisitos:** Procura manter sob controle o conjunto dos requisitos de um produto, até mesmo quando há alterações nesses requisitos.
3. **Planejamento de Projetos:** Oferece técnicas para estimativa e análise de tamanho, esforço, prazos e riscos para os planos de projetos.
4. **Controle de Projetos:** Visa acompanhar o progresso dos projetos, identificar alternativas para contornar problemas surgidos durante a sua execução, replanejar estes projetos quando não é possível manter os planos anteriores e renegociar com os clientes os compromissos assumidos.

Este trabalho está inserido no contexto da disciplina de Engenharia de Requisitos, mais especificamente no levantamento de requisitos. Nas próximas seções serão abordados os conceitos e as técnicas da Engenharia de Requisitos.

## 2.1 Engenharia de Requisitos

A Engenharia de Requisitos ajuda na compreensão do problema que será trabalhado propondo técnicas que facilitam a elaboração de sistemas de software que atendam às reais necessidades dos clientes. Ela permite a definição e o estudo do contexto em que o software estará envolvido, das necessidades específicas que tanto o projeto quanto a construção do software precisam satisfazer, das prioridades em relação à ordem em que as partes do software serão implementadas e das informações, funções e comportamentos que o software deverá conter [Pressman, 2006].

A Engenharia de Requisitos provê um conjunto de técnicas que são utilizadas para levantar, detalhar, documentar e validar os requisitos de um produto [Filho, 2003] e que são executadas ao longo das suas atividades. Segundo Sommerville [2003] há quatro atividades genéricas do processo de Engenharia de Requisitos que consistem em: estudo da viabilidade do sistema, obtenção e análise de requisitos, especificação e documentação de requisitos e validação desses requisitos. Essas atividades possuem um processo próprio, objetivos bem definidos [Martins, 2001] e são necessárias para criar e manter o documento de requisitos [Sommerville, 2003];

### 2.1.1 Requisitos

Os requisitos são características que definem os critérios de aceitação de um produto [Filho, 2003].

Segundo Martins [2001], os requisitos podem ser de sistema ou de software. Os requisitos de sistema estão relacionados com as questões próprias dos processos e das informações utilizadas pelo usuário. Eles descrevem objetivos e comportamentos do sistema de software pelo ponto de vista do usuário e por isso esses requisitos dependem de alguns fatores como políticas organizacionais, estratégias de negócio, decisões governamentais, etc, e do entendimento do usuário em relação aos processos e às informações relacionadas com o seu trabalho.

Os requisitos de software envolvem requisitos funcionais, ou seja, que dizem respeito às funcionalidades do sistema de software, e não-funcionais, relacionados com o uso do software, como desempenho, usabilidade, confiabilidade, segurança, etc. Esses requisitos estão associados às funcionalidades do software, às restrições e às exigências quanto ao desempenho, segurança de acesso, interface com o usuário, portabilidade, modularidade, manutenção e confiabilidade do software [Martins, 2001]. Os requisitos de software incorporam parte dos requisitos de sistema, aspectos comportamentais e envolvem processos, usuários e aspectos computacionais tais como velocidade de pro-

cessamento, capacidade de memória, etc.

Enquanto os requisitos de sistemas envolvem um contexto mais amplo, em nível de processo, os requisitos de software dizem respeito às questões mais específicas, relacionadas com as atividades.

Segundo Filho [2003] os requisitos podem ainda ser explícitos, normativos e implícitos. Os requisitos explícitos são aqueles descritos em um documento de especificação de requisitos. Os requisitos normativos decorrem das leis, regulamentos, padrões e demais normas que o produto deve obedecer e os requisitos implícitos são aqueles esperados pelos clientes e usuários e que não são documentados, embora os usuários exijam que eles sejam atendidos.

A identificação das necessidades dos usuários pode ser uma tarefa muito complexa devido a alguns fatores como produtos novos [Filho, 2003], falta de entendimento dos processos de negócio [Eriksson & Penker, 2000] e as dificuldades acidentais e essenciais no levantamento (ou na elicitação) de requisitos [Martins, 2001].

Quando se trata de produtos novos, os clientes e usuários não possuem experiências para identificar, de forma rápida e clara, as suas necessidades prioritárias [Filho, 2003].

Quando os processos de negócio não são bem compreendidos e não tem seus objetivos bem definidos, as necessidades reais do negócio dificilmente são identificadas. Os requisitos obtidos são instáveis porque não há um consenso, entre os participantes do negócio, sobre quais necessidades serão atendidas pelos sistemas de software e, nestes casos, corre-se o risco de desenvolver softwares que não são adequados aos processos que eles apóiam, por não estarem alinhados aos objetivos do negócio [Eriksson & Penker, 2000].

Em Martins [2001] são apresentados dois tipos de dificuldades: acidentais e essenciais. As dificuldades acidentais são aquelas decorrentes de falhas no processo de levantamento tais como afirma Martins [2001]: “pouco esforço despendido no levantamento de informações junto ao usuário, documentação pobre sobre os requisitos obtidos, pouca revisão dos requisitos obtidos, especificações incorretas dos requisitos e tendência de iniciar logo o processo de desenvolvimento do software”. As dificuldades essenciais são aquelas relacionadas com as dificuldades do usuário em saber o que ele necessita de um sistema de software, as dificuldades de comunicação entre usuários e desenvolvedores e as alterações dos requisitos durante o processo de desenvolvimento de software. A adoção de métodos adequados de levantamento de requisitos soluciona as dificuldades acidentais e, em parte, as dificuldades essenciais [Martins, 2001]. As dificuldades essenciais são as mais difíceis de serem superadas, devido à natureza abstrata, maleável e complexa dos sistemas de software.

Nas próximas subseções serão apresentadas algumas técnicas utilizadas na Engenharia de Requisitos para a obtenção de requisitos.

## 2.1.2 Atividades e técnicas da Engenharia de Requisitos

### 2.1.2.1 Estudo da viabilidade

Através do estudo da viabilidade do sistema obtém-se a descrição geral do sistema e de como ele será utilizado dentro de uma organização. Segundo Sommerville [2003], este estudo envolve coleta e avaliação de informações que se destina a responder às perguntas:

1. O sistema contribui para os objetivos gerais da organização?
2. O sistema pode ser implementado com a utilização de tecnologia atual dentro das restrições de custo e de prazo?
3. O sistema pode ser integrado a outros sistemas já em operação?

Estas questões definem se o sistema está ou não adequado aos objetivos da organização e dá origem a um relatório que recomenda ou não a sua utilização.

### 2.1.2.2 Levantamento e Análise de Requisitos

A atividade de levantamento e análise de requisitos é realizada após o estudo de viabilidade, com o objetivo de obter informações do domínio da aplicação como, por exemplo, as regras de negócio, os serviços que o sistema deve fornecer, o desempenho exigido do sistema, as restrições de hardware e as demais informações relacionadas com a utilização do software.

A tarefa de levantamento de requisitos não é simples. Segundo Pressman [2006] há três tipos de problemas que mostram o quanto esta é uma tarefa difícil:

1. **Problemas de escopo:** má definição dos limites do sistema ou especificação de detalhes técnicos desnecessários que confundem os objetivos gerais do sistema.
2. **Problemas de entendimento:** nem sempre os clientes ou os usuários sabem quais são as suas necessidades ou conseguem comunicá-las, nem sempre eles sabem quais são as capacidades e limitações de seu ambiente computacional e especificam requisitos impossíveis de se testar. Eles podem não ter um pleno entendimento do domínio do problema, omitir informações que acreditam ser óbvias, especificar requisitos conflitantes entre si ou até mesmo requisitos ambíguos;

3. **Problema de volatilidade:** Os requisitos mudam ao longo do tempo.

Além desses problemas Sommerville [2003] cita ainda a necessidades dos engenheiros de requisitos de encontrar as possíveis fontes de requisitos, o surgimento de novos requisitos por parte das pessoas envolvidas que não tinham sido consultadas inicialmente, os fatores políticos que podem influenciar os requisitos do sistema e a mudança na importância dos requisitos devido à característica dinâmica do ambiente econômico e de negócio.

Segundo Sommerville [2003], realizar o levantamento e a análise de requisitos consiste em:

1. Compreender o domínio da aplicação;
2. Interagir com os clientes e usuários para coletar requisitos;
3. Classificar os requisitos encontrados organizando-os em grupos coerentes;
4. Resolver conflitos relacionados aos requisitos conflitantes que foram coletados;
5. Definir quais requisitos são mais importantes para estabelecer prioridades;
6. Verificar se os requisitos são completos e consistentes e, se estão de acordo com o que os clientes e usuários realmente desejam do sistema de software.

Segundo Pressman [2006], o levantamento de requisitos engloba os seguintes produtos de trabalho que são revisados por todas as pessoas que participam desta atividade:

1. Uma declaração da necessidade e da viabilidade.
2. Uma afirmação limitada do escopo do sistema de software;
3. Uma lista de clientes, usuários e outros interessados que participam do levantamento de requisitos;
4. Uma descrição do ambiente técnico do sistema;
5. Uma lista de requisitos e as restrições do domínio que se aplicam a cada um deles;
6. Um conjunto de cenários que fornecem informações sobre o uso do sistema de software sob diferentes condições de operações;
7. Protótipos desenvolvidos para definir melhor os requisitos;

### Técnicas

Quanto ao levantamento e análise de requisitos, são apresentadas as seguintes técnicas na literatura:

#### 1) Coleta colaborativa de requisitos

É uma forma de levantar requisitos que combina elementos de solução de problemas, elaboração, negociação e especificação, que incentiva uma abordagem colaborativa e orientada a equipes. Nesta técnica trabalham juntos a equipe de interessados e de desenvolvedores com a finalidade de identificar problemas, propor elementos da solução, negociar diferentes abordagens e especificar um conjunto preliminar de requisitos da solução.

Segundo Pressman [2006], há muitas abordagens diferentes de coleta colaborativa de requisitos, porém todas elas aplicam as seguintes diretrizes básicas:

1. As reuniões são conduzidas e assistidas por engenheiros de software e por clientes.
2. Um “facilitador” conduz a reunião
3. Um “mecanismo de definição” é usado, como folhas de rascunho, papel auto adesivo, quadro de avisos eletrônicos, fóruns virtuais, etc.
4. A meta é identificar o problema, propor elementos da solução, negociar diferentes abordagens e especificar um conjunto preliminar de requisitos da solução.

#### 2) Implantação da Função de Qualidade

Segundo Pressman [2006], a Implantação da Função de Qualidade é uma técnica que traduz a necessidade do cliente para requisitos técnicos do software. Tendo como foco a maximização da satisfação do cliente essa técnica enfatiza o entendimento do que tem valor para o cliente e depois implanta esses valores por meio do processo de engenharia. Nesta técnica são identificados três tipos de requisitos:

1. **Requisitos normais:** refletem os objetivos e metas estabelecidas para um sistema de software e que garante a satisfação do cliente, se eles forem atendidos.
2. **Requisitos esperados:** são implícitos no sistema de software e geralmente não são explicitados pelo cliente por serem considerados fundamentais.
3. **Requisitos excitantes:** refletem características que vão além das expectativas do cliente.

Segundo Pressman [2006] essa técnica utiliza entrevistas com o cliente, observação, levantamento e exame de dados históricos e é realizada através dos seguintes passos:

1. Implantação de funções: determina o valor de cada função necessária ao sistema de software;
2. Implantação da informação: determina os objetos de dados e os eventos que o sistema utiliza ou produz;
3. Implantação de tarefas: examina o comportamento do sistema de software dentro do contexto do seu ambiente;
4. Análise de valor: determina a prioridade relativa dos requisitos em cada uma das três implantações.

### **3) Casos de uso**

Segundo Cockburn [2005] um caso de uso captura um contrato entre as pessoas envolvidas na elaboração de um sistema de software sobre o comportamento do sistema. No caso de uso o comportamento do sistema de software é descrito considerando as mais diversas condições, sob a forma de resposta do sistema de software para cada uma das requisições realizadas pelo usuário.

Segundo Sommerville [2003] esta técnica se assemelha à técnica roteiro, que será apresentada a seguir: são identificadas e descritas as interações dos agentes, ou atores, com o sistema de software. Utilizando casos de uso pode-se documentar diferentes seqüências de comportamentos, considerando as requisições feitas pelos usuários e as condições associadas a estas requisições. Geralmente é descrito um cenário de sucesso, que é quando nada ocorre de errado, e também as suas extensões, que descrevem o que pode ocorrer de diferente durante a realização do cenário principal [Cockburn, 2005].

Geralmente os casos de uso são utilizados para documentar os requisitos de software mas, podem ser utilizados também para documentar processos de negócio de uma organização [Cockburn, 2005]. No contexto da modelagem de processos de negócio utiliza-se o termo caso de uso de negócio que representa uma seqüência de ações executadas durante a realização de um processo de negócio [Ribeiro et al., 2004].

Um caso de uso pode ser descrito utilizando um texto narrativo, um delineamento de tarefas ou interações, uma descrição baseada em gabaritos ou diagramas. Segundo Pressman [2006] o primeiro passo para se escrever um caso de uso é definir seus atores. Depois que os atores foram identificadores o caso de uso pode ser desenvolvido respondendo as questões:

1. Quem é(são) o(s) ator(es) principal(is) e o(s) ator(es) secundário(s)?
2. Quais são as metas dos atores?
3. Que pre-condições devem existir antes da história começar?
4. Que tarefas ou funções principais são desempenhadas pelo ator?
5. Que exceções deveriam ser consideradas quando a história é descrita?
6. Que variações na interação dos atores são possíveis?
7. Que informações do sistema o ator vai adquirir, produzir ou modificar?
8. O ator terá de informar o sistema sobre alterações no ambiente externo?
9. Que informações o ator deseja do sistema?
10. O ator deseja ser informado sobre modificações inesperadas?

#### 4) Roteiros

O roteiro é uma história sobre as pessoas e suas atividades e que apresenta a visão do usuário sobre a sua interação com o sistema [Rosson & Carrol, 2002]. Ele descreve o comportamento e a experiência dos atores envolvendo um contexto de uso mais amplo que o representado pelos casos de uso.

Os roteiros se diferem dos casos de uso por ter como ênfase como as pessoas estão mudando suas metas, seus planos e seus entendimentos, durante a realização das tarefas [Rosson & Carrol, 2002]. Os casos de uso descrevem somente a interação com o sistema.

Segundo Pressman [2006] essa técnica favorece à equipe de software o entendimento de como as funções e características levantadas serão usadas por diferentes classes de usuários finais. Após a identificação dos requisitos são elaborados um conjunto de roteiros que identifiquem uma linha de uso para o sistema a ser construído.

Em Sommerville [2003] percebe-se uma abordagem diferente. O roteiro começa com um esboço da interação e, durante o levantamento de requisitos são acrescentados detalhes para criar uma descrição completa dessa interação. Ao contrário do que propõem Pressman [2006], a obtenção de requisitos se dá com base em roteiros. Eles são utilizados para acrescentar detalhes a um esboço da descrição de requisitos.

Em todas as abordagens apresentadas na literatura, o roteiro é apresentado como uma instância de um caso de uso.

#### 5) Etnografia

Como os sistemas de software são utilizados em um contexto social e organizacional, os requisitos de sistema de software podem ser derivados ou limitados por este contexto. Por isso, segundo Sommerville [2003], a etnografia é uma técnica de observação que pode ser utilizada para compreender os requisitos sociais e organizacionais. Nesta técnica um analista é inserido no ambiente de trabalho que será apoiado pelo software, observa o trabalho diário e anota as tarefas reais realizadas pelas pessoas envolvidas.

Esta técnica ajuda a descobrir requisitos implícitos, de sistema, que refletem os processos reais, em vez de os processos formais relatados pelas pessoas envolvidas [Sommerville, 2003]. Segundo Sommerville [2003], a etnografia é eficaz na descoberta de dois tipos de requisitos:

1. Requisitos derivados da maneira como as pessoas realmente trabalham;
2. Requisitos derivados da cooperação e conscientização das atividades de outras pessoas.

Por não identificar requisitos organizacionais e de domínio, ao focar no usuário final, esta técnica não é uma abordagem completa para a obtenção de requisitos [Sommerville, 2003].

### **6) Análise de Protocolo**

Na técnica Análise de Protocolo o usuário fala o que está fazendo enquanto executando suas tarefas. Os proponentes dessa técnica acreditam que esse processo pode ser considerado como uma verbalização direta de processos cognitivos específicos, elaborados pelos usuários durante a sua interação com o sistema, na realização de suas tarefas [Martins, 2001]

### **7) Análise de Discurso**

É uma técnica originária das ciências lingüísticas, que é utilizada no estudo de estruturas lingüísticas. Ela é aplicada sobre um texto, que será dividido em unidades de discurso. Para cada unidade, buscam-se os objetos existentes e as relações destes com o domínio do problema. Essas relações podem ajudar na identificação de requisitos importantes para o sistema a ser implementado [Martins, 2001].

### **8) Entrevistas**

As entrevistas podem ser fechadas, com perguntas estabelecidas, bem estruturada ou rígidas, abertas, em que são indicados alguns temas de discussão, ou são semi-estruturadas [Martins, 2001].

### **9) JAD e Oficinas de Requisitos**

Essa técnica foi desenvolvida pela IBM (Canadá) no final da década de 1970. Nesta técnica os clientes e desenvolvedores de software trabalham como um time, compartilhando informações e idéias sobre um determinado tema ou assunto, através de sessões de brainstorm mediada por um facilitador [Filho, 2003] [Martins, 2001].

### 2.1.2.3 Validação de requisitos

A validação de requisitos se destina a mostrar que os requisitos realmente definem o sistema que o cliente deseja e a elaborar um esboço completo do documento de requisitos [Sommerville, 2003]. Ela também certifica que todos os requisitos foram declarados de modo não ambíguos e que as inconsistências, omissões e erros foram detectados e corrigidos [Pressman, 2006].

Durante o processo de validação podem existir as seguintes verificações [Sommerville, 2003]:

1. **Verificações de validade:** várias funções podem ser identificados em todos os momentos, nesta verificação as necessidades dos diversos usuários são conciliadas e as funções que serão desenvolvidas são definidas.
2. **Verificações de consistência:** verifica se há requisitos contraditório ou descrições diferentes para uma mesma função do sistema.
3. **Verificações de realismo:** verifica se os requisitos realmente podem ser implementados.
4. **Facilidade de verificação:** verifica se os requisitos são descritos de forma que possam ser testados.

#### Técnicas

Algumas das técnicas descritas a seguir são geralmente utilizadas na validação de requisitos e elas podem ser utilizadas em conjunto ou individualmente.

##### 1) Revisões de requisitos

É feita uma análise sistemática dos requisitos por uma equipe de revisores com o objetivo de detectar anomalias ou omissões [Sommerville, 2003]. Na revisão de requisitos todos os requisitos são apresentados ao cliente e analisados um a um. Nestas revisões os requisitos são verificados quanto aos seguintes aspectos [Sommerville, 2003]:

1. **Facilidade de verificação:** deve ser possível testar os requisitos da forma como eles foram definidos;

2. **Compreensão:** os usuários devem entender os requisitos;
3. **Rastreamento:** a origem e os relacionamento entre os requisitos devem ser claramente definidos para que seja possível avaliar o impacto uma mudança ou de mudanças no restante do sistema;
4. **Adaptabilidade:** avalia o quanto os requisitos podem ser modificados sem causar grandes mudanças em outros requisitos do sistema.

## 2) Prototipação

Esta técnica apresenta para o usuário final do sistema um modelo executável, permitindo que os usuários experimentem o modelo e verifiquem se atende às suas necessidades [Sommerville, 2003].

## 3) Geração de casos de teste

Esta técnica parte do princípio que os requisitos são testáveis e, por isso, são criados e executados testes para os requisitos como parte do processo de validação [Sommerville, 2003]. Desta forma, se um teste for difícil ou impossível de ser testado, o mesmo ocorrerá com a implementação e nesses casos os requisitos precisam ser reconsiderados.

### 2.1.2.4 Gerenciamento de requisitos

O processo de compreender e controlar as mudanças nos requisitos de sistema é denominado gerenciamento de requisitos [Sommerville, 2003]. Ele é importante e necessário porque alguns fatores como a dificuldade de definir completamente os requisitos, as mudanças no negócio e as constantes mudanças da compreensão dos desenvolvedores em relação ao problema fazem com que os requisitos estejam também em constante modificação.

O processo de gerenciamento de requisitos geralmente é realizado durante outros processos da engenharia de requisitos como o planejamento inicial, o levantamento inicial de requisitos e a documentação dos requisitos [Sommerville, 2003].



## Capítulo 3

# Modelagem de Processo de Negócio

Uma situação muito comum em diversos contextos em que o computador está inserido é a existência de sistemas de software que não apóiam adequadamente o negócio do qual eles são partes integrantes [Eriksson & Penker, 2000]. Este problema se dá devido à falta de compreensão dos processos de negócio que serão apoiados por sistemas de softwares, resultando na seleção ou no desenvolvimento de sistemas de software com funcionalidades e/ou características que não refletem as reais necessidades do negócio.

Esse problema se torna mais grave quando a qualidade do serviço e dos produtos está relacionada com a qualidade dos sistemas de informação. Desta forma, faz-se necessário o desenvolvimento de conceitos e técnicas que facilitem a integração entre o negócio e os sistemas de software. É neste contexto que entra a Modelagem de Processo de Negócio(MPN), que visa obter uma arquitetura de negócio que não só facilite a compreensão e a comunicação dos processos de negócio, mas também dê suporte para a obtenção da arquitetura do software que irá apoiar esses processos.

A MPN não se restringe à modelagem de organizações comerciais. A palavra negócio, segundo Eriksson & Penker [2000], é utilizada na MPN com um significado mais amplo. Negócio é todo o tipo de atividade que tem ou usa recursos e tem uma ou mais metas. Um negócio também possui um responsável que estabelece as metas e aloca os recursos para manter a sua execução.

O resultado da MPN é o modelo de negócio. Um modelo de negócio é uma abstração de como o negócio funciona que simplifica a complexidade da realidade e facilita o entendimento das questões chaves para a compreensão do negócio [Eriksson & Penker, 2000].

O negócio é um sistema complexo, com hierarquias organizacionais de departamentos e suas atividades. Geralmente algumas dessas atividades não se restringem a um departamento, ou seja, elas atravessam horizontalmente vários departamentos.

Por isso, o método tradicional para documentar um negócio que elabora diagramas dividindo o negócio em departamentos e seções, representando-os verticalmente, é limitado para explicar como o negócio é construído e organizado. Ele não documenta os processos que fluem horizontalmente e afetam os departamentos verticais.

As estruturas de negócio, os recursos que participam ou são usados nos processos, as regras que governam a execução do negócio, as metas e os problemas que dificultam o cumprimento das metas não são capturados na visão tradicional da organização. Um bom modelo de negócio deve capturar e documentar essas informações de forma a obter uma base para tomar melhores decisões sobre a condução do negócio e para especificar requisitos de software dos sistemas de informação que apóiam esse negócio.

O modelo de negócio não precisa capturar todas as informações sobre o negócio. É necessário modelar apenas os aspectos estruturais e comportamentais que forneçam uma base para a obtenção de requisitos de software ou para facilitar a comunicação, o melhoramento ou a inovação do negócio.

Devido à complexidade dos negócios, para se capturar as informações relevantes é necessário utilizar diagramas, visões de negócio e até mesmo descrições textuais [Eriksson & Penker, 2000]. Os diagramas são representações gráfica parciais ou totais do modelo de negócio e que podem retratar diferentes objetivos e expressar algum aspecto importante do modelo. As visões de negócio são perspectivas diferentes de um ou mais aspectos específicos do negócio e que, quando combinadas, criam um modelo completo do negócio. Na MPN é necessário utilizar múltiplas visões para capturar todas as informações relevantes à compreensão do negócio.

Além da utilização de textos, a modelagem do negócio também utiliza uma linguagem de modelagem. A metodologia proposta por Eriksson & Penker [2000], que será utilizada neste trabalho, utiliza a Unified Modeling Language (UML). A padronização da Unified Modeling Language (UML) feita pela OMG (Object Management Group) trouxe grandes contribuições para o desenvolvimento de sistemas de software como a facilidade de modelar e documentar sistemas de software complexos.

Atualmente a UML é amplamente utilizada na Engenharia de Software, principalmente para modelar a arquitetura de software [Eriksson & Penker, 2000]. A sua grande aceitação favoreceu a criação de diversos conceitos, ferramentas e técnicas que a utilizam, tanto para apoiar as atividades de modelagem de sistemas de software quanto para apoiar outras atividades como à modelagem de negócio [Eriksson & Penker, 2000].

Segundo Eriksson & Penker [2000], a UML consegue descrever tanto os aspectos estruturais do negócio, como a sua organização, a hierarquia de regras e a estrutura dos recursos, quanto os aspectos comportamentais tais como os processos. A UML também consegue descrever as regras de negócio que afetam a estrutura e o comportamento do

negócio.

Com isso, pode-se utilizar uma mesma linguagem para modelar os sistemas de software e o negócio que o sistema de software irá apoiar. Esta padronização da linguagem facilita a comunicação entre quem entende do negócio e quem vai desenvolver o sistema de software que irá apoiá-lo, aumentando a consistência da documentação e do sistema de software com o negócio.

Portanto, a modelagem do negócio favorece a identificação de requisitos de software, o entendimento e a comunicação do negócio por parte de todos os envolvidos, inclusive dos desenvolvedores de software, e a construção de sistemas de software que considera as transformações no negócio. Além desses benefícios há outros relacionados com a gestão do negócio. Através dos modelos é possível acompanhar o andamento do negócio, verificar o seu desempenho e realizar mudanças ou melhorias nos processos com vistas à redução de custos, melhoria da qualidade dos produtos ou serviços e redução do tempo de atendimento aos clientes. É possível também utilizá-los como base para tomadas de decisões e análise de seus efeitos.

### **3.1 A metodologia de modelagem de processo de negócio proposta por Eriksson & Penker [2000]**

A metodologia de modelagem de processo de negócio proposta por Eriksson & Penker [2000] consiste na obtenção da arquitetura do negócio modelando as quatro visões de negócio comuns a todos os negócios: visão de negócio, visão de processos de negócio, visão de estrutura de negócio e visão de comportamento de negócio.

Essas visões de negócio, que serão detalhadas nas próximas subseções, contemplam as características estruturais e comportamentais da arquitetura de negócio, ou seja, dão origem à arquitetura de negócio que, por sua vez, será utilizada para definir a arquitetura de software.

Segundo Eriksson & Penker [2000], a modelagem dessas visões é feita incrementalmente e de maneira dependente, ou seja, a modelagem e o entendimento de uma visão apóia a modelagem de outra visão e vice-versa. As informações são identificadas e modeladas em diferentes diagramas, e cada diagrama é alocado na visão que melhor representa aquele aspecto particular do negócio. As informações modeladas podem ou não dar origem a um modelo completo do negócio. Geralmente tem-se modelos de alguns aspectos particulares do negócio que são de interesse no momento.

Na metodologia proposta por Eriksson & Penker [2000], o modelo de negócio(ou a arquitetura de negócio) é utilizado como base para modelar e projetar softwares que

apoiarão o negócio. Porém, não é possível estabelecer uma relação um-a-um entre os elementos do modelo de negócio e do modelo de software. Muitos elementos do modelo negócio não fazem parte do modelo de software, pois nem todos os processos de negócio, nem mesmo todos os componentes de um processo, serão desenvolvidos ou representados em um software.

Vários dos processos de negócio contêm atividades que são realizadas manualmente, sem apoio de um software. O mesmo acontece com alguns conceitos do negócio, como o modelo de metas, que normalmente estão fora do escopo do software. Da mesma forma, muitos elementos no modelo de software dizem respeito a detalhes técnicos da solução e da construção do software e por não ter relação direta com o negócio, eles não fazem parte do seu modelo.

Nas próximas subseções serão apresentadas as etapas de modelagem das visões e será explicado o processo de elaboração da arquitetura de software baseado na arquitetura de negócio.

### 3.1.1 Visão Geral da Metodologia

A modelagem do processo de negócio é realizada utilizando alguma das técnicas da Engenharia de Requisitos, que seja adequada ao contexto do trabalho de modelagem. Ela se iniciacom o planejamento que vai determinar os objetivos e os limites da modelagem. Após o planejamento é feito a modelagem da Visão de Negócio para a definição da estratégia de negócio e estabelecimento do nível de detalhamento e enfoque das demais visões. A Visão de Processo de Negócio, de Estrutura e de Comportamento são modeladas em paralelo. Uma vez que essas quatro visões forem modeladas a arquitetura de negócio está pronta.

A arquitetura de negócio é um conjunto organizado de elementos com uma clara relação entre si e que constituem a estrutura organizacional e comportamento do negócio [Eriksson & Penker, 2000].

A arquitetura de negócio apresenta as partes mais importantes do negócio, como estas partes estão estruturadas, como elas interagem entre si e direção em que o negócio está se transformando ou se modificando. Uma boa arquitetura permite ao modelador abstrair o negócio em diferentes aspectos ou visões e analisar um aspecto de cada vez [Eriksson & Penker, 2000]. Esta abstração é feita modelando aspectos estruturais e comportamentais do negócio que abrangem todos os seus processos e estruturas.

Uma vez que a arquitetura de negócio esteja estabilizada, ou seja, não exista mais a expectativa de altera-la, são descritos todos os requisitos funcionais e não funcionais, levantados até o momento ou durante a análise dessa arquitetura, dos softwares que

apóiam ou que poderão apoiar os processos de negócio. Com base nessas informações é feita a seleção ou o desenvolvimento de sistemas de software.

A figura 3.1 apresenta um diagrama de atividade que mostra o *workflow* da metodologia de modelagem de processo de negócio proposta por Eriksson & Penker [2000].

### 3.1.2 Planejamento

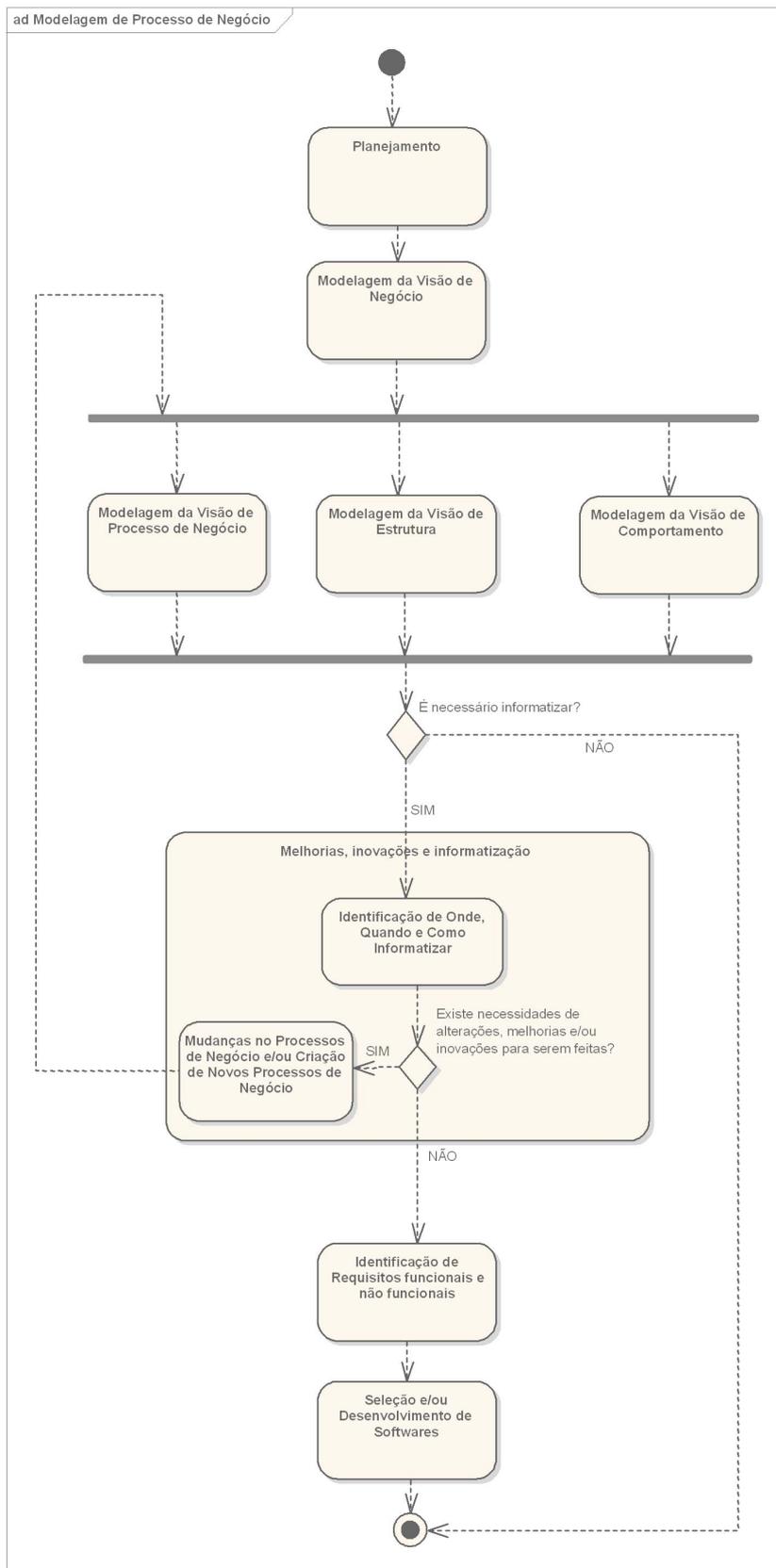
Para modelar as visões de negócio e obter a arquitetura do negócio, inicialmente é importante que se tenha:

1. Conhecimento do negócio, adquiridos com experiências e informações resultantes do trabalho neste tipo de negócio;
2. Modelo de negócio já previamente realizado;
3. Modelos de referência para este tipo de domínio, isto é, estilos genéricos de arquitetura ou padrões para este tipo de negócio.

Nem sempre é possível ter em mãos modelos de negócio já previamente realizados, pois as organizações geralmente não documentam seus processos de negócio, ou modelos de referências, caso seja um domínio que não possua padrões de negócio já estabelecidos. Embora estas informações sejam importantes para a modelagem do negócio, elas não impedem o processo. Já a existência de colaboradores com um profundo conhecimento do negócio é imprescindível. Geralmente são destacadas pessoas na organização que têm um grande domínio sobre o negócio para acompanhar o trabalho de modelagem.

Uma outra questão importante é a definição do objetivo e do escopo da modelagem. Nem sempre é necessário modelar toda a organização ou todos os processos realizados por ela. Os objetivos da modelagem servirão como guia para a definição do que será modelado e do nível de detalhe dos modelos. Geralmente busca-se os seguintes objetivos: compreensão do negócio, base para desenvolvimento de sistemas de software adequados ao negócio, base para melhorias do negócio, desenvolvimento de novos processos, identificação de oportunidades de terceirização, e outros. Com base nestes objetivos define-se quais visões e quais processos de negócio serão mais explorados e estudados.

Outras questões que devem ser consideradas são também o custo, as pessoas envolvidas e os resultados esperados. Uma vez que estas todas estas questões estejam definidas, parte-se para a modelagem das visões.



**Figura 3.1.** Fluxo de atividade da Modelagem de Processo de Negócio [Eriksson & Penker, 2000].

### 3.1.3 Visão de Negócio

A Visão de Negócio define a estratégia do negócio. Nessa visão São levantadas as informações referentes ao processo de negócio corrente, o estado desejado do processo e como o estado desejado pode ser alcançado.

Os resultados principais da Visão de Negócio são o *Diagrama Conceitual* e o *Diagrama de Metas e Problemas*. Esses diagramas estabelecem uma linguagem comum entre as pessoas envolvidas com a modelagem e mostram como os processos de negócio alcançam suas metas.

A Visão de Negócio é realizada em três atividades: Obtenção da Definição Estratégica, Modelagem Conceitual e Modelagem de Metas e Problemas. Nessas atividades são documentados os conceitos importantes relacionados ao processo de negócio, o contexto em que esses processos são executados, as metas dos processos, os problemas que dificultam o alcance das metas, as maneiras de atingir as metas e como os processos de negócio estão se modificando.

#### 3.1.3.1 Obtenção da Definição Estratégica

A Definição Estratégica é um artefato que contém informações referentes ao contexto do negócio e contém Matriz TOWS e a Declaração da Visão, que serão vistas a seguir. Essas informações dizem respeito a conceitos importantes relacionados ao negócio, à situação atual do negócio, a quem ele se destina, a posição dele confrontada com organizações semelhantes no mercado e a sociedade e as necessidades de mudanças. São apresentadas também algumas estratégias para garantir a melhoria do negócio e as metas para cumprir essas estratégias.

As informações presentes na Definição Estratégica também são utilizadas como base para a elaboração do Modelo Conceitual e do Modelo de Metas e Problemas.

##### *Análise do Contexto do Negócio*

Na elaboração da Definição Estratégica são levantadas algumas considerações importantes para a definição da estratégia dos processos de negócio e dos conceitos utilizados nesta modelagem, que neste trabalho denominamos “Análise do Contexto do Negócio”. [Eriksson & Penker, 2000] propõem as seguintes considerações:

1. **Cliente:** quem são e quais são as características dos clientes do negócio?
2. **Concorrentes:** quem são e o que fazem? Como eles estão mudando seus negócios?

3. **Tamanho e posição no ambiente(mercado, indústria ou comunidade):** como o negócio está posicionado na industria?
4. **Lucratividade e crescimento:** como está a lucratividade e o crescimento do negócio diante dos outros negócios do mesmo domínio?
5. **Ambiente do negócio:** quais mudanças (especificamente políticas e econômicas) estão ocorrendo?
6. **Percepção pública:** como o público percebe a organização? É necessário realizar algum tipo de modificação em relação à percepção pública?
7. **Nível do serviço:** qual é o nível do serviço prestado? Ele pode ser modificado ou melhorado?
8. **Negócio:** o que é o negócio e qual é o benefício esperado pelo cliente?
9. **Missão:** qual é a missão da organização? O que somos?
10. **Valores:** No que acreditamos? Quais são as convicções que a organização defende e adota como guia para a gestão do seu negocio (crença e posturas éticas: certo e errado, bom e ruim, importante e não importante)?

### **Matriz TOWS**

A Matriz TOWS, do inglês *Threats, Opportunities, Weakness and Strengths*, apresenta em forma tabular, conforme apresentado na figura 3.2, o resultado de uma análise da situação interna (pontos fortes e fracos) e externa (oportunidades e ameaças) do negócio visando a definição de estratégias de atuação. A Matriz TOWS e a Declaração de Visão são dois importantes artefatos que são utilizadas para a definição de estratégias do negócio [Eriksson & Penker, 2000].

As informações obtidas com a Matriz TOWS podem ser utilizadas para propor melhorias e inovações dos processos de negócio, além de ser utilizadas também como base para a elaboração da Declaração da Visão e do Modelo de Metas e Problemas.

### **Declaração da Visão**

A Declaração da Visão, em forma textual, apresenta uma visão estratégica do negócio e guia a atuação dos participantes da organização em direção a uma situação futura projetada para o negócio. Ela é elaborada utilizando como base as informações da Matriz TOWS e da Análise do Contexto do Negócio.

[Eriksson & Penker, 2000] propõem as seguintes questões abaixo que podem ser utilizadas para desenvolver a Declaração da Visão:

<b>Estratégia de Negócio Global</b>	<b>Pontos fortes internos</b>	<b>Pontos fracos internos</b>
<b>Oportunidades externas</b>	<b>Estratégia</b>	<b>Estratégia</b>
<b>Ameaças externas</b>	<b>Estratégia</b>	<b>Estratégia</b>

**Figura 3.2.** Estrutura de uma Matriz TOWS.

1. Caracterização do processo de negócio atual: o que é feito, o que se entende sobre o principal benefício esperado pelo cliente e o que é explorado para atender às suas necessidades;
2. Descrições do seu contexto;
3. O que está mudando;
4. Áreas do negócio que são mais importantes;
5. Principais processos do negócio;
6. Problemas que podem ser visualizados;
7. Possíveis cenários do que pode vir a ocorrer;
8. O que a negócio vai se tornar;
9. Como a negócio vai adotar;
10. Que tipos de resultados são esperados.;
11. Metas, mensuráveis, de alto nível, que depois vão se desdobrar em metas operacionais;
12. Como avaliar o cumprimento dessas metas;
13. Planejamento de esforço em processos (criação, melhorias) para viabilizar as metas definidas;

### 3.1.3.2 Modelagem Conceitual

Na Modelagem Conceitual é elaborado o Modelo Conceitual, um artefato que contém o modelo conceitual dos processos de negócio onde são definidos e apresentados os principais conceitos utilizados nos processos de negócio que serão modelados.

Através de textos e de diagramas de classe da UML, o Modelo Conceitual estabelece um vocabulário comum para os conceitos do processo de negócio modelado e apresenta o relacionamento entre esses conceitos.

### 3.1.3.3 Modelagem de Metas e Problemas

Na atividade de Modelagem de Metas e Problemas é obtido o Modelo de Metas e Problemas que apresenta as metas dos processos de negócio e os problemas que dificultam o alcance dessas metas.

O Modelo de Metas e Problemas é constituído por uma descrição textual, que mostra os principais aspectos do modelo, e por diagramas de classe da UML, que apresenta a hierarquia e a dependência entre as metas e os problemas relacionados a cada uma delas.

Inicialmente são identificadas as metas principais e estas metas são divididas em sub-metas, que também podem possuir suas sub-metas. Quando se chega ao último nível são explicitados os problemas que dificultam o alcance das metas e planos de ação para resolvê-los. Nos diagramas as metas são representadas como classes e os problemas, relacionados às metas, e os planos de ação são representados através de notas.

O modelo de metas servirá como base para a definição dos processos de negócio, já que cada processo de negócio, por definição, tem uma meta a atingir. O número de processos de negócio não necessariamente será o número de metas, já que podem existir processos de negócio que não estão relacionados diretamente com as metas modeladas, mas que servem para dar suporte a outros processos de negócio.

## 3.1.4 Visão de Processo de Negócio

A Visão de Processo de Negócio apresenta descrições textuais e diagramas relacionados aos processos, aos sub-processos e as atividades do negócio e ela tem como base o Modelo de Metas e Problemas. Na obtenção dessa visão, primeiramente, são descritos informalmente alguns processos de negócio que atendem as metas levantadas e essas descrições são formalizadas e representadas em um ou mais diagramas de atividade da

UML. Depois os processos ou sub-processos descritos são detalhados até alcançar um nível de detalhamento que atenda ao objetivo da modelagem.

Inicialmente obtém-se um diagrama de atividade, da UML, contendo a visão geral dos processos, que contém os processos relacionados às metas de alto nível presentes no Modelo de Metas e Problemas. Depois, os processos de negócio são detalhados em subprocessos ou em atividades, em novos diagramas e em descrições textuais. Quando um processo de negócio não pode ser mais dividido em sub-processos, ele é definido como uma atividade.

Para cada processo, sub-processo ou atividade identificados são associados a eles as metas e definidos seus recursos (consumidos, utilizados e produtos) e seus responsáveis. Pode-se também definir qual unidade organizacional é responsável por gerenciar cada etapa do processo de negócio, utilizando-se raias no diagrama UML.

Os processos de negócio também podem ser descritos com “Diagramas de Linha de Montagem”, proposto por Eriksson & Penker [2000]. Estes diagramas são diagramas de atividades que mostram o fluxo de informações entre as atividades através da interação entre as atividades e os sistemas. Os sistemas de software são representados, nos diagramas, por pacotes estereotipados. Geralmente, para cada sistema de software são feitos Diagramas de Linha de Montagem mostrando a comunicação entre os sistemas de software e as atividades, durante a execução do processo.

Pode-se também apresentar nessa visão os eventos de negócio que são usados para modelar respostas a ocorrências importantes nos processo [Eriksson & Penker, 2000]. Esses eventos podem ser definidos em uma hierarquia que é representada por um “Diagramas de Eventos”.

### **3.1.5 Visão de Estrutura de Negócio**

A Visão de Estrutura contém descreve os recursos (produtos e serviços), as informações e a organização do processo de negócio. Ela descreve informações que podem não ser mostrada na Visão de Processo de Negócio mas é vital para a operação da organização.

#### **3.1.5.1 Recursos do Negócio**

Os recursos presentes no negócio podem ser modelados com descrições textuais e com diagramas. Durante o levantamento dos processos de negócio são identificados e descritos os recursos presentes no negócio e que são relevantes para a modelagem. Com base nessas descrições são elaborados os diagramas.

Os diagramas apresentam a visão estrutural dos recursos. Podem ser utilizados *Diagramas de Classes*, que mostram as descrições dos recursos e as relações entre eles, e

*Diagramas de Objetos*, que mostram uma instância do relacionamento entre os recursos.

### 3.1.5.2 Informações do Negócio

Há informações que são estrategicamente importantes no negócio como as informações sobre os recursos do negócio, sobre as regras do negócio, sobre os clientes, etc. Geralmente a modelagem dessas informações é utilizada como base para definir as informações que serão armazenadas nos sistemas de informação que apóiam os processos de negócio.

Com essas informações são elaborados Diagramas de Classe que apresentam a descrição das informações e a relação entre elas.

### 3.1.5.3 Estrutura Organizacional

A estrutura organizacional além de mostrar a estrutura da organização propriamente dita, também serve para explicitar as responsabilidades de cada unidade organizacional.

A estrutura organizacional é apresentada através de uma descrição textual e de diagramas. Inicialmente obtém-se uma descrição geral sobre a estrutura organizacional, depois é feito um levantamento das unidades organizacionais e por fim são elaborados os diagramas contendo as estruturas organizacionais e as relações entre elas. Da mesma forma, pode-se obter também a estrutura organizacional das unidades organizacionais levantadas.

## 3.1.6 Visão de Comportamento de Negócio

A interação entre os recursos que fazem partes dos processos de negócio e os estados que esses recursos podem assumir são modelados na Visão de Comportamento de Negócio.

### 3.1.6.1 Análise de Interações

A análise de interações consiste em descrições textuais e diagramas dinâmicos da UML(Diagrama de Estado, de Sequência, de Comunicação, de Processos, e Linha de Montagem), que modelam a interações entre processos e interações entre recursos, durante a realização das atividades.

A interação entre os processos podem ser mostradas em Diagramas de Processo, através do fluxo de objetos que de saída de um processo que são utilizados como objetos de entrada, em outro processo ou em diagramas de Linha de Montagem mostrando a interação entre os sistemas de software, mediadas pelos processos.

Enquanto a Visão de Processo ilustra as atividades, as transformações dos recursos e as funcionalidades do negócio, a Visão de Comportamento enfatiza a interação entre os recursos, a relação entre as metas e os processos e as regras do negócio, através das restrições indicadas nos relacionamentos.

### 3.1.6.2 Comportamento de Recursos

Pode-se modelar ainda o comportamento dos recursos, que mudam o seu estado durante os processos. Essas mudanças de estado são modeladas utilizando Diagramas de Estados da UML.

A identificação dos possíveis estados de um recurso pode ajudar a melhorar os modelos que descrevem os processos de negócio que causam essas mudanças.

### 3.1.7 Melhorias, inovações e informatização

Depois que os processos de negócio correntes foram modelados e documentados, pode-se propor modificações nesses processos com base em o novo entendimento do negócio obtido a partir da análise da arquitetura do negócio.

Estas modificações consistem em alterar os processos de negócio existentes, acrescentando, alterando e/ou removendo processos, de forma a obter processos de negócios mais eficazes e eficientes. Dentre estas alterações pode-se propor a informatização desses processos ou a substituição de sistemas, propondo novas atividades ou adaptando as atividades que já existem.

Pode-se também propor uma reengenharia de processos, ou seja, descartar alguns dos processos existentes e propor novos processos essencialmente diferentes dos atuais.

Através de reuniões são definidas quais alterações serão feitas e quais processos de negócio serão apoiados por softwares ou, para aqueles que já possuem sistemas de software apoiando suas atividades, se existe ou não a necessidade de substituir os sistemas de softwares existentes.

Uma vez identificados esses processos, são definidas quais atividades o sistemas de software irão apoiar, quais atividades precisam ser criadas ou removidas e como será a nova reorganização ou a seqüência de execução das atividades presentes no processo de software que foi alterado.

São elaborados também, quando é necessário mostrar o fluxo de informações entre os processos, Diagramas de Linha de Montagem para cada Sistema de software proposto.

### 3.1.8 A arquitetura dos softwares que apoiarão as atividades

Neste trabalho entende-se por arquitetura de software “a estrutura ou estruturas do sistema de computação que compreendem os componentes de software, as propriedades visíveis exteriormente desses componentes, e os relacionamentos entre eles” (Bass et al., 1998 apud Eriksson & Penker, 2000).

A arquitetura de software não se restringe somente à estrutura e ao comportamento dos componentes, mas também diz respeito ao uso, à funcionalidade, à performance, ao desempenho, à reutilização, à inteligibilidade, à restrições econômicas e tecnológicas e negociações, e às questões estéticas (Kruchten, 1995 apud Eriksson & Penker, 2000).

Geralmente, realizar a funcionalidade correta, da forma certa e na hora certa é considerado o objetivo mais importante de uma arquitetura de software; porém, uma boa arquitetura não pode negligenciar outros aspectos importantes como reusabilidade, modificabilidade, inteligibilidade, restrições econômicas e tecnológicas.

Não há um relacionamento um-a-um entre os elementos do modelo de negócio e do modelo de software. Conceitos do negócio, como o modelo de metas, normalmente estão fora do escopo dos softwares. Da mesma forma, muitos elementos no modelo de software dizem respeito a detalhes técnicos da solução e, por isso, não fazem parte do modelo de negócio.

Uma arquitetura de software possui características funcionais, não funcionais e de desenvolvimento. Estas características são utilizadas para avaliar a arquitetura de software e elas podem ser obtidas, em parte, do Modelo de Negócio. A seguir, serão apresentadas como essas características são obtidos da arquitetura de negócio.

#### 3.1.8.1 Obtenção das características funcionais

As funcionalidades básicas do software são podem ser, pelo menos parcialmente, extraídas do Modelo de Negócio através dos Diagramas de Linha de Montagem e também dos Diagramas de Caso de Uso.

No Diagrama de Linha de Montagem as características funcionais, ou os requisitos funcionais, são obtidos dos serviços que o software provê ao processo de negócio. Um conjunto de seqüência de referências entre as atividades e os softwares, representando pelos pacotes, podem ser agrupados e representados como caso de uso, se esse conjunto de referência descreve uma funcionalidade completa, ou seja, as referências são iniciadas por um ator e são retornadas como um resultado do sistema.

Portanto, dos casos de uso obtidos do Diagrama de Linha de Montagem, que também são apresentados nos Diagramas de Caso de Uso, tem-se as características

funcionais da arquitetura do software.

### **3.1.8.2 Obtenção das características não-funcionais**

As características não-funcionais da arquitetura do software são extraídas das informações presentes na Definição Estratégica da Visão de Negócio, relacionadas com a participação dos sistemas no processos, e com as informações obtidas da Visão de Processo e da Visão de Estrutura como as restrições de tempo, plataforma, segurança, etc.



# Capítulo 4

## A Teoria da Atividade

Segundo Martins [2001], a Teoria da Atividade (TA) enfoca a atividade humana como o ponto central para o entendimento da formação dos processos mentais humanos e, conseqüentemente, para uma compreensão mais esclarecedora sobre o comportamento humano. A TA busca compreender as atividades humanas mediadas por artefatos culturais, sem dissociá-las do contexto social e histórico em que tais atividades ocorrem. Os conceitos fundamentais desta teoria foram elaborados por Vygotsky, mas a consolidação e integração destes conceitos numa estrutura organizada deve-se a Leontev (Leontiev, 1978 apud Martins, 2001).

Na área da Computação, o interesse sobre a Teoria da Atividade surgiu inicialmente na comunidade de Interação Homem-Computador (IHC), que vem discutindo o potencial da Teoria da Atividade como uma estrutura de fundamentação para as pesquisas e projetos em IHC e, mais recentemente, na comunidade de Engenharia de Requisitos, começam a surgir alguns trabalhos explorando possibilidades de uso dos preceitos da Teoria da Atividade para a captura, modelagem e definição de requisitos de software [Martins, 2001].

### 4.1 Princípios da Teoria da Atividade

Segundo (Kaptelinin & Nardi, 1998 apud Martins, 2001), a Teoria da Atividade possui os seguintes princípios:

1. *Princípio da unidade entre consciência e atividade.*: A consciência pode ser entendida como um conjunto de aspectos psicológicos que são utilizados no âmbito racional, e a atividade como a interação humana com sua realidade objetiva. A formação dos processos mentais tem sua gênese na realização das atividades.

Este princípio declara que a mente humana emerge e evolui como um componente especial da interação humana com o seu ambiente (onde a consciência é o repositório dos resultados dessas interações), surgindo no processo de evolução para ajudar a espécie humana a sobreviver. Assim, a mente humana pode ser analisada e entendida somente dentro do contexto da atividade humana. Pode-se dizer que a consciência humana é abastecida pelas atividades que a pessoa realiza.

2. *Princípio da orientação a objetos:* Seres humanos vivem em ambientes que são significativos para eles. Estes ambientes são formados por entidades (objetos) que combinam todos os tipos de características objetivas, incluindo aquelas determinadas culturalmente, e que por sua vez influenciam nas formas como as pessoas agem sobre essas entidades. Em qualquer atividade que realizamos, nos defrontamos com objetos do mundo real, que de alguma forma influenciam nossa maneira de executar atividades
3. *Princípio da estrutura hierárquica da atividade:* A Teoria da Atividade diferencia os procedimentos humanos em três níveis: atividade, ação e operação, levando em conta os objetivos para os quais estes procedimentos são orientados. A atividade é orientada a motivos, a ação orientada a metas e a operação orientada a condições de realização.
4. *Princípio da internalização-externalização:* Este princípio enfoca os mecanismos básicos de origem dos processos mentais. Ele declara que processos mentais são derivados das ações externas através do curso da internalização. A internalização é o termo usado para descrever a conversão de processos e objetos materiais externos para processos executados no plano mental, ou ainda, no plano da consciência. A internalização ocorre a partir do contato com o ambiente em que a pessoa está inserida. A externalização é o processo inverso da internalização, onde os processos mentais se manifestam através de atos, de tal forma que eles possam ser verificados e corrigidos se necessário.
5. *Princípio da mediação:* A atividade humana é mediada por ferramentas, tanto externas (como um machado ou um computador) quanto internas (como uma heurística ou um conceito). As ferramentas são “veículos” da experiência social e do conhecimento cultural. Uma questão importante que permeia este conceito não é o fato de que com o uso de uma ferramenta uma atividade possa ser executada de maneira mais facilitada ou menos custosa, mas sim o fato de que na verdade uma nova atividade é criada quando passamos a utilizar um instrumento de mediação.

6. *Princípio do desenvolvimento:* De acordo com a Teoria da Atividade, entender um fenômeno significa conhecer como ele se desenvolveu até sua forma atual, pois ao longo do tempo ele sofre alterações. Compreender essas alterações auxilia no entendimento do seu estado atual. Este conceito nos remete a idéia de que a atividade humana é dinâmica, se alterando e se transformando ao longo do tempo.

## 4.2 A Atividade

Segundo Martins [2001], a Teoria da Atividade define a atividade como “uma unidade de análise que possui um conjunto de ações acoplado a um contexto mínimo que permite a sua compreensão”. Para um melhor entendimento da atividade, a TA a aborda quanto à sua divisão hierárquica e quanto aos elementos que a compõem.

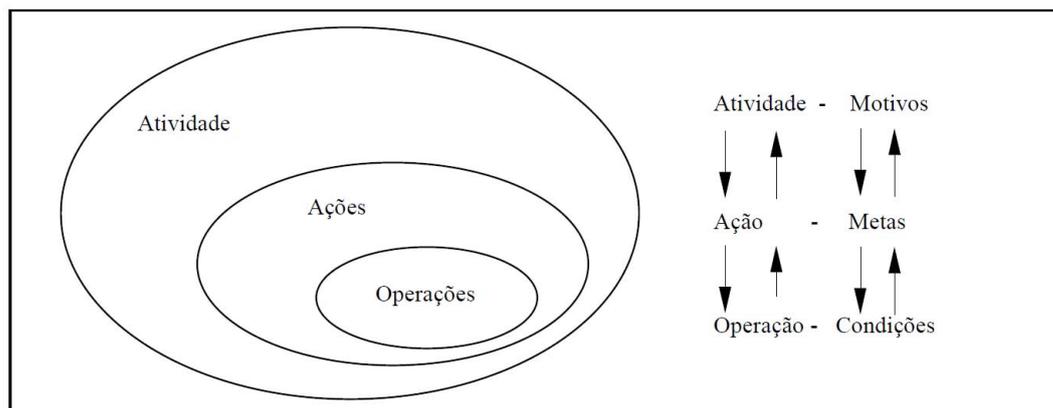
A seguir será apresentado como a TA aborda a atividade quanto à sua divisão hierárquica e quanto aos seus elementos.

### **Divisão Hierárquica da Atividade**

As atividades são compostas por um conjunto de ações inter-relacionadas, que agem sobre um determinado objeto, movidas por um ou mais motivos, para se atingir um resultado. Estes motivos orientam a realização da atividade e estão relacionados com os desejos ou necessidades dos seres humanos, que são supridos ao realizarem a atividade.

A transformação de um objeto em um resultado, pela atividade, acontece através de passos conscientes. No entanto, essa transformação não ocorre de forma direta entre atividade e objeto, ela se dá através das ações que incidirão sobre o objeto. Uma ação é uma forma consciente de agir, implicando na escolha de um modelo mental adequado para enfrentar determinada situação. As ações cooperam entre si durante o processo de transformação do objeto, elas são movidas por uma meta que deve ser alcançada para que o resultado da atividade possa ser atingido. A ação é composta por operações, que são ações que se tornaram extremamente rotineira dentro do contexto de uma atividade e são realizadas de forma automática, se atendidas determinadas condições que possibilitam a execução da operação. Uma operação, portanto, é uma ação que é realizada inúmeras vezes pelo sujeito e que se torna não consciente, por isso, automática. As operações dependem de determinadas condições que são reconhecidas pelo sujeito. Quando as condições de execução da operação mudam de forma que ela não mais possa ser executada pelo sujeito de forma automática, a operação volta para o nível de ação. A figura 4.1 apresenta os níveis hierárquicos de uma atividade.

Por isso, as atividades não são entidades rígidas ou estáticas, elas se transformam ao longo do tempo. Devido a esta dimensão dinâmica da atividade, para que ela seja entendida na sua situação corrente, faz-se necessário uma análise histórica do seu desenvolvimento. Uma atividade pode ao longo de seu desenvolvimento embutir novas ações e operações, assim como também poderá vir a se transformar em uma ação no contexto de uma outra atividade.



**Figura 4.1.** Níveis hierárquico de uma atividade [Martins, 2001].

### Elementos da Atividade

A atividade possui um agente que é o sujeito: é ele quem executa ações e operações sobre o objeto da atividade. Segundo [Martins, 2001], na medida em que o sujeito transforma o objeto da atividade em um resultado, ele também é transformado pelas características do objeto, principalmente pelas características culturais carregadas pelo objeto. A uma atividade podem ser engajados vários sujeitos.

A atividade possui também um objeto que pode ser qualquer coisa, material ou imaterial, que possa ser acessado, processado ou transformado no decorrer da atividade.

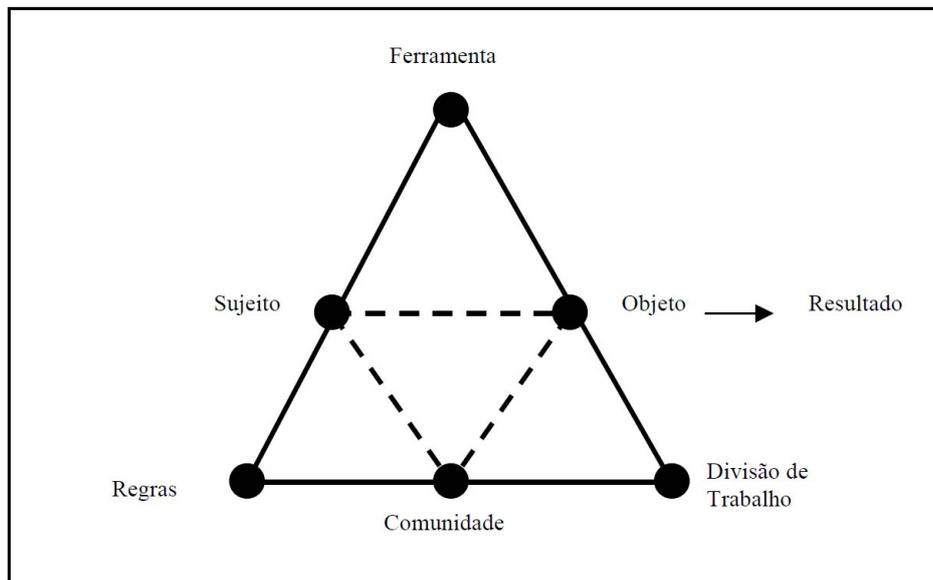
Dentro da atividade, a relação entre sujeito e objeto é mediada por um artefato: a ferramenta. A ferramenta pode ser de dois tipos: técnica ou psicológica. As ferramentas técnicas servem para transformar os objetos, enquanto as psicológicas servem para visualizar, comunicar e representar conceitos.

Além do sujeito, do objeto e da ferramenta, a atividade é composta também pela comunidade, que são outros sujeitos que também influenciam o objeto, pelas regras, que constituem o instrumento de mediação entre comunidade e sujeito e pela divisão do trabalho, que constitui o instrumento de mediação entre a comunidade e o objeto da atividade. A divisão do trabalho pode ser também entendida como sendo os papéis que os participantes da atividade assumem no contexto da atividade [Martins, 2001].

Por fim, toda atividade possui um resultado que é o seu produto final. Para

se chegar a um resultado, um processo de transformação ocorreu envolvendo todos os conceitos apresentados acima que, em síntese, formam uma atividade.

A relação entre os elementos de uma atividade pode ser apresentado também pelo diagrama proposto por Yrjo Engeström [Martins, 2001], apresentado na figura 4.2. O Diagrama de Engeström mostra que o relacionamento, representando pelas linhas tracejadas, entre o sujeito, a comunidade e o objeto se dão indiretamente. O *Sujeito* se relaciona com o *Objeto* através da *Ferramenta* e com a *Comunidade* através das *Regras*. E a *Comunidade* se relaciona com o *Objeto* através da *Divisão do Trabalho*.



**Figura 4.2.** Modelo sistêmico da atividade ou Diagrama de Engeström [Martins, 2001].

### 4.3 Metodologia de Elicitação de Requisitos baseada na Teoria da Atividade (MERBTA) [Martins, 2001]

A metodologia de elicitação de requisitos proposta por Martins [Martins, 2001] parte da premissa que “a atividade deve ser considerada como uma unidade de elicitação de requisitos, uma vez que as pessoas envolvidas num sistema organizam a sua forma de trabalhar em atividades”. A MERBTA procura identificar e analisar a atividade visando o levantamento de requisitos de software, já que a atividade, por favorecer o entendimento das ações realizadas por pessoas durante a transformação do objeto da atividade, oferece um contexto suficiente para a elicitação de requisitos [Martins, 2001].

O MERBTA propõe a realização de três etapas: dividir o problema em atividades realizadas no contexto do sistema, delinear o contexto da atividade e descrever a estrutura hierárquica da atividade. Estas etapas serão descritas nas próximas subseções.

Uma vez que essas etapas sejam realizadas, obtém-se uma documentação das atividades contendo as possíveis funcionalidades do sistema. A partir daí estas funcionalidades podem ser modeladas através de diagramas de caso de uso, diagramas de atividade e diagramas de seqüência, conforme proposto em Martins [2001].

### 4.3.1 Dividir o Problema em Atividades Realizadas no Contexto do Sistema

De acordo com o princípio (1) da Teoria da Atividade, citado anteriormente, “a consciência humana é abastecida pelas atividades realizadas pelas pessoas” e “a formação dos processos mentais tem sua gênese na realização das atividades”. A partir disto, organizar o problema em atividades se torna um passo primordial nesta abordagem de elicitação de requisitos. A organização do problema em atividade é feito seguindo os seguintes passos:

1. **Levantar Atividades Candidatas:** Levantar todas as tarefa realizadas no contexto sob análise, pois elas são, inicialmente, atividades em potencial.
2. **Selecionar Atividades:** Neste momento, de acordo com o princípio (3), a tarefas são classificadas como atividades, ações ou operações. Para se perceber a granularidade da tarefa(atividade, ação ou operação) leva-se em consideração se ela é movida por um motivo, por uma meta ou por condições.
3. **Descrever Histórico das Atividades Selecionadas:** De acordo com o *princípio (6)* da Teoria da Atividade “entender um fenômeno significa conhecer como ele se desenvolveu até sua forma atual”. O fenômeno de nosso interesse é a atividade que o sujeito realiza e, portanto, nesse momento é feito uma investigação histórica da origem e do desenvolvimento da atividade.

### 4.3.2 Delinear o Contexto da Atividade

Uma vez definidas as atividades, é feito o delineamento do contexto de cada uma delas. Segundo Martins [2001], a Teoria da Atividade diz que os elementos motivos, resultados, sujeitos, ferramentas de mediação (técnicas e psicológicas), objetos, regras, comunidade e divisão do trabalho estão presentes em qualquer atividade humana. Estes elementos formam o contexto da atividade. A necessidade de delinear o contexto da atividade

através dos elementos citados acima se baseia nos princípios (2) e (5) da Teoria da Atividade [Martins, 2001]. Esta etapa é realizada seguindo os seguintes passos

1. **Identificar os Motivos e Resultados da Atividade:** Um motivo é expresso através de desejos e necessidades humanas, que são o “ponto de partida” da atividade. Por sua vez, o resultado da atividade é o produto final do processo de transformação embutido na atividade e por isso ele pode ser considerado como o “ponto de chegada” da atividade. Desta forma, nesse passo é identificado o “ponto de partida” e o “ponto de chegada” de cada atividade.
2. **Identificar os Elementos no Nível Individual:** Os elementos que formam a atividade no nível individual são sujeito, ferramenta de mediação (técnica e psicológica) e objeto de transformação da atividade. Inicialmente é feito a identificação do sujeito (ou sujeitos) da atividade, que é o seu principal agente, sendo uma fonte importante de informações que auxiliará na identificação de outros elementos da atividade, como por exemplo, objeto da atividade, regras e divisão do trabalho. O sujeito atua diretamente sobre o objeto de transformação da atividade, sendo assim, após a identificação do sujeito, parte-se para a identificação do objeto da atividade. O objeto da atividade pode ser algo material ou abstrato, e que é compartilhado pelos participantes da atividade (sujeitos e comunidade). A identificação do objeto da atividade denota uma compreensão importante sobre a atividade pois, sendo compartilhado pelos participantes da atividade, ele se torna um elemento central que servirá como um ponto de referência para a identificação dos demais elementos da atividade. O sujeito atua sobre o objeto da atividade através de ferramentas de mediação e várias delas podem ser utilizadas durante uma atividade, na medida em que as ações e operações vão sendo executadas. Neste momento parte-se para a identificação das ferramentas (técnicas e psicológicas) levando em consideração que elas podem ser utilizadas simultaneamente ou alternadamente durante a realização da atividade.
3. **Identificar os Elementos no Nível Social:** No nível social o elemento chave a ser identificado é a comunidade (ou comunidades) em que o sujeito da atividade está inserido. A comunidade de interesse é aquela que pode influenciar de alguma maneira a realização da atividade. Um mesmo sujeito pode ser membro de mais de uma comunidade. O relacionamento entre sujeito-comunidade é mediado por regras, e o relacionamento entre comunidade-objeto é mediado pela divisão do trabalho. Após a identificação da comunidade, parte-se para a descrição das regras que regulam a comunidade e da divisão do trabalho existentes entre os

seus componentes. Segundo Martins [2001], a definição das regras e divisão do trabalho contribuirão posteriormente para a identificação das ações e operações, pois estas são executadas pelo sujeito da atividade, que tem comportamento regulado pelas regras e atribuições dentro da comunidade (ou comunidades) em que atua.

4. **Modelar a Atividade através do Diagrama de Engeström:** Uma vez que todos os elementos da atividade foram identificados, é feita uma representação pictórica destes elementos. [Martins, 2001], adota o diagrama de Engeström para a modelagem dos principais elementos da atividade.

### 4.3.3 Descrever a Estrutura Hierárquica da Atividade

Esta etapa da metodologia se baseia no princípio (3) da Teoria da Atividade, que divide a atividade em três níveis hierárquicos: atividade, ação e operação. Neste momento do processo, já se tem delineado o contexto formado pela atividade e que agora deve ser estruturada em termos de suas ações e operações.

Segundo Martins [2001], a Teoria da Atividade afirma que as ações e operações realizadas por um sujeito somente podem ser entendidas dentro do contexto da atividade, que passa a ser um referencial básico para a compreensão dessas ações e operações. E que as ações e as operações podem ter uma correspondência direta com os requisitos funcionais do sistema. Segundo Martins [2001], essa idéia se baseia no fato de que grande parte dos sistemas de software desenvolvidos automatizam (total ou parcialmente) procedimentos executados inicialmente por pessoas, e portanto embutem ações e operações realizadas por elas. Muitas das ações e operações, identificadas nos passos abaixo, poderão ser mapeadas como requisitos funcionais do sistema:

1. **Identificar as Ações e Operações da Atividade:** Neste ponto a metodologia busca identificar “passos” conscientes e não conscientes (automáticos) realizados pelos sujeitos das atividades, durante a sua execução. Segundo Martins [2001], as regras e a divisão do trabalho, identificadas durante o delineamento da atividade, contribuem significativamente para a identificação das ações e operações, pois estas materializam o comportamento (interno e externo) do sujeito, que precisa levar em conta regras de conduta na comunidade (ou comunidades) em que se encontra inserido. A divisão do trabalho define papéis e responsabilidades no processo de transformação do objeto da atividade, estes papéis orientam a realização de muitas ações do sujeito.

2. **Descrever as Metas das Ações:** Na medida em que as ações vão sendo reveladas no processo de elicitação, suas metas também vão surgindo, pois uma meta, no contexto da TA, é um objetivo imediato a ser atingido por uma ação [Martins, 2001]. A descrição das metas das ações complementa o entendimento sobre as ações que o sujeito realiza, ligando-as aos resultados esperados da atividade. O resultado da atividade será atingido na medida em que as metas vão sendo alcançadas pela execução das ações.
  
3. **Descrever as Condições de Realização das Operações:** Esta é a última etapa da metodologia proposta, onde se descreve as condições de realização das operações identificadas nas atividades, completando assim a captura de todos os elementos relativos às atividades que foram identificadas no contexto do sistema. Para que uma operação seja executada ela deve estar sob condições reconhecidas pelo sujeito, que são formadas por um conjunto de variáveis que possuem estados que determinam a execução de uma operação. Estas variáveis, com seus respectivos estados, precisam ser identificadas para que se possa ter uma descrição das condições de realização da operação.



## Capítulo 5

# Paradigmas Educacionais, Desenvolvimento e Avaliação de Softwares

Segundo Fiorentini [1995] cada professor constrói idiossincraticamente seu ideário pedagógico que neste trabalho chamaremos de paradigma educacional, a partir de pressupostos teóricos, de uma ou mais teorias ou abordagens educacionais e de sua reflexão sobre a prática. A construção individual e/ou coletiva dos paradigmas educacionais é dinâmica, está sempre em mutação, e dialética, relacionando a teoria e a prática.

Os paradigmas educacionais dizem respeito ao modo de ensinar, à concepção de aprendizagem, de ensino, de matemática e de educação, aos valores e finalidades que o educador atribui ao ensino da matemática, à forma como concebe a relação professor-aluno e à visão que ele tem de mundo, de sociedade e de homem. O paradigma adotado pelo educador, que diz respeito à sua forma de ver e entender a Matemática, tem fortes implicações no modo como ele a entende, pratica e ensina. O trecho abaixo, presente em Fiorentini [1995], ilustra essa afirmação:

*Por exemplo, o professor que concebe a Matemática como uma ciência exata, logicamente organizada e a-histórica ou pronta e acabada, certamente terá uma prática pedagógica diferente daquele que a concebe como uma ciência viva, dinâmica e historicamente construída pelos homens, atendendo a determinados interesses e necessidades sociais.*

*Da mesma forma, o professor que acredita que o aluno aprende Matemática através da memorização de fatos, regras ou princípios transmitidos*

*pelo professor ou pela repetição exaustiva de exercícios, também terá uma prática diferenciada daquele que entende que o aluno aprende construindo os conceitos a partir de ações reflexivas sobre materiais e atividades, ou a partir de situações-problema e problematizações do saber matemático.*

Os paradigmas educacionais dos educadores estão em constante transformação pela influência de sua prática cotidiana, dos conhecimentos socialmente elaborados e compartilhados, das teorias científicas e das questões sociopolíticas e ideológicas. Geralmente esses paradigmas apresentam idéias que foram dominantes num determinado período histórico e que correspondem a determinadas tendências pedagógicas.

Em Fiorentini [1995] são apresentadas as tendências pedagógicas no Brasil, relacionadas ao ensino de Matemática. Essas tendências pedagógicas foram caracterizadas segundo as categorias descritivas das tendências em Educação Matemática: concepção de Matemática; a crença de como se dá o processo de obtenção/produção/descoberta do conhecimento matemática, as finalidades e os valores atribuídos ao ensino da Matemática; a concepção de ensino; a concepção de aprendizagem; a cosmovisão subjacente; a relação professor-aluno e a perspectiva de estudo/pesquisa com vistas à melhoria do ensino da Matemática [Fiorentini, 1995].

Neste trabalho, para realizar a caracterização do paradigma educacional do educador, ou do grupo de educadores, serão utilizadas essas categorias descritivas utilizadas na caracterização das tendências educacionais.

A seguir, serão apresentadas as tendências pedagógicas acompanhadas por uma breve caracterização delas:

1. Tendência Formalista Clássica: visão estática, a-histórica e dogmática das idéias matemáticas, como se essas existissem independentemente dos homens. Ensino baseado em livros e centrado no professor e no seu papel de transmissor e expositor de conteúdo. A aprendizagem do aluno é passiva e consiste na memorização e na reprodução precisa dos raciocínios e procedimentos ditados pelo professor ou pelos livros. Essa tendência predominou no Brasil até o final da década de 50.
2. Tendência Empírico-Ativista: prioriza e considera as diferenças e características biológicas e psicológicas do educando, o foco não está em aprender, mas em aprender a aprender. Considera que as idéias matemáticas são obtidas por descoberta e o conteúdo é organizado a partir do interesse do educando e deve atender ao seu desenvolvimento psicobiológico. O papel do educador é o de um orientador ou facilitador da aprendizagem. O educando é o centro da aprendizagem, é um ser ativo. A aprendizagem se dá através da ação, da manipulação ou da experi-

mentação, as atividades são realizadas em pequenos grupos com um rico material didático e em um ambiente estimulante. Essa tendência surgiu no Brasil a partir da década de 20, foi muito difundida nas décadas de 60 e 70 e a partir da década de 70 foi adotada por um número significativo de grupos ligados ao ensino de Ciências e Matemática.

3. **Tendência Formalista Moderna:** enfatiza os aspectos estruturais e lógicos da matemática, o uso preciso da linguagem matemática e o rigor e as justificativas das transformações algébricas através das propriedades estruturais. Ensino autoritário e centrado no educador que expõe e demonstra tudo rigorosamente. A participação do educando é passiva, tendo que reproduzir a linguagem e os raciocínios lógicos-estruturais ditados pelo educador. Essa tendência surge a partir da década de 50 para atender a defasagem que existia entre o progresso científico-tecnológico da nova sociedade industrial e o currículo escolar vigente e, as primeiras propostas concretas para implantação da Matemática Moderna no Brasil surgiram no início da década de 60.
4. **Tendência Tecnicista e suas variações:** é centrada nos objetivos educacionais, nos recursos e nas técnicas de ensino, e não no educando ou no educador, e prioriza o treinamento e o desenvolvimento de habilidades estritamente técnicas. Os conteúdos são dispostos em passos sequenciais, em forma de instruções programadas, e o educando deve realizar uma série de exercícios seguindo um modelo determinado para resolvê-los. A aprendizagem se dá através do desenvolvimento de habilidades e atitudes e na fixação de conceitos ou princípios, e o ambiente do processo educacional é reforçado por jogos e de atividades que facilitam a memorização dos fatos. Essa tendência teve uma presença marcante no Brasil desde o final da década de 60 até o final da década de 70.
5. **Tendência Construtivista:** prioriza mais o processo que o produto do conhecimento e visa, com o auxílio de materiais concretos, a construção das estruturas do pensamento lógico-matemático e/ou a construção do conceito de números e dos conceitos relativos às quatro operações. O conhecimento matemático é resultado da ação interativa/reflexiva do homem com o meio ambiente e/ou com atividades. O conhecimento é construído ativamente pelo educando, por meio de interações, a partir de abstrações reflexivas e mediante a construção de relações entre objetos, ações ou mesmo entre idéias já construídas. O educador está sempre junto ao educando, lado a lado, e eles conversam e discutem o que estão fazendo. Essa tendência surgiu no Brasil a partir das décadas de 60 e 70, com

o construtivismo piagetiano, e já estava presente em todas as regiões do país a partir dos anos 80.

6. Tendência Socioetnocultural: O conhecimento matemático é um saber prático, relativo, não-universal e dinâmico, produzido histórico-culturalmente nas diferentes práticas sociais, podendo aparecer sistematizado ou não. Nos processos educacionais a matemática é estudada a partir de problemas da realidade, que são identificados e estudados pelos educadores e educandos, em conjunto. Prioriza a problematização e a modelagem matemática, contemplando a pesquisa, o estudo e a discussão de problemas que dizem respeito à realidade dos educandos. Essa tendência surgiu no Brasil a partir da década 70.
7. Tendência Histórico-crítica: postura crítica e reflexiva diante do saber escolar, do processo de ensino e aprendizagem e do papel sóciopolítico da educação escolarizada. A matemática é um saber vivo, dinâmico e que, historicamente vem sendo construído, atendendo a necessidades sociais e a necessidades teóricas de ampliação dos conceitos. A aprendizagem da matemática não consiste apenas no desenvolvimento de habilidades, ou na fixação de alguns conceitos através da memorização ou da realização de uma série de exercícios. Ela se dá quando o educando atribui sentido e significado às idéias matemáticas e, sobre elas, é capaz de pensar, estabelecer relações, justificar, analisar, discutir e criar.
8. Tendência Sociointeracionista-semântica: é centrada na produção de significados e fundamenta-se no modo como os conhecimentos, signos e proposições matemáticas são produzidos e legitimado historicamente pela comunidade científica ou pelos grupos culturais situados sócio-historicamente. O ambiente em que é executado o processo educacional é uma comunidade emergente, que interage, produz significado e se apropria de significados histórico-socialmente produzidos. A aprendizagem se dá ao estabelecer relações possíveis entre fatos, idéias e suas representações. O educador é um mediador que tem mais capacidade de processar e estabelecer relações do que o educando. Ele planeja atividades ricas em significado para que se produza significações historicamente produzidas. Essa tendência surgiu no Brasil a partir da década de 90.

Conforme foi visto, a caracterização do paradigma educacional do educador ou do grupo de educadores não é uma tarefa fácil, devido às constantes transformações nesse paradigma e a existência de idéias relacionadas a várias tendências pedagógicas ou teorias educacionais, apesar da predominância de uma determinada abordagem

educacional. Como na seleção ou no desenvolvimento de recursos pedagógicos é necessário identificar e entender as práticas e idéias específicas resultantes do paradigma educacional do educador, torna-se imprescindível a descrição e/ou caracterização desse paradigma para que os recursos pedagógicos sejam adequados à sua proposta educacional.

## 5.1 Avaliação e Desenvolvimento de Softwares para o Ensino de Matemática

A presença do computador na sala de aula, interferindo a prática pedagógica existente, tem favorecido o surgimento de novos paradigmas educacionais e possibilitado o aperfeiçoamento do processo educacional. Porém, não basta colocar o computador na sala de aula para garantir a qualidade do aprendizado, é necessário que os softwares educacionais que apoiarão o processo de ensino-aprendizagem sejam adequados à proposta educacional do professor [Andres, 2004][Gomes et al., 2002] e que as tarefas propostas aos alunos, as estratégias e as intervenções pedagógicas sejam também coerentes e de qualidade [Lima & Sauer, 2005]. Para isto, é necessário estabelecer requisitos de sistema e de software que levem essas questões em consideração, para que sejam selecionados ou desenvolvidos softwares educacionais que correspondam às expectativas do professor [Cury, 1999] e atendam adequadamente os processos educacionais.

O desenvolvimento de um software educacional adequado ao processo de ensino-aprendizagem e a sua avaliação, dependem da forma como ele será utilizado e da proposta pedagógica de matemática do professor [Andres, 2004]. Em Andres [2004], tem-se que quanto à utilização dos sistemas de software nos processos educacionais pode-se estabelecer as seguintes classificações:

1. **Tutor:** o software desempenha o papel do professor, orientado os alunos para a aquisição de um novo conhecimento.
2. **Ferramenta:** o software é utilizado na aquisição e manipulação de informações;
3. **Tutelado:** os alunos ensinam o software levando o computador a produzir, concretizando suas idéias e projetos através de linguagens de programação;

Recentemente, foram propostas ainda as seguintes classificações Andres [2004]:

1. **Instrucional:** instrução programada, exercícios e práticas;
2. **Revelatório:** o aluno faz descobertas usando simulações;

3. **Conjectural:** o software é utilizado para a construção e avaliação de modelos;
4. **Emancipatório:** o software é usado como ferramenta para a manipulação de textos/números, tratamento e recuperação da informação.

Quanto à proposta educacional os sistemas de software poderão atender as seguintes teorias ou abordagens educacionais que normalmente são adotadas pelos professores de matemática:

1. **Teorias Comportamentalistas:** a aprendizagem é “centrada em condições externas e no comportamento do aluno”. Neste contexto a prática escolar “apresenta planejamento rígido, organização, execução das atividades sob a responsabilidade do professor que ainda julga e utiliza diversos artifícios para reforçar positivamente os comportamentos ensinados” e “ensinar consiste em explicar (até a exaustão) e aprender consiste em repetir( ou exercitar) o ensinado até ser capaz de reproduzi-lo fielmente”. [Nogueira, 2007];
2. **Teorias Construtivista:** a aprendizagem se dá por adaptação do sujeito a novas situações, pela busca do equilíbrio(assimilação e acomodação) devido o desequilíbrio provocado por uma nova descoberta. Este processo se dá mediante a adaptação e hierarquização de esquemas mentais e depende da maturação biológica [Lima & Sauer, 2005]. Nas teorias construtivistas o conhecimento é um processo e não um estado, devido às constantes transformações do homem e do mundo. Dessa forma, um conhecimento nunca está acabado e por isso não pode ser transmitido e sim, construído individualmente por cada um [Nogueira, 2007].
3. **Teoria de Vygotsky:** é na interação social que o indivíduo vai se desenvolver e a aprendizagem está intimamente relacionada ao contexto sociocultural em que a pessoa está inserida. É possível compreender o processo de ensino e aprendizagem por meio do conceito de zona de desenvolvimento proximal (ZDP), em que é muito importante o papel do outro social no desenvolvimento dos indivíduos. Segundo essa teoria, além do nível de desenvolvimento real, que se refere àquilo que o sujeito já conquistou e assimilou, existe também o nível de desenvolvimento potencial, que é a capacidade do sujeito de desempenhar suas tarefas com a ajuda de companheiros mais capazes [Ueno & Moraes, 2007][Nogueira, 2007]. A apropriação do conceito se dá quando se aprende a fazer uso social dele [Nogueira, 2007].
4. **Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud:** segundo esta teoria um conceito é definido a partir de três instâncias: suas propriedades invariantes, os

sistemas de representações e as situações de uso. Portanto, aprender um conceito matemático implica em dominar um conjunto de propriedades que emergem em diferentes situações e que são mediadas por diferentes sistemas de representações. Dominar um campo conceitual significa saber resolver problemas em situações diversas nas quais determinado conceito está inserido [Gomes et al., 2002].

5. **Investigação Matemática:** baseado no estilo de conjectura-teste-demonstração essa abordagem traz para a sala de aula o espírito da atividade matemática genuína, constituindo, por isso, uma poderosa metáfora educativa. O aluno é convidado a agir como um matemático, não só na formulação de questões e conjecturas e na realização de provas e refutações, mas também na apresentação de resultados e na discussão e argumentação com os seus colegas [Ponte et al., 2003].
6. **Cenários para Investigação e Matemática Crítica:** abordagem de investigação que pode tomar muitas formas, como, por exemplo, o trabalho de projeto, e que está relacionada com a educação matemática crítica. Esta abordagem visa dar ao aluno a competência de interpretar e agir numa situação social e política estruturada pela matemática [Skovsmose, 2003].
7. E outras como o construcionismo, a Modelagem Matemática [Barbosa, 2003], etc.

Tanto para selecionar quanto para desenvolver softwares educacionais pode-se elaborar estratégias de avaliação que apoiem esses processos. Na Engenharia de Software a avaliação é uma atividade importante utilizada para garantir ou verificar a qualidade do software. Geralmente o software é avaliado quanto à sua usabilidade, utilizando métodos da Engenharia de Usabilidade, e quanto à sua comunicabilidade, utilizando os métodos da Engenharia Semiótica [de Oliveira et al., 2008].

Como vários dos softwares educacionais disponíveis no mercado são desenvolvidos somente por especialistas da área técnica, algumas especificidade do processo de ensino não têm sido atendidas [Atayde, 2003]. Atualmente, diversos estudos têm sido feitos propondo novos métodos ou adaptações para ambientes educacionais: esses métodos normalmente envolvem a equipe de design (projetistas ou avaliadores), alunos ou professores [de Oliveira et al., 2008]. Dessa forma, vários métodos de avaliação de softwares para o contexto educacional têm sido criados, adaptados, estendidos e combinados para atender as questões relativas ao domínio educacional. Destacamos abaixo alguns desses métodos:

1. **Método de REEVES** (Campos, 1996 apud Andres, 2004): Este método avalia 14 critérios pedagógicos e 10 critérios relacionados à interface, utilizando listas de avaliações (checklist), ensaios de interação e avaliação heurística.
2. **Modelo de Avaliação Segundo Campos**(Campos, 1994 apud Andres, 2004): manual para avaliação da qualidade de um software educacional com o intuito de oferecer algumas diretrizes para desenvolvedores e usuários. Este método utiliza listas de avaliações (checklist) e avaliação heurística.
3. **Técnica de Mucchielli** (Silva, 1998 apud Andres, 2004): avalia a eficácia global do software sobre o público para o qual ele é concebido. Baseia em coleta de dados e avaliação. Este método utiliza listas de avaliações (checklist), ensaios de interação e avaliação heurística.
4. **TICESE** (Games, 1998 apud Andres, 2004): apóia os processos de avaliação de software educacional. Favorece a elaboração de laudo técnico com o objetivo de orientar os responsáveis sobre a decisão de aquisição para uso em contexto escolar. A técnica é baseada em um conjunto de critérios de análise e tem seu suporte teórico nas ciências cognitivistas, ergonômica de software, psicologia da aprendizagem e pedagogia. Este método utiliza um conjunto de questões para orientar os avaliadores na inspeção da qualidade ergonômica e pedagógicas do software educacional.
5. **Gladcheff** (Gladcheff, 2001 apud Batista et al., 2004): instrumento de avaliação de softwares educacionais voltados para o ensino de Matemática no Ensino Fundamental, na forma de questionário e com o objetivo de permitir a avaliação do software educacional quanto à sua capacidade de agregar valor ao ambiente de ensino e aprendizagem de Matemática no Ensino Fundamental. A metodologia considera aspectos técnicos, aspectos relacionados à educação em termos gerais e aspectos específicos da Matemática.
6. **Oliveira** (Oliveira, 2001 apud Batista et al., 2004): modelo de avaliação de softwares educacionais em que são analisados os critérios julgados necessários para um software educacional levando em consideração aspectos técnicos e pedagógicos. Esta metodologia apresenta uma proposta de tratamento quantitativo dos dados. Este método utiliza listas de avaliações (checklist).
7. **Batista** (Batista, 2004 apud Batista et al., 2004): metodologia SoftMat para avaliação de softwares educacionais direcionados à Matemática do Ensino Médio, adaptada de Gladcheff (Gladcheff, 2001 apud Batista et al., 2004) e TICESE

(Games, 1998 apud Andres, 2004) . Essa metodologia é composta de uma lista de avaliação(checklist) disposto em 5 blocos que consideram as normas técnicas da ISO, aspectos educacionais em geral e aspectos particulares referentes à Matemática do Ensino Médio. Esta técnica apresenta uma proposta de tratamento quantitativo dos dados.

8. **MISI** [de Oliveira et al., 2008]:O objetivo do Método de Inspeção Semiótica Intermediado (MISI) é permitir uma análise da visão que o professor tem do sistema, ou seja, a qualidade da transmissão da solução proposta pela equipe de design ao professor. Embora o professor não seja usuário direto de sistemas de apoio ao aprendizado, ele é usuário indireto, uma vez que, muitas vezes, cabe a ele a definição de como o aluno fará uso deste sistema (dentro ou fora da sala). Assim, é fundamental para o sucesso do sistema a comunicação não apenas do designer com o aluno, mas também com o professor.

Para desenvolver e na avaliação de softwares educacionais é necessário identificar os requisitos que atendem as necessidades das atividades educacionais. No domínio educacional, as questões relacionadas com a funcionalidade, interfaces externas, desempenho, restrições impostas pela aplicação e questões relacionadas com portabilidade, manutenibilidade e confiabilidade, deverão ser permeadas pelas abordagens ou teorias educacionais de forma a garantir a coerência do software com o processo de ensino-aprendizagem. Por isso, para facilitar a elicitação e a validação dos requisitos e aumentar a possibilidade de desenvolver softwares adequados aos processos de ensino-aprendizagem, alguns processos de software baseados em prototipagem evolutiva e equipes multidisciplinares têm sido desenvolvidos e utilizados, revelando grandes potenciais [Castro & Aguiar, 1999][Benitti et al., 2005].



## Capítulo 6

# Modelagem de Processos Educaçãoais

Além dos trabalhos de modelagem de processo de negócio, os únicos trabalhos encontrados na literatura, relacionados com a modelagem de processos educacionais e que visam a obtenção de sistemas de software que apoiarão esses processos, foram os trabalhos de Engenharia Pedagógica e a Reengenharia Pedagógica. Essas abordagens de modelagem serão brevementes descritas a seguir, para que se estabeleça uma distinção entre elas e a MPN.

A Engenharia Pedagógica, proposta por Gilbert Paquette, refere-se à implantação de todo um processo de ensino e aprendizagem, de uma determinada prática pedagógica, considerando desde os alunos desse processo até à infra-estrutura interna e os aspectos externo ao ambiente escolar. Ela é definida da seguinte forma:

*...um conjunto de princípios, de processos ou de tarefas que permitem definir o conteúdo de uma formação por meio de uma identificação estrutural de conhecimentos e de competências visadas, de realizar um cenário pedagógico de atividades de um curso, definindo o contexto de utilização e a estrutura dos materiais de aprendizagem. Enfim, definir as infra-estruturas, os recursos e os serviços necessários à transmissão do curso e a manutenção de sua qualidade...."*

*[Gamez, 2004]*

Para realizar a Engenharia Pedagógica, Gilbert Paquette e sua equipe propôs o método MISA (Méthode d'Ingénierie dun Système d'Apprentissage), que é um método

de suporte à concepção de um sistema de aprendizagem [Gamez, 2004]. Esse método é realizado nas seis etapas a seguir:

1. definir o problema de formação;
2. propor uma solução preliminar;
3. conceber a arquitetura pedagógica;
4. conceber os materiais pedagógicos e sua difusão;
5. realizar e validar os materiais;
6. planejar a difusão do sistema de aprendizagem.

Na aplicação do método são considerados quatro dimensões, listadas abaixo, conforme apresenta Gamez [2004]:

1. a modelagem de conhecimentos, que distingue diferentes tipos de conhecimentos e ligações entre estes, auxiliando na escolha das atividades e das mídias.
2. a concepção pedagógica, que orienta a concepção para as unidades de aprendizagem
3. o planejamento da mídia, que permite realizar um macrodesign sem préjulgar as decisões a serem tomadas pelos especialistas das diversas mídias que serão construídas em seguida.
4. o planejamento da difusão, que libera as questões midiáticas das questões de acesso ao sistema de aprendizagem, das infra-estruturas necessárias a sua difusão e as tarefas de gestão da formação.

A Engenharia Pedagógica é utilizada quando se pretende criar um processo educacional. Quando já existe um processo educacional estabelecido e pretende-se modificá-lo, tem-se a Reengenharia Pedagógica [de Oliveira & Passerino, 2006].

Segundo Gamez [2004], trazer a tecnologia para o âmbito educacional, quer na realização de tarefas e procedimentos, quer no próprio contexto de ensino e aprendizagem, constituem em processos de Reengenharia Educacional.

A Reengenharia Educacional tem sido utilizada para [Gamez, 2004]:

1. na educação à distância, mudar o equilíbrio entre os componentes instrucionais num curso ou aprofundar, enriquecer ou mudar um componente individual. Considerando o design de um curso que seja mais flexível para o usuário. Flexibilidade relacionada ao tempo, ao conteúdo, à abordagem pedagógica e recursos, à distribuição e logística.
2. repensar fundamentalmente os objetivos básicos e reestruturar os processos educacionais por meio dos quais tais objetivos devem ser alcançados, com vistas obtenção de melhorias em indicadores críticos e contemporâneos de desempenho.
3. transformação do treinamento clássico tradicional das empresas em um modelo de aprendizagem contínua organizacional.

Para realizar a Reengenharia Pedagógica, pode-se considerar três diferentes níveis de complexidade[Gamez, 2004]:

1. implementar mudanças num curso presencial já existente objetivando seu melhoramento, mas preservando sua modalidade de ensino, as ferramentas e algumas metodologias didáticas utilizadas. Trata-se de rever o curso objetivando reestruturar sua organização.
2. implementar mudanças no método de ensino inserindo novas tecnologias educacionais.
3. mudanças na modalidade de ensino que migra do presencial para a distância.

A Engenharia Pedagógica, a Reengenharia Pedagógica e a MPN compartilham alguns objetivos em comum, como a melhoria da qualidade dos processos, o levantamento de requisitos de software, a identificação de inovações, a definição de objetivos e estratégias do processo educacional. Porém, a MPN apresenta uma flexibilidade maior na sua aplicação ao possibilitar a modelagem de uma ou mais aulas do processo educacional, enquanto as propostas de aplicação da Engenharia Pedagógica e da Reengenharia Pedagógica abrangem um curso (ou disciplina) como um todo.



# Capítulo 7

## Definição da Metodologia

O presente trabalho é uma pesquisa de natureza tecnológica, de caráter exploratório, que utiliza estudo de caso e é fundamentada em referências bibliográficas.

Esta pesquisa é de natureza tecnológica por ter como objetivo a aquisição de novos processos de obtenção de requisitos de software educacionais. O trabalho tem objetivo de caráter exploratório por buscar descobrir maneiras novas ou inéditas de obter requisitos de software, unindo a Modelagem de Processo de Negócio [Eriksson & Penker, 2000] e a metodologia de elicitação de requisitos de software baseada na Teoria da Atividade [Martins, 2001]. Os procedimentos utilizados foram estudos de caso.

### 7.1 Procedimento Metodológico

O presente trabalho foi realizado em 5 etapas e no período de Janeiro de 2008 a Março de 2009, em 5 etapas: preparação, elaboração do método, aplicação do método proposto, validação dos requisitos e análise dos resultados.

#### **1ª) Preparação**

Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico de trabalhos relacionados com a seleção, a avaliação e o desenvolvimento de softwares educacionais para o ensino de Matemática, buscando responder a pergunta: “Quais características, funcionais e não-funcionais, um software educacional deve ter para atender um determinado processo educacional?”. Dessa pesquisa bibliográfica foram levantados alguns trabalhos relacionados com a Engenharia de Requisitos e a Educação Matemática, que respondiam a pergunta formulada e que consideravam alguns dos seguintes aspectos: proposta pedagógica do professor, a interação com o educando, a natureza do conteúdo, as transformações nos paradigmas educacionais e a estrutura dinâmica das atividades educacionais.

Dentre os trabalhos encontrados os trabalhos de Eriksson & Penker [2000] e Martins [2001] foram selecionados para serem as bases do método que seria proposto, pela abrangência e pela natureza dos requisitos que esses trabalhos conseguem obter, cobrindo os aspectos que buscávamos atender, conforme apresentado na descrição da etapa anterior. Esses dois trabalhos foram também selecionados pela complementariedade que existe entre eles.

### **2ª) Elaboração do Método**

Os dois trabalhos selecionados foram estudados e com base nesse estudo foi proposto, por este trabalho, o Método de Modelagem de Processo Educacional (MMPE), integrando a Modelagem de Processo de Negócio e a Teoria da Atividade. Além da elaboração método, foi elaborado também o artefato Descrição do Processo Educacional (DPE) utilizado na aplicação do método, apresentado no Anexo A deste trabalho.

### **3ª) Aplicação do Método Proposto**

Inicialmente foram selecionadas e adquiridas algumas ferramentas necessárias ao trabalho de modelagem como computadores, softwares de elaboração de diagramas, editores de texto e gravadores de voz. Posteriormente foi necessário encontrar processos educacionais informatizados ou que poderiam ser informatizados e que pudessem ser utilizados na realização de um estudo de caso. Foi identificado um processo educacional que atendia este trabalho e estabelecido o acordo de realização da modelagem desse processo.

O processo educacional modelado correspondia ao cenário que se pretendia conseguir para a aplicação do método proposto. O educador responsável pelo processo educacional necessitava que fosse desenvolvido um sistema de software para apoiar suas aulas, pois não existia nenhum sistema de software que correspondia aos seus objetivos educacionais. Além disso, o educador já tinha definido os conteúdos que seriam estudados e a abordagem educacional que seria utilizada, mas não sabia quando e como o sistema de software seria utilizado e nem quais funcionalidades e características ele deveria ter. Dessa forma, esse processo educacional forneceu uma valiosa oportunidade para verificar o alcance ou não dos benefícios que este método proposto poderia oferecer, ao unir as metodologias de modelagem de processo de negócio de [Eriksson & Penker, 2000] e de elicitação de requisitos de software de [Martins, 2001]. Conforme será apresentado no próximo capítulo, foram utilizadas as mesmas etapas das duas metodologias utilizadas, com alterações em algumas de suas atividades.

Foram realizadas reuniões de levantamento de requisitos baseadas em entrevistas semi-estruturadas. Nessas reuniões há algumas informações do processo educacional que precisam ser obtidas, mas como as atividades e as abordagens educacionais estão sob discussão e estudo pelos educadores que participam como responsáveis pelo

processo educacional, a ordem e o momento em que as informações são obtidas nem sempre seguem a estrutura linear das questões que o modelador pretende que sejam respondidas.

Através das reuniões as etapas da MPN são realizadas enquanto os artefatos elaborados são preenchidos com as informações obtidas. Essas informações compõem o modelo de negócio do processo educacional e nas reuniões seguintes são validadas as informações obtidas nas reuniões anteriores, antes que se dê continuidade na modelagem. Participam dessas reuniões a equipe de modelagem e os responsáveis pelo processo educacional.

O trabalho de elaboração do modelo de negócio realizado pela equipe de modelagem consistiu na elaboração do documento que contém a descrição do negócio e dos diagramas que farão parte desse documento. O documento de descrição do negócio contém todas as informações sobre a modelagem: informações do projeto, o escopo da modelagem, as visões de negócio, os requisitos obtidos e a descrição dos sistemas de software que apoiarão a parte do negócio que foi modelada. Os diagramas descrevem aspectos estáticos e dinâmicos relacionados às quatro visões de negócio e são realizados em linguagem UML, utilizando softwares que suportam as extensões propostas por Eriksson & Penker [2000].

Através das reuniões é realizada a modelagem das quatro visões de negócio conforme proposto por Eriksson & Penker [2000]: Visão de Negócio, Visão de Processo de Negócio, Visão de Estrutura do Negócio e Visão de Comportamento de Negócio. Porém, a obtenção da Visão de Processo de Negócio e da Visão de Comportamento de Negócio sofre algumas alterações com a utilização da Metodologia de Elicitação de Requisitos de Software baseada na Teoria da Atividade [Martins, 2001].

Após a definição das atividades educacionais, durante a modelagem da Visão de Processo de Negócio, são obtidos, graças à aplicação da metodologia proposta por Martins [2001], alguns dos diagramas comportamentais que irão compor a Visão de Comportamento de Negócio e os Diagramas de Linha de Montagem da Visão de Processo de Negócio.

Ao final, o documento contendo a descrição do negócio é passado aos responsáveis pelo processo educacional para validação. Embora os responsáveis pelo processo educacional validem as informações modeladas, a validação dos requisitos é realizada após a aplicação do método proposto por este trabalho, utilizando prototipação, que é a base de uma das técnicas de validação de requisitos da Engenharia de Requisitos.

#### **4ª) Validação dos Requisitos**

Após a aplicação do método proposto foi desenvolvido, pela equipe de modelagem, um protótipo navegável para validar os requisitos obtidos.

Os responsáveis pelo processo educacional realizaram as aulas elaboradas por eles utilizando o protótipo e avaliaram, através da interação com o protótipo, a adequação daquele sistema de software ao processo educacional, segundo suas expectativas e necessidades.

Dessa forma, os requisitos obtidos com o método proposto foram avaliados e validados pelos educadores e essas informações foram registradas para serem utilizadas na análise dos resultados.

#### **5ª) Análise dos Resultados**

Foram analisadas as reuniões de aplicação do método, os requisitos de sistema e os requisitos de softwares que foram obtidos. Foram identificados e descritos os pontos fortes e fracos do método proposto e discutido sobre as contribuições que ele pode oferecer à Engenharia de Requisitos e ao desenvolvimento, avaliação e seleção de softwares educacionais.

## Capítulo 8

# MMPE: Método de Modelagem de Processo Educacional

Para tentar resolver alguns dos grandes desafios no contexto de desenvolvimento e da seleção de softwares educacionais o Método de Modelagem de Processo Educacional (MMPE) uniu as contribuições de duas metodologias de levantamento de requisitos de sistemas de software: a Modelagem de Processo de Negócio [Eriksson & Penker, 2000] e a Metodologia de Elicitação de Requisitos baseada na Teoria da Atividade [Martins, 2001].

A integração das duas metodologias foi quase natural. A Modelagem de Processo de Negócio proposta por Eriksson & Penker [2000] detalha os processos de negócio até ao nível de atividade e não apresentava uma sistematização para obter os requisitos funcionais e, conseqüentemente, os casos de usos associados a eles. Já a Metodologia de Elicitação de Requisitos baseada na Teoria da Atividade [Martins, 2001] parte da análise das atividades para obter os casos de uso associado a elas (ver tabela 8.1). Desta forma, uma vez que durante a modelagem dos processos de negócio as atividades são identificadas, a metodologia proposta em Martins [2001] pode ser utilizada para sistematizar a obtenção dos casos de uso, ou seja, dos requisitos funcionais.

Era preciso garantir que as atividades obtidas pela modelagem de processo de negócio fossem as mesmas atividades requeridas pela metodologia proposta por Martins [2001]. Para isso, foi utilizada a estratégia de identificação das atividades, proposta em Martins [2001], durante a decomposição dos processos educacionais, realizada na obtenção da Visão de Processo de Negócio. Segundo a Teoria da Atividade, as atividades possuem motivos, que são necessidades dos sujeitos que precisam ser atendidas. Desta forma, se durante a decomposição dos processos educacionais em sub-processos algum sub-processo apresentasse uma meta que correspondesse a desejos e necessidades

dos educandos e que fosse o “ponto de partida” da atividade, então esse sub-processo corresponderia a uma atividade no contexto da Teoria da Atividade.

As relações entre os conceitos de atividade da MPN e da TA podem ser vistas na tabela 8.1. Essa tabela apresenta as seguintes relações:

1. Na MPN os elementos que se relacionam com a atividade são representados como objetos. De acordo com a MPN toda atividade é controlada por um ou mais *objetos de controle*, que correspondem ao *sujeito* na TA e ao *agente* no caso de uso.
2. Na MPN as atividades recebem *objetos de entrada*, que correspondem aos *objetos* na TA e no caso de uso, que são consumidos ou refinados, de acordo com os *objetos da meta*, associados ao *motivo* na TA.
3. Na MPN os *objetos de saída* correspondem ao *resultado* da TA e à *meta* do Caso de Uso.
4. Na MPN os *objetos fornecidos*, que são as pessoas, as informações e demais objetos físicos ou abstratos que participam da atividade, correspondem ao *artefato* e à *comunidade* na TA.
5. Na MPN as *regras de negócio*, que restringem ou orientam o fluxo das atividades, correspondem à *regra* na TA e às *pré-condição, pós-condição ou exceção* no caso de uso.
6. Por fim, na MPN as *raias*, que podem ser utilizadas para mostrar quais objetos são responsáveis por uma atividade ou processo específico, correspondem à *divisão do trabalho* na TA e o *evento*, que modelam respostas a ocorrências importantes nos processos, correspondem ao *evento* no caso de uso.

Portanto, essas duas metodologias foram integradas visando o levantamento de requisitos de sistema e de softwares, dos sistemas de software que participavam ou participarão dos processos educacionais modelados. A seguir, será apresentado uma visão geral do MMPE e as suas atividades, que foram baseadas no método de MPN proposto por Eriksson & Penker [2000] e no MERBTA proposto por Martins [2001].

## 8.1 Visão Geral do MMPE

O MMPE tem como objetivo o levantamento de requisitos de sistemas de softwares que apoiem os processos educacionais, baseado nos processos educacionais e na participação

Atividade (MPN)	Atividade (TA)	Caso de Uso
-	Ação	Ação
Objetos de controle	Sujeito	Agente
Objetos de entrada	Objeto	Objeto
Objetos da Meta	Motivo	-
Objetos de saída	Resultado	Meta
Objetos fornecidos	Artefato	-
-	Meta (da ação)	-
-	Operação	-
Regra de Negócio / Restrições	Regra	Pré-condição, Pós-condição ou Exceção
Objeto fornecidos	Comunidade	-
Raias	Divisão do Trabalho	-
-	-	Cenário
Evento	-	Evento
-	-	Propriedade
-	-	Estado
-	-	Estrutura do Objeto

**Tabela 8.1.** Mapeamento entre os conceito de atividade e de caso de uso.

dos sistemas de softwares em suas atividades, de forma a garantir que os softwares apóiem adequadamente esses processos. Neste método, os educadores são entendidos como clientes que contratam o projeto de desenvolvimento dos sistemas de softwares e os educandos como os usuários desses sistemas.

Conforme apresentado na figura 8.1, este método inicia-se com a atividade de *contato e planejamento* que definirá o escopo, os objetivos, as pessoas envolvidas, os custos e os prazos da modelagem. Neste momento são identificadas as unidades organizacionais relacionadas ao conteúdo que será abordado no processo educacional e são definidas as técnicas da Engenharia de Requisitos que serão utilizadas na realização da modelagem.

A seguir, são obtidas as visões de negócio. Primeiramente obtém-se a *Visão de Negócio*, identificando as informações relacionadas ao processo educacional atual, a projeção deste processo no futuro e as demais informações propostas para esta parte em Eriksson & Penker [2000]. Porém, neste método sugere-se que o diagrama de metas e problemas, que faz parte da MPN, seja obtido a partir das metas associadas às unidades organizacionais, do processo educacional, que já foram identificadas, ao invés de serem obtidas perguntando aos educadores quais são as metas do processo educacional elaborado por eles.

Posteriormente são realizadas, em paralelo, as atividades de obtenção da *Visão de*

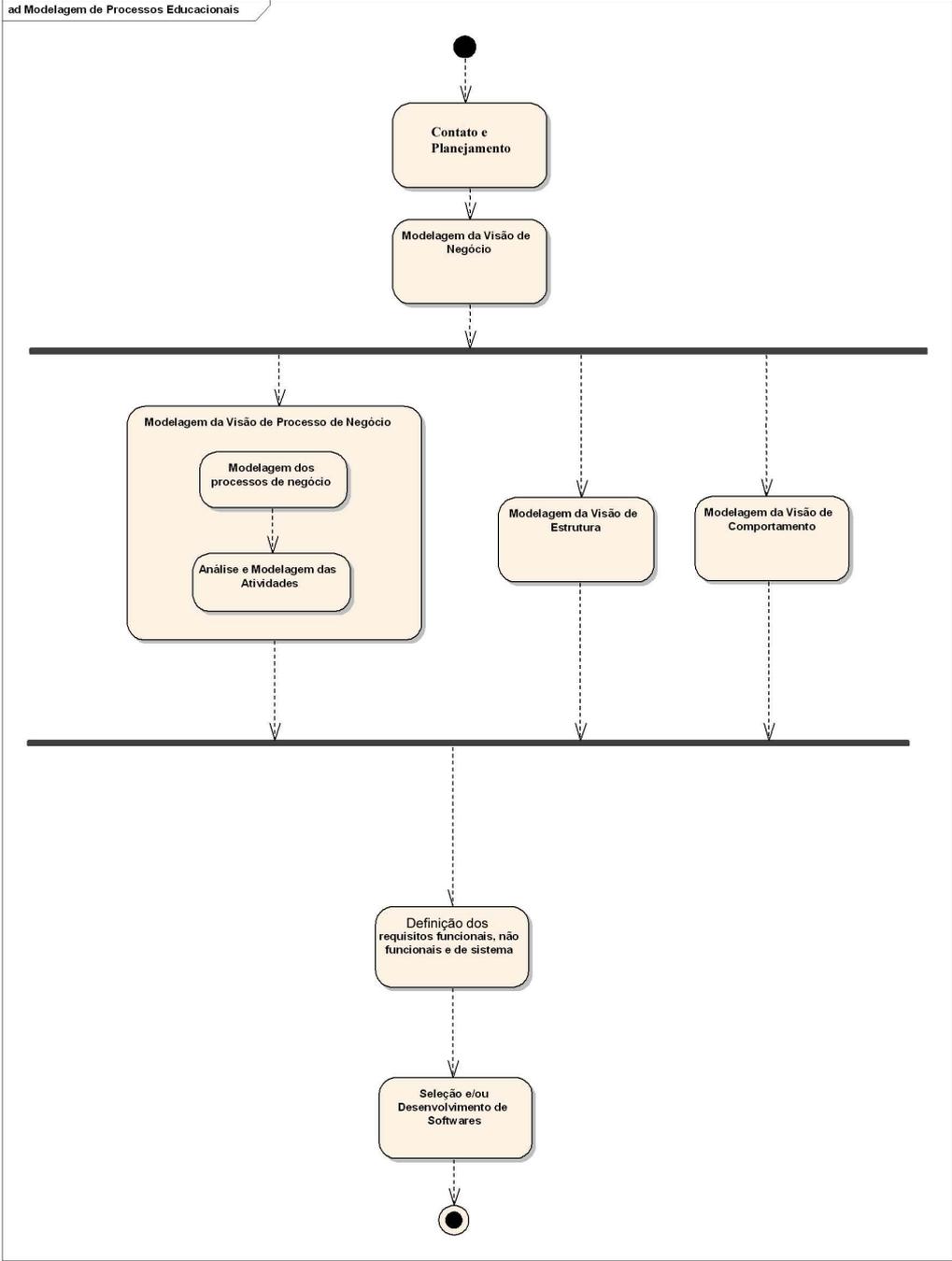


Figura 8.1. Fluxo de atividades do MMPE.

*Processo de Negócio*, da *Visão de Estrutura de Negócio* e da *Visão de Comportamento*. Enquanto a *Visão de Processo de Negócio* é obtida com base no diagrama de metas e problemas, estabelecendo um processo ou uma atividade educacional para cada meta que foi definida, as demais visões são obtidas à medida que os processos de negócio vão sendo detalhados e estudados.

Os processos de negócio são detalhados até chegar no nível de atividades. A partir daí é realizada uma *análise de cada atividade do processo educacional*, conforme proposto em Martins [2001]. Dessa análise, além das informações sobre os elementos da atividade e da sua estrutura hierárquica, obtém-se, para cada atividade, um Diagrama de Sequência da UML referente à execução das atividades e um roteiro, da Engenharia de Requisitos, que corresponde a uma instância do caso de uso relacionado à atividade analisada.

Durante a elaboração da visão de processo de negócio, quando não há a participação dos sistemas de software nos processos modelados, é também identificada a necessidade de informatização das atividades educacionais e como essa informatização se dará. Os processos educacionais são estudados, as atividades são analisadas e são propostos os sistemas de software.

Após a modelagem das quatro visões de negócio, a arquitetura do processo educacional está definida e documentada. Com base nela é feita a *definição dos requisitos funcionais, não funcionais e de sistema* e, posteriormente, dá-se início à *seleção e/ou no desenvolvimento dos sistemas de softwares* que apoiarão os processos educacionais.

## 8.2 Contato e Planejamento

A primeira atividade deste método consiste em fazer contato com os educadores para estabelecer o trabalho de modelagem dos processos educacionais dos quais eles participam e gerenciam. Após o acordo de realizar a modelagem dos processos educacionais é feito o planejamento da modelagem

Essa etapa prescreve três passos:

1. Apresentar os objetivos do trabalho de modelagem, que resumidamente consiste em modelar o processo educacional com vistas à identificação das atividades que são ou que poderiam ser apoiadas por sistemas de software e identificar também as características e funcionalidades dos sistemas.
2. Obter o consentimento para a realização da modelagem, definir quem participará do processo de modelagem, as responsabilidades de cada um e como se dará

a modelagem dos processos educacionais. Neste momento são definidas quais técnicas da Engenharia de Requisitos serão adotadas, como: JAD, entrevistas, prototipação, etc. A definição dessas técnicas depende de algumas características do projeto como o número de participantes, o envolvimento dos participantes, os objetivos do projeto, etc.

3. Definir os objetivos e o escopo da modelagem. O escopo da modelagem consiste nas unidades organizacionais que serão modeladas e os objetivos da modelagem geralmente são: compreensão do processo educacional, criar base para desenvolvimento de sistemas de software adequados ao processo educacional, criar base para melhorias do processo educacional, desenvolvimento de novos processos e identificação de oportunidades de trabalhos multidisciplinares. O escopo da modelagem pode depender da quantidade de pessoas envolvidas, da quantidade e complexidade dos processos educacionais e do custo e do tempo disponível para a realização da modelagem.

Nessa atividade são registradas, nos capítulos 1, 2 e 3 do documento “Descrição do Processo Educacional” (ver Anexo A), as informações abaixo, além das informações relacionadas ao documento, ao projeto e aos responsáveis pela modelagem:

1. **Breve Descrição do Processo Educacional:** O que é e a que se destina? Essa informação é utilizada e detalhada na Visão de Negócio.
2. **Escopo da modelagem do processo educacional:** Quais unidades administrativas e de ensino serão modeladas? Essas informações são utilizadas na elaboração dos diagramas de estrutura organizacional, na Visão de Estrutura de Negócio.
3. **Objetivos da modelagem:** Essa informação é utilizada na Visão de Negócio para guiar a elaboração da Definição Estratégica.
4. **Estimativa de Custos e Prazo para a modelagem:** Essa informação está relacionada com o contrato entre os desenvolvedores e os responsáveis pelo processo educacional que será modelado.

### 8.3 Modelagem das Visões de Negócio

Uma vez que os participantes, os objetivos e o escopo da modelagem foram definidos, é realizada a modelagem das visões de negócio utilizando as técnicas da Engenharia de Requisitos adequadas às características do projeto.

Nas próximas seções é apresentado como as visões de negócio são obtidas, neste método.

### 8.3.1 Visão de Negócio

A Visão de Negócio é obtida conforme proposto por Eriksson & Penker [2000] e com algumas adaptações para contemplar as necessidades específicas do domínio educacional.

A visão de negócio é a primeira visão a ser modelada, servindo de base para a modelagem das outras visões. Por outro lado, a modelagem das outras visões pode promover também alterações em algumas das informações da visão de negócio, pois, geralmente, a modelagem de processos de negócio é feita de maneira iterativa e incremental. À medida que a compreensão do negócio é ampliada, a modelagem já realizada é atualizada para incorporar as novas informações.

#### Definição Estratégica

Como propõe [Eriksson & Penker, 2000], a definição estratégia compreende as atividades de Análise do Contexto de Negócio e a definição da Matriz TOWS e Declaração da Visão.

#### *Análise do Contexto de Negócio*

Como é feito na MPN [Eriksson & Penker, 2000], nessa atividade são levantadas as considerações mais importantes referentes ao processo educacional atual, à definição de estratégias para propor melhorias do processo educacional e às informações relevantes para o desenvolvimento dos sistemas de software. Dentre as informações levantadas nessa atividade, conforme proposto em Eriksson & Penker [2000], o método proposto por este trabalho considera apenas as informações que dizem respeito ao domínio educacional e, além disso, separa essas informações em dois grupos: aspectos relacionados às atividades educacionais e aspectos relacionados ao processo educacional.

Os aspectos relacionados às atividades educacionais explicitam por quem, como, porque são realizados as atividades educacionais e quais recursos estão disponíveis. Já os aspectos relacionados ao processo educacional dizem respeito às finalidades com que as atividades educacionais são realizadas e ao contexto educacional. Além de essas informações serem utilizadas no entendimento do processo educacional, elas são utilizadas também como base para a elaboração da Matriz TOWS e da Declaração da Visão.

Quanto aos aspectos relacionados às atividades têm-se as seguintes considerações:

1. **Os participantes do processo educacional e seus objetivos:** Quem são? Quais as suas características? Quais são os seus papéis? Quais são os seus

objetivos?

2. **Material didático e tecnologia:** Quais são os materiais didáticos e os recursos tecnológicos disponíveis? Como eles são utilizados?

Quanto aos aspectos relacionados ao processo educacional são propostas as seguintes considerações:

1. **Conteúdo e finalidade:** O que será estudado? Com que finalidade este conteúdo será estudado? Quais são as características específicas do conteúdo a ser estudado? Qual é a natureza do objeto de conhecimento e quais são as habilidades necessários para se relacionar com ele?
2. **Contexto Educacional:** Quais mudanças (sociais, políticas, econômicas, tecnológicas, etc) estão ocorrendo e como elas influenciam os processos educacionais?
3. **Percepção do Público:** Qual é a percepção da sociedade (educadores, pesquisadores, comunidade escolar e pessoas interessadas) quanto a este processo educacional? Em que aspecto é desejável alterar esta percepção? A Escola ou o Curso precisam de uma nova imagem?
4. **Outras escolas, cursos e processos educacionais:** O que tem sido feito em outros cursos ou escolas? Como os processos educacionais, em outras escolas ou curso, estão se transformando?

#### *Matriz TOWS*

Com a Matriz TOWS busca-se inovações e/ou melhorias nos processos educacionais. Através dela é possível estabelecer estratégias de introdução de computadores nos processos educacionais ou de melhoria dos processos educacionais já informatizados. Além disso, pode-se identificar melhorias das condições de trabalho dos educadores, pois ela permite a identificação e a definição de estratégias que podem ser utilizadas nas atividades educacionais para atingir este fim.

#### *Declaração da Visão*

A Declaração da Visão favorece uma visão comum sobre a situação atual e a situação desejada do processo educacional modelado, proporcionando a todos que estão envolvidos com a modelagem uma melhor compreensão do que está sendo modelado e do que se pretende fazer, para que as demais visões sejam modeladas com menos dificuldade de entendimento e de divergência de objetivos de modelagem.

As questões utilizadas para desenvolver a Declaração da Visão foram organizadas segundo as três situações propostas por Skovsmose & Borba [2004], que dizem respeito

ao processo de mudança de um processo de ensino-aprendizagem: situação atual, situação ideal e situação arranjada. Ao invés de abordar apenas a situação atual e a situação ideal, como proposto em Eriksson & Penker [2000], este método considera que a situação ideal, no contexto educacional, nem sempre pode ser alcançada. Porém, pode-se obter uma situação melhor do que a situação atual e que caminha em direção à situação ideal: a situação arranjada.

A **situação atual** diz respeito ao processo educacional corrente. Em relação a este processo é importante apresentar as seguintes informações:

1. caracterização do processo educacional atual: o que se entende sobre o principal benefício esperado por educandos e educadores e o que é feito para atender suas necessidades.
2. descrições do seu contexto;
3. o que está mudando;
4. o que é importante;
5. funções do processo educacional;
6. problemas que podem ser visualizados;

Já a **situação ideal**, sendo uma situação imaginária, apresenta as alternativas para se resolver os problemas. Com relação a esta situação é importante levar em consideração as seguintes questões:

1. possíveis cenários que podem vir a ocorrer;
2. o que a Escola/Curso pode se tornar;
3. o que a Escola/Curso pode adotar;
4. quais tipos de resultados são esperados.;
5. imagem que se deseja projetar da escola/Curso. Deverá refletir um sonho criado e assumido oficialmente pelos educadores para direcionar o desenvolvimento de longo prazo dos processos educacionais, expressando a situação ideal futura a ser buscada incessantemente pelos educadores, em todas as suas ações. Esta questão é respondida tentando responder a pergunta: **o que queremos ser?**

Por fim, a **situação arranjada** apresenta uma alternativa em relação à situação atual. Em geral são apresentadas alternativas práticas, fruto das negociações entre as pessoas envolvidas nos processos educacionais:

1. metas, mensuráveis, de alto nível que depois vão se desdobrar em metas operacionais. Estas metas serão as metas gerais do processo educacional;
2. como avaliar o cumprimento dessas metas;
3. planejamento de esforço em processos (criação, melhorias) para viabilizar as metas definidas;
4. proposta de novos processos e/ou sub-processos educacionais;
5. possíveis cenários que pode vir a ocorrer.

Todas essas informações podem ser obtidas através de entrevistas, de reuniões, de questionários ou de outras técnicas da Engenharia de Requisitos que melhor atenderá ao projeto. Há ainda outras informações importantes, relacionadas ao processo educacional atual, que são obtidas realizando análise documental em documentos como Projeto Político Pedagógico(PPP), PPI, etc. Estas informações são:

1. **Missão:** Parágrafo curto descrevendo a missão da Escola/Curso. Sintetiza a atuação e os objetivos da Escola/Curso. Esta informação deve responder a pergunta: **O que somos?**
2. **Valores:** Convicções claras e fundamentais que a Escola/Curso defende e adota como guia para a gestão do seus processos educacionais (crença e posturas éticas: certo e errado, bom e ruim, importante e não importante). Esta informação deve responder a pergunta: **Em que acreditamos?**

### **Modelo Conceitual**

A elaboração do Modelo Conceitual é feita com base nas informações já registradas nas atividades anteriores. Inicialmente o modelador elabora esse modelo com as informações já obtidas e depois ele é refinado, modificado, complementado e validado pelos demais participantes da modelagem. Esse modelo deve explicitar, pelo menos, as informações referentes aos processos educacionais e de seus participantes.

O Modelo Conceitual deverá apresentar os conceitos envolvidos no processo educacional, incluindo participantes desse processo, aos recursos e aos resultados do processo, bem como os relacionamentos entre todos eles. Em particular, o Modelo Conceitual deve apresentar os tipos de participantes, os papéis que eles assumem e como eles estão relacionados entre si.

O Modelo Conceitual é utilizado para o entendimento dos conceitos utilizados durante a modelagem. Sempre quando existir divergências conceituais e essas divergências forem solucionadas, esse modelo deve ser atualizado para se adequar ao novo entendimento dos conceitos utilizados no projeto.

### **Modelo de Metas e Problemas**

Com base nas unidades organizacionais, relacionadas ao conteúdo, explicitadas no planejamento da modelagem, é feito o levantamento das metas do processo educacional. Cada unidade organizacional que faz parte do escopo da modelagem sugere metas relacionadas ao processo educacional. Em particular, através das unidades organizacionais pode-se obter quais habilidades e competências são exigidas e, dessa forma, definir as metas associadas aos conteúdos, habilidades e competências.

Após a identificação das metas, elas são agrupadas e associadas a metas que estão em um nível superior que, por sua vez, também são agrupadas e associadas a outras metas que estão em um nível acima até alcançar as metas principais, metas primárias ou metas gerais do processo educacional. Esse processo é feito perguntando “Porque devemos alcançar estas metas?”. A resposta dessa pergunta é uma meta que está em um nível superior.

As metas que foram encontradas são também detalhadas em sub-metas. É feito o detalhamento das metas em sub-metas até o ponto em que as metas não podem ser mais detalhadas em sub-meta. Esse momento se dá quando as sub-metas são metas relacionadas aos participantes do processo educacional, que correspondem aos seus desejos e necessidades e que são o “ponto de partida” da atividade, conforme proposto em Eriksson & Penker [2000] na identificação do motivo de uma atividade. Essas metas, relacionadas aos participantes do processo educacional, serão utilizadas mais adiante para identificar as atividades educacionais que fazem parte dos processos educacionais que estão sendo modelados, ou seja, essas metas são metas das atividades.

Desse ponto em adiante, o processo de modelagem segue como é proposto em Eriksson & Penker [2000], identificando-se novas metas com base na Matriz TOWS e na Declaração de Visão, detalhando essas metas em sub-metas e reagrupando-as em metas de níveis mais altos e, por fim, identificando para todas as metas encontradas possíveis problemas a elas relacionados e os seus respectivos planos de ação.

Como todas as metas precisam ser verificáveis, aquelas que não podem ser alcançadas no atual processo educacional não serão modeladas.

Conforme é descrito em Eriksson & Penker [2000], o relacionamento entre as metas e as sub-metas pode ser “completo” ou “incompleto”. Quando considera-se que o alcance das sub-metas implica no alcance da meta em que as sub-metas estão associadas, diz-se que o relacionamento é completo. Caso contrário, ou seja, quando o alcance das sub-

metas, por si só, não garante que a meta de alto-nível seja alcançada, o relacionamento é dito incompleto.

### 8.3.2 Visão de Processo de Negócio

Inicialmente, como é proposto em Eriksson & Penker [2000], para cada meta ou conjunto de metas do Modelo de Metas e Problemas são propostos os processos, os sub-processos ou as atividades educacionais que atingirão essas metas. Depois, os processos educacionais associados às metas de mais alto nível são organizados de forma a mostrar uma visão geral do processo educacional, dando origem ao diagrama de atividade chamado Visão Geral dos Processos Educacionais.

Posteriormente, são identificados os sub-processos associados a metas de níveis mais baixos, decompondo os processos educacionais de níveis mais alto. As metas desses sub-processos devem ser sub-metas dos processos educacionais de níveis mais alto. Os processos (ou sub-processos) educacionais são decompostos até chegar às atividades educacionais e, quando as atividades educacionais informatizadas são identificadas, são obtidos os casos de uso associados a elas.

Segundo Eriksson & Penker [2000], quando um sub-processo de negócio não pode mais ser detalhado em sub-processos, ele é chamado de atividade. Neste método, porém, um sub-processo educacional só é chamado de atividade se suas metas são motivos do sujeito que realiza a atividade, conforme uma atividade é identificada em Martins [2001]. Enquanto em Eriksson & Penker [2000] são os modeladores que definam o que é ou não uma atividade, neste método um sub-processo é ou não uma atividade de acordo com a meta associada a ele: se a meta se identifica com o motivo que leva o sujeito a realizar a atividade, se a meta busca suprir uma ou mais necessidades do sujeito, esse sub-processo é uma atividade.

Neste trabalho, como propõe [Martins, 2001], a atividade informatizada é “considerada como uma unidade de elicitação de requisitos, uma vez que as pessoas envolvidas num sistema organizam a sua forma de trabalhar em atividades”. Portanto, ao identificar uma atividade informatizada, realiza-se as duas últimas etapas (delinear o contexto da atividade e descrever a estrutura hierárquica da atividade) do método proposto em Martins [2001] e obtém-se os requisitos de software.

Essa abordagem é aceitável se considerarmos que os participantes da atividade são os sujeitos da atividade proposto pela Teoria da Atividade e que a meta desse participante, que orienta a realização da atividade e que está relacionada com os seus desejos ou necessidades, é o que a Teoria da Atividade chama de motivo.

Ao identificar as atividades, que é ou que serão informatizadas, elas são analisadas

conforme propõe a MERBTA para obter seus elementos e a sua estrutura hierárquica [Martins, 2001]. Das informações da estrutura hierárquica das atividades é elaborado um Diagrama de Sequência, da UML, para cada atividade. Utilizando também das informações dos elementos da atividade é criado um roteiro, da Engenharia de Requisitos, que corresponde a uma instância do caso de uso associado à atividade. Como para cada atividade tem-se um roteiro, que corresponde a uma instância de um determinado caso de uso, pode-se definir o caso de uso associado com a atividade. Posteriormente, na definição dos requisitos com base na arquitetura educacional, os roteiros associados às atividades podem ser agrupados e associados a um único caso de uso, quando esses roteiros são instâncias desse caso de uso.

Além de sistematizar a obtenção dos casos de uso, o método proposto se diferencia também da metodologia proposta em Eriksson & Penker [2000] pela maneira em que são obtidos os diagramas de Linha de Montagem. Em Eriksson & Penker [2000], durante a obtenção da Visão de Processos de Negócio, o fluxo de informações entre os processos educacionais e que são intermediadas pelo sistema de software dão origem aos diagramas de Linha de Montagem.

Na MPN, segundo Eriksson & Penker [2000], inicialmente os Diagramas de Linha de Montagem são obtidos em um nível mais alto, mostrando a comunicação entre os processos educacionais e os sistemas de software. Posteriormente eles são detalhados em diagramas de níveis mais baixos até chegar a um nível adequado para perceber o fluxo de informações entre as atividades educacionais e os sistemas de software.

No MMPE, conforme já foi visto, os processos educacionais são detalhados até chegar às atividades educacionais, que são analisadas, e delas são obtidos os casos de uso. Dos casos de uso são obtidos os diagramas de Linha de Montagem que, nesse caso, estará no nível mais baixo possível. Partindo desses diagramas de níveis mais baixos são obtidos os de níveis mais altos de forma a possibilitar a apresentação, através de diagramas de Linha de Montagem, dos sistemas de software utilizados no processo educacional e como eles interagem entre si e com os processos educacionais.

Portanto, a Visão de Processo de Negócio é obtida obtendo os processos educacionais de níveis mais altos, detalhando esses processos até chegar às atividades educacionais e, chegando às atividades educacionais, obtendo os casos de uso e os diagramas de Linha de Montagem, caso exista a necessidade de elaborar esses diagramas.

A seguir, será apresentado com mais detalhe como se dá a análise das atividades e a obtenção dos roteiros e dos diagramas de sequência..

#### **Análise e modelagem das Atividades**

A análise das atividades é feita utilizando a metodologia de elicitação de requisitos baseada na Teoria da Atividade proposta por Martins [2001], através de três etapas,

conforme apresentado em 2.4.3: divisão do problema em atividades, delineamento do contexto das atividades e descrição da estrutura hierárquica das atividades. Ao realizar estas três etapas obtém-se informações relacionadas à atividade e às ações e operações que fazem parte da atividade, bem como das necessidades, metas e condições relacionadas aos níveis hierárquicos da atividade e de seus elementos: sujeito, ferramenta, objeto, resultado, regras, comunidade e divisão do trabalho.

A modelagem das atividades consiste em obter as informações sobre os elementos da atividade, da sua estrutura hierárquica, o diagrama de sequência que apresenta um cenário de sucesso da execução da atividade e um roteiro que detalha esse cenário, descrevendo, em forma de história, a execução da atividade apresentada no diagrama de sequência.

Nas subseções seguintes será apresentado o processo de análise e modelagem das atividades.

#### *Dividir o Problema em Atividades Realizadas no Contexto do Sistema*

Como as atividades educacionais já foram obtidas pelas atividades de modelagem do processo de negócio, as atividades “**Levantar Atividades Candidatas**” e “**Selecionar Atividades**”, proposta em Martins [2001] e apresentadas em 2.4.3.1, não precisam ser realizadas.

Fica faltando apenas a atividade de **escrever o histórico das atividades selecionadas**, que diz respeito ao entendimento de como atividade educacional se desenvolveu até sua forma atual. Neste momento é registrado a origem das atividades educacionais identificadas e como elas se desenvolveram, ao longo do tempo.

Essas informações podem ser utilizadas para:

1. ajudar a entender quais fatores e como a atividade educacional é modificada ao longo do tempo.
2. ajudar a prever a nova reorganização e o comportamento dos recursos que fazem parte da atividade, ao inserir os sistemas de software para apoiá-las.
3. ajudar a entender como o paradigma educacional do professor tem-se modificado.

#### *Delinear o Contexto da Atividade*

Essa etapa da análise das atividades é realizada em quatro passos, como propõem Martins [2001]:

1. Inicialmente as pessoas envolvidas focam a atenção em **identificar os motivos e resultados da atividade**. Neste momento, para cada atividade são identificadas as necessidades humanas que são o “ponto de partida” da atividade e o produto

final do processo da atividade que é o seu “ponto de chegada”. O resultado da atividade deve estar alinhado com as metas do processo educacional em que a atividade esta inserida.

2. Posteriormente parte-se para **identificar os elementos no nível individual**. São identificados o sujeito, as ferramentas de mediação e o objeto de transformação da atividade. Geralmente, em uma atividade educacional, o sujeito é o educando. As ferramentas de mediação são os algoritmos, as fórmulas, os conceitos matemáticos e os demais os recursos educacionais, físicos e abstratos, adotados pelo educador. Estas ferramentas podem ser utilizados simultaneamente ou alternadamente durante a realização da atividade. Já o objeto de transformação da atividade são os modelos mentais ou os significados que os educandos possuem, em relação aos conceitos e aos assuntos abordados, portanto, podemos também considerar que o objeto também é o próprio educando.
3. Após a identificação dos elementos no nível individual, parte-se para **identificar os elementos no nível social**. A identificação da comunidade é feita através da identificação de todas as pessoas que influenciam direta ou indiretamente a realização da atividade. As regras são identificadas dentre os “combinados” ou as “normas” que permeiam a atividade educacional e a divisão do trabalho pode ser percebida com a identificação dos papéis de todos aqueles que participam da atividade.
4. Por fim, as informações obtidas são utilizadas para **modelar a atividade através do diagrama de Engeström**. Este diagrama é útil na compreensão e na análise da atividade, como um todo.

#### *Descrever a Estrutura Hierárquica da Atividade*

Nessa etapa da análise das atividades são capturadas as ações que poderão ser mapeadas como requisitos funcionais do sistema.

Baseado nas regras e na divisão do trabalho identificadas nos passos anteriores, parte-se para **identificar as ações e operações da atividade**. Com as regras, os papéis e as responsabilidades do educando e da comunidade definidos, basta enumerar as suas ações, identificando os passos conscientes realizados por cada um deles, e as suas operações, que são os passos “mecânicos” ou que são feitos de maneira automática. Essas ações e operações devem fazer parte de um “cenário” onde a atividade é realizada com sucesso, como geralmente se faz ao elaborar casos de uso, identificando os caminhos felizes. Posteriormente pode-se obter outras ações e operações com os cenários

alternativos, em outras palavras, as extensões dos casos de uso conforme podemos ver em Cockburn [2005].

Paralelo à identificação das ações têm também o trabalho de **descrever as metas das ações**. A cada ação identificada no passo anterior é relacionado a ela as suas metas, que são os objetivos imediatos a serem atingidos pela ação. Essas metas diferem das metas dos processos educacionais e das atividades educacionais e quando elas forem utilizadas neste trabalho será utilizado o termo “meta da ação”. É importante observar que a meta da ação não corresponde a nenhuma meta apresentada no Diagrama de Metas e Problemas.

De maneira semelhante, à medida que as operações vão sendo identificadas é realizada a atividade de **descrever as condições de realização das operações**. É importante que essas condições sejam condições possíveis de serem reconhecidas pelos sujeitos realizam a atividade.

*Elaboração de roteiros e diagramas baseados na análise das atividades*

As informações obtidas da análise das atividades educacionais são documentadas e com base nessa documentação são obtidos os roteiros e os diagramas de seqüência associados à execução dessas atividades, que farão parte da Visão de Comportamento de Negócio. As demais informações podem ser utilizadas na descrição dos casos de uso associados às atividades educacionais e na compreensão da atividade, como propõem Martins [2001].

Da análise da hierarquia das atividades educacionais obtém-se as ações, as operações, as metas e as condições da atividade realizada pelo educando. Da análise dos elementos da atividade é possível identificar as relações, no contexto da atividade, do educando com os educadores, com o sistema de software e com os demais elementos que compõem a atividade. Dessas informações é possível obter uma história sobre o educando e a atividade que ele está executando e que apresenta a visão dele sobre a sua interação com o sistema. Essa história, como propõe [Rosson, 2002], é um roteiro. O roteiro obtido descreve o comportamento, a experiência do educando e o objetivo educacional dele durante a realização da atividade.

Os Diagramas de Sequência, de cada atividade, são obtidos diretamente dos conceitos de ações e operações no âmbito da Teoria da Atividade. Seus objetos são extraídos dos sujeitos, ferramentas, objetos e comunidade ligada à atividade e suas mensagens são obtidas das ações e operações da atividade [Martins, 2001].

Quando há somente uma instância de um determinado caso de uso, ou seja, quando há roteiros que não se agrupam entre si, por não serem semelhantes, obtém-se diretamente, o caso de uso associado à atividade. Nesse caso, da hierarquia e dos elementos da atividade pode-se obter também descrições parciais do caso de uso obtido.

Segundo Martins [2001], há um mapeamento direto de atividade para caso de uso porém, nem todos os elementos da atividade estão presentes no caso de uso, como: motivos, objetos, ferramentas e divisão do trabalho.

Os roteiros que representam instâncias de um mesmo caso de uso são tratados mais adiante, na atividade de definição dos requisitos a partir da arquitetura do negócio.

### 8.3.3 Visão de Estrutura de Negócio

Nesta parte obtém-se um diagrama de classe e um diagrama de objeto com a estrutura organizacional do processo educacional, que apresenta as unidades organizacionais e os relacionamentos entre elas.

É obtido também, para cada atividade que é analisada e modelada, um diagrama contendo os principais recursos que participam dessas atividades e o relacionamento entre eles.

#### **Estrutura Organizacional**

Neste trabalho, as unidades organizacionais apresentam toda a estrutura institucional do processo educacional e que estão relacionadas com o entendimento do processo educacional ou com a obtenção dos requisitos.

Essas unidades organizacionais são os departamentos, as instituições e as comunidades de matemática que influenciam a estrutura do processo educacional, as informações presentes nele e a sua execução.

Os conteúdos, as abordagens educacionais e conseqüentemente os materiais didáticos e ferramentas educacionais presentes em um processo educacional estão subordinados às unidades organizacionais que impõem suas regras, abordagens e definições. Dessa forma, se um sistema de software contraria as questões educacionais do professor, do departamento, da instituição de ensino ou da comunidade matemática ele está fadado a não ser utilizado, pois não é adequado para apoiar os processos educacionais que estão sob a responsabilidade dessas unidades organizacionais.

#### **Recursos do Processo Educacional**

A modelagem dos recursos do processo educacional será realizada para cada atividade e além do que é proposto por Eriksson & Penker [2000], pretende-se neste trabalho registrar também as tecnologias utilizadas de forma a explicitar informações importantes da configuração dos computadores, da plataforma adotada, relacionadas ao acesso à Internet, ao sistema operacional instalado, etc.

#### **Informações do Processo Educacional**

As informações sobre o educando, sobre o conteúdo, sobre as atividades educacionais podem também ser modeladas, para se pretende propor sistemas de software que

considerem essas informações. A modelagem dessas informações é importante na definição de como e de quais informações serão armazenadas nos sistemas de informação que apóiem os processos modelados.

### **8.3.4 Visão de Comportamento de Negócio**

A visão de comportamento será obtida juntamente com a Visão de Processo. Algumas informações da Visão de Comportamento são modeladas juntamente com os diagramas de processo de negócio elaborados na Visão de Processo. Os diagramas de interação serão obtidos da análise e modelagem das atividades, conforme já apresentado, e os diagramas e as informações referentes ao comportamento dos recursos serão obtidos, quando necessário.

#### **Análise de Interações**

Para cada atividade analisada e modelada será elaborado um diagrama de seqüência mostrando a interação entre os recursos (educando, educadores, sistemas de software, etc) que participam da atividade. Esse diagrama é utilizado na identificação dos casos de uso, juntamente com os roteiros.

Pode-se, ainda, elaborar outros diagramas mostrando cenários diferentes de realização de uma mesma atividade. Por exemplo, pode-se mostrar como seria a interação caso houvesse alguma falha em uma das ações ou operações da atividade.

#### **Comportamento de Recursos**

O diagrama de comportamento de recursos é também realizado para cada atividade. Porém, ele só é elaborado quando há a necessidade de se modelar recursos que mudam o seu estado durante a realização da atividade.

## **8.4 A arquitetura dos softwares que irão apoiar as atividades**

Com a modelagem das visões de negócio descrita na seção anterior obtém-se a arquitetura dos processos educacionais. Com base nesta arquitetura, como propõem Eriksson & Penker [2000], pode-se obter a arquitetura dos softwares que irão apoiar os processos educacionais.

É importante observar, conforme comenta [Eriksson & Penker, 2000], que como o modelo de negócio descreve um negócio ou uma parte específica dele, nem todas as partes de um negócio são transferidas para um sistema de software. Por exemplo, as pessoas, as atividades manuais e muitas metas de negócio relacionadas à rotina do

processo educacional geralmente não são transferidas para um sistema de software.

Como já foi dito na seção 2.3.1.8, a arquitetura de software contém características funcionais, não funcionais e de desenvolvimento. Porém, como o presente trabalho tem como foco a obtenção de requisitos de software e de sistema, somente as características funcionais e não funcionais da arquitetura de software serão abordadas.

### 8.4.1 Requisitos de software

#### Características Funcionais

Neste trabalho as características funcionais dos sistemas de software são obtidas e descritas através de arquitetura do processo educacional, em particular, através dos casos de uso elaborados a partir dos diagramas de Sequência e dos roteiros. Portanto, quando se obtém os casos de uso são também obtidas e descritas as características funcionais do sistema de software.

Inicialmente, como propõem Martins [2001], para cada atividade modelada e que vai ser apoiada por um sistema de software, obtém-se, com a análise e a modelagem da atividade, um caso de uso com ator primário, objetivo e o cenário de sucesso principal. O cenário de sucesso principal é obtido do Diagrama de Sequência e do roteiro, associado à atividade.

Como os casos de uso são obtidos a partir do roteiro, que é uma instância de um caso de uso, durante a modelagem pode-se obter casos de uso semelhantes e que foram obtidos de roteiros diferentes. Esses casos de uso semelhantes, e os roteiros associados a eles, podem ser agrupados e dar origem a um novo caso de uso que contemplem todos os roteiros associados a ele. Após agrupar todos os casos de uso semelhantes, tem-se o conjunto final de casos de uso que contemplam todos os objetivos educacionais do processo modelado.

A descrição dos novos casos de uso pode ainda ser complementada com outras informações da arquitetura do processo educacional, como segue abaixo:

1. das metas associadas às atividades e aos processos educacionais e dos seus respectivos planos de ação pode-se obter as garantias de sucesso, as pré-condições e o objetivo no contexto;
2. do contexto da atividade educacional obtém-se o escopo do caso de uso;
3. dos eventos que disparam as atividades tem-se o acionador e;
4. da Visão de Negócio e da Visão de Estrutura de Negócio pode-se obter os *stakeholders* e seus interesses.

Desta forma, para finalizar a descrição do caso de uso fica faltando apenas o seu nível e as suas extensões.

Segundo Cockburn [2005] um caso de uso pode ter três níveis de objetivos: “Nível de resumo”, “Objetivos do usuário”, e “Nível de subfunções”. O nível “Nível de resumo” envolvem múltiplos objetivos do usuário mostrando o contexto em que os objetivos dos usuários operam e a sequência em que eles são realizados, o nível “Objetivo do usuário” é o objetivo que o usuário tem ao utilizar o sistema e, por fim, o “Nível de subfunções” mostram os objetivos necessários para realizar o objetivo do usuário. Pode-se dizer que os primeiros dizem respeito às metas do processo educacional que contém a atividade educacional modelada, o segundo diz respeito à meta da atividade educacional e o terceiro diz respeito às metas das ações realizadas no contexto da atividade educacional.

Como as atividades modeladas estão relacionadas com os objetivos dos educandos (usuários do sistema de software), todos os casos de uso encontrados serão do nível “Objetivo do usuário”.

As extensões são outros possíveis cenários do caso de uso e que são tratados pelo sistema de software. As falhas que podem ocorrer, impedindo o alcance dos objetivos do caso de uso, e os caminhos alternativos que também levam a esses objetivos são denominados extensões do caso de uso. Conforme propõe [Cockburn, 2005], essas extensões poderão ser encontradas conforme os passos abaixo:

1. Faça *brainstorming* e levante as possíveis condições que levam a cenários alternativos de sucesso ou a falhas na realização da atividade.
2. Avalie, elimine e agrupe as condições equivalentes;
3. Trate cada uma das condições pelo sistema.

Uma vez que os casos de uso foram identificados e descritos, as características funcionais do sistema de software que apoiará as atividades educacionais modeladas estarão identificadas e documentadas.

#### **Características Não-Funcionais**

Como propõem Eriksson & Penker [2000], as características não-funcionais da arquitetura dos sistemas de softwares que apoiarão as atividades também poderão ser extraídas da arquitetura do processo educacional.

Da Visão de Negócio, da Visão de Processo de Negócio e da Visão Estrutural podem ser obtidas as regras de negócio, os atributos de segurança e de qualidade envolvidos com os sistemas de software.

As regras de negócio estão presentes no modelo conceitual, nas restrições que estão nos diagramas de processo de negócio e nos diagramas estruturais.

As questões relacionadas a tempo e desempenho poderão ser obtidas das metas dos processos educacionais. Pode-se obter também as restrições associadas à plataforma, à infra-estrutura e aos atores nos diagramas estruturais de cada atividade ou do processo educacional ou ainda no modelo conceitual.

As questões associadas à segurança e à integridade das informações poderão ser explicitadas diretamente nos diagramas da Visão de Processo de Negócio ou da Visão de Comportamento de Negócio ou textualmente, nas descrições das atividades ou dos processos educacionais.

As informações oriundas a análise das atividades e as demais informações da Visão de Negócio que ainda não foram citadas podem também contém informações importantes relacionadas com as características não funcionais da arquitetura dos softwares.

## 8.4.2 Requisitos de Sistema

Dentre as características funcionais e não-funcionais da arquitetura de software estão também os requisitos de sistema. Segundo [Martins, 2001] esses requisitos descrevem como os usuários entendem os objetivos e os comportamentos do sistema de software. Os processos que são apoiados pelos sistemas de software e as informações utilizadas pelo usuário influenciam a maneira como o usuário utiliza o sistema de software.

Desta forma, o uso do software em uma atividade educacional dependerá do processo educacional e das orientações passadas para os educandos. Por isso, o projeto político pedagógico, as abordagens educacionais adotadas, as regras e acordos do contexto educacional, o entendimento do educando sobre o processo educacional, a característica dos exercícios, etc, são informações importantes que devem ser levadas em consideração no desenvolvimento e/ou seleção dos sistemas de softwares, já que elas influenciarão de maneira significativa o seu uso.

Essas informações podem ser obtidas da arquitetura do processo educacional. A Visão de Negócio oferece a Definição Estratégica, a Matriz TOWS e a Declaração da Visão, que são suficientes para obter grande parte das informações relacionadas com a abordagem educacional, com a postura do educando e do educador e com as características principais do ambiente de aprendizagem.

Já as informações específicas da atividade e que são utilizadas pelos educandos podem ser obtidas da Visão de Processo de Negócio, através dos diagramas de processo de negócio que permitem identificar os recursos de informação utilizados pelas atividades e no histórico das atividades analisadas. A Visão de Estrutura de Negócio oferece

a descrição textual dos recursos de informação utilizados, explicitando as informações que são utilizadas pelos usuários.

### **8.4.3 Síntese**

O MMPE propõe um processo sistematizado para obter requisitos relacionados ao processo educacional, conforme propõe a MPN, e para obter requisitos relacionados às atividades educacionais, realizando uma análise das atividades conforme proposto pela MERBTA. Dessa forma ele realiza uma integração entre a MPN e a MERBTA visando obter os requisitos relacionados ao processo educacional e as suas atividades.

# Capítulo 9

## Estudo de Caso

O estudo de caso foi realizado no contexto do Grupo de Estudos e Pesquisa em Educação Matemática e Novas Tecnologias (GEPEMNT) do Departamento de Matemática da UFMG (DMat/UFMG). Dentre as diversas atividades desenvolvidas por esse grupo de pesquisa, uma delas era a elaboração de um sistema de software para apoiar o ensino do conceito de translação.

A educadora responsável por um determinado processo educacional do curso de especialização em matemática para professores com ênfase em Cálculo, oferecido pelo DMat/UFMG, solicitou ajuda ao GEPEMNT para desenvolver sistemas de software para algumas de suas atividades. Os softwares de matemática deveriam atender a proposta pedagógica da educadora: a intenção da educadora era que os alunos realizassem experiências com objetos e conceitos da matemática. Para isso, os sistemas de software que apoiariam essas atividades desde de exploração deveriam ser ferramentas que favorecessem e possibilitassem a investigação matemática, como proposto em Skovsmose [2003] e Ponte et al. [2003], em torno dos conceitos estudados.

Dentre os softwares desenvolvidos pelo GEPEMNT, neste trabalho foi acompanhado somente o desenvolvimento do sistema de software que apoiou o processo educacional em que seria tratado o assunto *translação*. Os educadores desenvolveram o software de apoio ao ensino de *translação* à medida que o processo educacional era concebido e elaborado por eles e, durante todo esse processo, foi realizada também a modelagem desse processo educacional, que foi o trabalho de campo desta pesquisa.

Participaram da modelagem uma professora do DMat/UFMG e três participantes do GEPEMNT e que também são alunos da UFMG. Eles eram responsáveis por definir o que, como e quando os conceitos e assuntos relacionados a translação seriam trabalhados e como deveria ser o sistema de software que apoiaria as atividades propostas. Participou também dessas atividades o autor deste trabalho, assumindo os papéis de

modelador e de arquiteto de negócio.

A modelagem desse processo educacional se deu através de reuniões semi-estruturadas e de atividades de modelagem. As atividades de modelagem foram realizadas somente pelo autor deste trabalho e consistiam na elaboração do documento *Descrição de Processo Educacional* (DPE) e dos diagramas que fazem parte do modelo.

Após a elaboração do DPE, que também foi validado pelo grupo de educadores, a arquitetura do processo educacional estava definida e os requisitos, do sistema de software que apoiará esse processo, foram levantados e descritos.

Por fim, o processo educacional modelado foi re-executado, pelos educadores, utilizando um protótipo desenvolvido a partir do MMPE e que contemplava os requisitos obtidos durante a modelagem. E, através da utilização do protótipo, os requisitos levantados foram avaliados e validados pelos educadores.

## 9.1 O processo educacional modelado

O processo educacional modelado consiste em atividades que visam favorecer a compreensão do conceito de translação através da utilização do computador como ferramenta de exploração e investigação de relações ou conjecturas matemáticas.

Durante as atividades, há um roteiro que orienta a utilização do computador de forma a atender as propostas educacionais dos educadores. Do meu contato com os responsáveis pelo processo educacional modelado descrevo o roteiro como constituído por passos que conduzem a um determinado ponto, que não necessariamente é uma resposta final. O roteiro deve conduzir à elaboração de conjecturas que mais tarde terão que ser justificadas.

Os assuntos abordados nesse processo educacional são: a translação, vista como movimento rígido no plano e correspondente variação de parâmetro em equações; a composição de uma translação vertical com uma translação horizontal; a forma geral da translação em funções exponenciais e a forma geral da translação em uma função qualquer. A exploração desses assuntos se dá através da manipulação gráfica das curvas das funções e dos pontos que estão sobre essas curvas e da observação do comportamento da expressão algébrica dessas funções durante as manipulações.

Além desses conteúdos, interagir com a matemática, por meio do sistema de software, realizando manipulações gráficas que levam à construção da idéia de movimento rígido no plano e a relação com a modificação das equações algébricas, que leva a construção da idéia de variação dos parâmetros, também são conteúdos que fazem parte desse processo educacional.

O software é utilizado para possibilitar a visualização e manipulação de conceitos (ex.: sistemas de coordenadas) e/ou objetos da matemática (ex.: curvas e pontos), favorecendo experiências e situações que usualmente não são possíveis de serem vivenciadas em uma sala de aula que não dispõe de recursos computacionais. O computador nesse processo possibilita a constituição de um laboratório para a realização de experiências empíricas dinâmicas com os objetos que tradicionalmente são trabalhados apenas teórico e estaticamente.

O processo educacional modelado é presencial e ele acontece em um laboratório de recursos computacionais que possui um computador por educando e todos os computadores estão com acesso à internet.

Os educandos desse processo educacional são professores de ensino médio que estão inscritos no curso de especialização em matemática para professores com ênfase em Cálculo, do DMat/UFMG. Todos os educandos são licenciados em matemática e sabem utilizar o computador para acessar a internet, enviar e receber emails, editar textos, etc.

Os educadores desse processo são: uma professora do DMat/UFMG e monitores, alunos da UFMG participantes do GEPMENT.

Referenciados em Skovsmose [2003], durante a execução do processo educacional modelado os educadores buscam construir cenários para investigação provocando e instigando os alunos com questionamentos. Além disso, eles esclarecem os educandos quanto às propostas do roteiro e propõe novas experimentações, extrapolando o roteiro, conduzem a novas conjecturas matemáticas. Eles também são responsáveis por tirar dúvidas sobre questões técnicas relacionadas ao uso do computador ou do software e também por resolver eventuais problemas relacionados ao funcionamento do computador ou do software.

Portanto, esse processo educacional consiste de aulas de matemática que utilizam o computador para tornar concreto e manipulável os conceitos e objetos da matemática que normalmente são tratados de maneira abstrata e teórica.

## 9.2 Os participantes da modelagem

Participam desta modelagem uma professora do Departamento de Matemática da UFMG, dois alunos do curso de Bacharelado em Matemática Computacional, um aluno do curso de Licenciatura em Matemática e o autor deste trabalho.

O professor e os graduandos assumem o papel de responsáveis pelo processo educacional e o autor deste trabalho assume os papéis de modelador e de arquiteto

de negócio.

Todos os responsáveis pelo processo educacional fazem parte do GEPEMNT e por isso eles já possuem experiência em elaboração de aulas que utilizam o computador. Porém, apesar da experiência prática de propor, elaborar e selecionar softwares de matemática para apoiar as atividades educacionais desenvolvidas por eles, esse grupo não utilizava nenhum processo de desenvolvimento de software e nem sistematizava as atividades ou seguia técnicas específicas com o objetivo de apoiar o desenvolvimento ou a seleção dos softwares de matemática desenvolvidos por eles.

Apesar de existir no GEPEMNT participantes com habilidades de desenvolver o tipo de software exigidos por essas atividades educacionais, nesse grupo que participou da modelagem nenhum dos participantes tinha tal habilidade. O que geralmente ocorria, quando surgia a necessidade de desenvolver um novo software de matemática, era o agrupamento e a reorganização de determinadas funcionalidades e ferramentas do aplicativo GeoGebra<sup>1</sup> em um applet. O Aplicativo GeoGebra permite a criação de applets customizáveis que podem conter algumas ou todas de suas funcionalidades, além de permitir outras configurações que o faz passar por um novo aplicativo.

O autor deste trabalho participou como modelador, elaborando diagramas e registrando, sob a forma de modelo de negócio, as informações obtidas em cada reunião e também como arquiteto de negócio, tomando decisões sobre o modelo de negócio em elaboração.

### 9.3 A realização da modelagem

A realização da modelagem dos processos educacionais se deu através de reuniões e de atividades de elaboração do Modelo de Negócio. Durante a reunião as informações referente às quatro Visões de Negócio eram levantadas e registradas no documento Descrição do Processo Educacional (DPE) (ver Anexo A)<sup>2</sup>.E, em cada reunião, as informações modeladas na reunião anterior eram validadas.

Foi escolhida a técnica de levantamento de requisitos denominada entrevista semi-estruturada na condução da modelagem dos processos educacionais. Essas entrevistas aconteciam com quatro educadores ao mesmo tempo. Durante as reuniões de levantamento de informações o modelador conduzia as discussões conforme as informações que precisavam ser obtidas para a elaboração da modelagem das *Visões de Negócio*.

---

<sup>1</sup><http://www.geogebra.org/>

<sup>2</sup>O documento DPE resultante do estudo de caso não foi anexado a este trabalho por ser muito extenso.

Ao todo foram realizadas 05 reuniões: duas antes da aula realização da aula elaborada pelos responsáveis por este processo educacional e três reuniões depois que aula foi realizada. A última reunião foi para realizar a validação dos requisitos.

Todas as reuniões foram gravadas e as informações obtidas com os responsáveis pelo processo educacional foram registradas no computador ou manualmente. Estas informações foram utilizadas na elaboração do modelo de negócio.

A seguir, passo à descrição das reuniões realizadas junto ao grupo de participantes e das atividades de modelagem realizadas somente pelo autor deste trabalho.

### **9.3.1 1ª Reunião - Atividades de Contato e Planejamento**

Na primeira reunião foram definidos os objetivos da modelagem dos processos educacionais e qual seria o escopo da modelagem, ou seja, quais processos educacionais seriam modelados. Nesta reunião também foram agendadas as próximas reuniões. A duração desta reunião foi de duas horas.

Antes de iniciar o levantamento das informações relacionadas com o processo educacional foram definidos quais seriam os objetivos desta modelagem. Os objetivos definidos estão relacionados com os principais problemas encontrados pelo grupo durante a elaboração de aulas que utilizam o computador:

1. nem sempre todos os responsáveis pela elaboração de uma aula compartilham os mesmos objetivos educacionais e a mesma visão sobre como elaborar um ambiente de aprendizagem que favoreça um melhor aprendizado para os educandos;
2. não há critério bem definido ou procedimentos sistematizados para garantir a seleção ou o desenvolvimento de um software que apóie adequadamente os processos educacionais;
3. os educadores têm dificuldade de comunicar aos implementadores quais características o sistema de software deve ter para ser adequado aos seus processos educacionais.

Considerando estes problemas e baseado nas propostas da modelagem de processo de negócio foi definido que este trabalho de modelagem teria os seguintes objetivos:

1. Favorecer a todos os envolvidos o entendimento dos processos educacionais modelados.
2. Obter o requisitos de sistema e de software, do sistema de software que apoiará as atividades modeladas.

3. Facilitar a comunicação entre implementadores e educadores.

Foi definido também nesta primeira reunião que, de todo o conteúdo abordado pela disciplina, somente quatro das várias unidades organizacionais relacionadas aos conteúdos abordados seriam modeladas. A seguir, as quatro unidades organizacionais e seus respectivos objetivos:

1. Variação de Parâmetros: favorecer o entendimento de como se dá a variação dos parâmetros durante a translação.
2. Manipulação Gráfica: proporcionar a realização de translação através de manipulações gráficas e favorecer o entendimento da ação de transladar.
3. Translação: favorecer o entendimento e propor a investigação do conceito de translação através da manipulação gráfica e da observação e do entendimento das mudanças algébricas da expressão da função transladada.
4. Translação de Funções Exponenciais: favorecer o entendimento da translação de uma função exponencial, considerando o conceito de translação e a fórmula geral da translação de uma função exponencial.

Ao final da reunião foram agendadas outras três reuniões. Posteriormente outras duas reuniões foram agendadas para validar a modelagem e para validar os requisitos.

### **9.3.2 1ª Atividade de Modelagem - Preenchimento das informações referentes aos capítulos 1, 2 e 3 do DPE**

Com base nesta primeira reunião foram elaborados os capítulos iniciais do documento de descrição do negócio contendo as informações relacionadas com o objetivo, a intenção de uso e a audiência deste documento, os dados do projeto envolvendo estimativas de custo, prazos, definição dos responsáveis e seus papéis, as informações básicas sobre o domínio, os objetivos da modelagem e o escopo da modelagem.

### **9.3.3 2ª Reunião - Modelagem da Visão de Negócio**

Na segunda reunião iniciou-se a modelagem da Visão de Negócio. Inicialmente foi elaborada uma descrição do processo educacional e definida algumas considerações sobre os educadores, sobre os educandos, sobre a infra-estrutura do processo educacional, sobre o conteúdo abordado e outras informações relacionadas com o contexto do processo educacional.

Depois foram obtidas algumas informações relacionadas aos pontos fortes e fracos da estrutura e das pessoas envolvidas na elaboração e na execução da aula e também as ameaças e as oportunidades relacionadas com os educandos e com a infra-estrutura da sala de aula e da instituição que fornece esta infra-estrutura. Com essas informações foi elaborada a Matriz TOWS (ver figura 9.1 ) e com base nesta matriz e em outras informações complementares fornecidas pelos professores foi obtida a Declaração da Visão: situação atual, situação ideal e a situação arranjada.

Estratégia de Negócio Global	Pontos fortes dos Educadores e da infra-estrutura	Pontos fracos dos Educadores e da infra-estrutura
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antes da aula deverá ser feita uma avaliação diagnóstica para verificar a fluência em informática dos educandos e o conhecimento que eles têm sobre o assunto que será tratado na aula.</li> <li>• Os softwares devem ser simples e objetivos, evitando conter ferramentas e/ou informações desnecessárias que possam prejudicar a realização da aula. Além disso, para evitar problemas relacionados à interação com o sistema de software, deverá ser utilizada uma plataforma que o educando conhece.</li> <li>• Os educandos devem ser informados que eles participarão de uma aula investigativa. Eles também deverão ser informados sobre a utilização e sobre os principais problemas técnicos do software.</li> <li>• Ao final da aula, os educadores deverão fazer uma síntese do trabalho realizado pelos educandos, informando e avaliando tudo o que aconteceu.</li> <li>• Por fim, os roteiros deverão ser menos dirigidos, de fácil compreensão e devem permitir aos educandos se localizarem, a qualquer momento, qual parte do roteiro está sendo realizada, o que já foi feito e o que será feito.</li> <li>• E, os educadores deverão convidar os educandos, periodicamente, a se envolverem com a investigação de algum conteúdo relacionado à aula.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Roteiro com poucas informações e visualizado através do software.</li> <li>• Professores com profundos conhecimentos em matemática e em informática.</li> <li>• Computadores em condições adequadas para a aula.</li> <li>• O software utilizado é multi-plataforma, dependendo somente da presença de uma Máquina Virtual Java instalada no computador.</li> <li>• Experiência em elaboração de aulas que utilizam o computador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Roteiro muito dirigido, reduzindo as possibilidades de investigação e/ou experimentação.</li> <li>• Problemas técnicos com o software: o software não é adequado para todos os tipos de resoluções do monitor e a disposições dos componentes visuais dependente da posição no plano (desta forma, ao dar um zoom alguns componentes visuais como caixa de textos, labels, etc, saem da posição inicial.)</li> <li>• A disposição dos computadores dificultou a comunicação entre os educandos e o acesso dos educadores os educandos.</li> </ul>
<p><b>Oportunidades de melhoria do processo educacional relacionadas aos educandos e à organização de ensino.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quase todos os usuários são fluentes em informática.</li> <li>• Alunos formados em matemática.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentivar os alunos a justificarem, matematicamente, as conclusões obtidas.</li> <li>• Os educadores devem fazer uma síntese, do trabalho realizado, ao final da aula.</li> <li>• Utilizar plataformas mais familiares aos educandos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fazer uma avaliação diagnóstica, antes da oficina, para elaborar um roteiro mais adequado ao tipo de aluno.</li> <li>• Informar os alunos sobre os principais problemas técnicos.</li> <li>• Utilizar um laboratório cuja disposição dos computadores favoreça a comunicação entre os educandos.</li> <li>• A identificação, no roteiro, de qual atividade está sendo feita deverá ser fácil. Além disso, deverá ser possível, através do roteiro, ter uma visão geral da aula.</li> </ul>
<p><b>Ameaças ao processo educacional relacionadas aos educandos e à organização de ensino.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldades no entendimento do aplicativo.</li> <li>• Usuários que não gostam e/ou sabem utilizar o computador.</li> <li>• Há alunos que não estão acostumados com atividades investigativas e por isso querem somente terminar rapidamente os exercícios e irem embora, como normalmente acontece nas aulas tradicionais.</li> <li>• Alguns alunos têm a necessidade de ter o roteiro impresso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ter o roteiro disponível em papel (impresso).</li> <li>• Realizar convite à investigação, para estimular o educando a ter uma postura investigativa/experimental.</li> <li>• Realizar avaliações diagnósticas para identificar a fluência dos educandos em informática e possíveis dificuldades relacionadas ao uso do computador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software simples e objetivo.</li> <li>• Ter no roteiro uma atividade de introdução ao software.</li> <li>• Utilizar um laboratório cuja disposição dos computadores estimule a conversa e a troca de experiência entre os educandos.</li> <li>• Ter no roteiro uma explicação sobre o tipo de aula investigativa e a postura que se espera dos educandos.</li> </ul>

**Figura 9.1.** Matrix TOWS elaborada durante a modelagem do processo educacional.

Primeiramente foi descrita, a partir da fala dos participantes da modelagem durante as reuniões, qual era a situação atual, depois foi pensada qual seria a situação ideal e por fim foi projetada qual seria a situação arranjada, ou seja, o que poderia ser feito em direção à situação ideal, como pode-se ver abaixo:

***Situação atual:***

*O atual processo educacional se destina a favorecer a investigação do conceito de translação de funções através de experimentações. Utilizando o computador, que fornece uma imensidade de ferramentas, o educando pode manipular objetos matemáticos, estudar os conceitos relacionados à translação e variação de parâmetros e elaborar conjecturas com base em suas experimentações.*

*Este processo educacional é orientado por um roteiro e utiliza dois aplicativos que foram desenvolvidos a partir do aplicativo Geogebra. Neste processo educacional o roteiro foi inserido dentro do sistema de software e não foi disponibilizado em formato impresso. Os participantes da modelagem optaram por disponibilizar as informações do roteiro à medida que as atividades fossem realizadas pelo educando, relacionando e sincronizando as informações disponibilizadas pelo sistema de software com as informações do roteiro.*

*Este roteiro não consiste em exercícios como normalmente acontece nas aulas de matemática. São atividades semi-estruturadas que indicam uma direção ou que propõem determinados objetivos. Embora cada atividade possua uma meta a ser atingida, estas metas não indicam como o educando deve entender ou pensar os conceitos da matemática, mas indicam que após as experimentações ele deve ter conseguido obter novas idéias e/ou interpretações sobre este conceito. Desta forma, o objetivo do roteiro é conduzir o educando à experimentação dos conceitos matemáticos e estimulá-lo à realização de conjecturas, que mais adiante terão que ser justificadas ou testadas.*

*Os softwares desenvolvidos para este processo educacional possuem algumas limitações relacionadas com a exibição dos componentes visuais. Isto se dá pelo fato deles serem “adaptações” do software Geogebra: a caixa de opções, os painéis contendo textos explicativos ou informativos e a “barra de rolagem” utilizada para passar as “páginas” do roteiro são improvisações*

dos objetos geométricos e dos recursos de exibição de texto disponíveis no Geogebra.

Estes aplicativos são utilizados pelos educandos durante a atividade e conforme a orientação do roteiro. Os educandos trabalham em duplas e as duplas compõem um determinado grupo. A exposição dos problemas e as propostas de soluções destes acontecem em grupos.

Os educadores participam destas atividades educacionais acompanhando e incentivando as experimentações. E, quando os resultados das experimentações, sobre a forma de conjecturas, são apresentados, os educadores convidam os educandos a justificarem matematicamente estes resultados.

Portanto, este processo educacional busca incentivar os educandos, através da utilização de softwares que apoiem suas atividades, a realizarem investigações matemáticas em torno da translação e a justificarem, matematicamente, os resultados destas investigações.

**Situação ideal:**

Em um processo educacional ideal, para este tipo de aula de matemática, todos os educandos estão envolvidos com a proposta de investigação e de experimentação. Uma das condições para obter tal envolvimento é a presença de roteiros bem elaborados e de softwares que apoiem adequadamente as atividades.

Um software ideal para este tipo de atividade precisa ser fácil de utilizar, não colocando dificuldades para a realização das atividades de manipulação dos conceitos e dos objetos matemáticos e que também não apresentem limitações que impeçam o alcance dos objetivos do processo educacional e/ou a realização das experimentações propostas pelo roteiro. Os softwares devem possibilitar todas as experimentações que o professor possa querer realizar em relação ao assunto estudado e por isso deve ser possível reutilizá-lo em outras aulas ou para outras investigações.

Deve existir também uma infra-estrutura adequada. É preciso que haja mais de um educador em sala, que os computadores e os softwares tenham um desempenho aceitável e que a disposição dos computadores na sala facilite não somente o acompanhamento dos trabalhos por parte dos educadores, mas permitam também a interação dos educando.

Os educandos podem conseguir se expressar, expor suas dúvidas, suas observações, propor suas conjecturas e justificativas e, conseguir ser entendidos, tanto pelos educadores quanto pelos outros educandos.

Os educandos trabalharão em grupos e os educadores podem ter condi-

ções de atenderem os grupos. Os educadores podem conseguir ouvir e saber ouvir os educandos para ter condições e melhor orientá-los em suas experimentações. A atuação dos educadores precisará complementar e ir além do que é proposto nos roteiros, adaptando as experimentações conforme o envolvimento dos educandos.

Além destas questões, o processo educacional deve ter como resultado uma mudança na concepção de aprendizagem, de matemática e de aprender (e também ensinar) matemática, por parte dos educandos e também dos educadores que participam do processo educacional. Além desse contato experimental que permite uma visão de matemática que é diferente da matemática encarada apenas pela teoria, os conhecimentos matemáticos tratados neste processo educacional deverão estar relacionados entre si. Deve ser possível ter uma noção do "todo" e perceber a relação entre as "partes".

**Situação arranjada:**

Antes da aula deverá ser feita uma avaliação diagnóstica para verificar a fluência em informática dos educandos e o conhecimento que eles têm sobre o assunto que será tratado na aula. Desta forma, tanto o software quanto o roteiro poderão ser adaptados para melhor atender aos educandos.

Os softwares devem ser simples e objetivos, evitando conter ferramentas e/ou informações desnecessárias que possam prejudicar a realização das atividades. Além disso, para evitar problemas relacionados à interação com o sistema operacional ou com o sistema de software, deverá ser utilizada uma plataforma que o educando conheça. Além disso, o software deve conseguir apoiar explorações que estão além do roteiro e que poderão ser realizadas em outras aulas, desta forma, ele deve ser reutilizável.

Os educandos devem ser informados que eles participarão de uma aula investigativa e qual postura é esperada deles. Além dessas informações outras informações sobre a utilização e sobre os principais problemas técnicos do software também deverão apresentadas aos educandos.

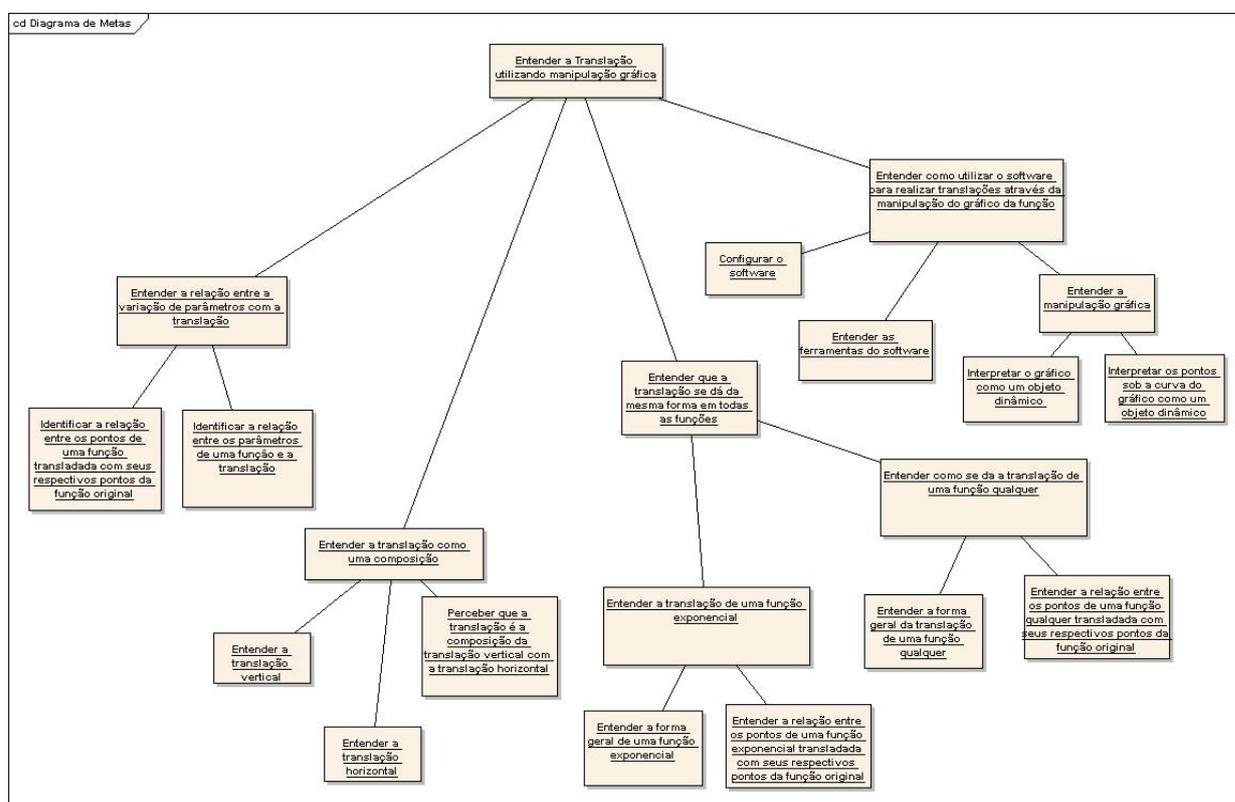
Durante a aula os educandos trabalharão em dupla. As duplas adjacentes constituirão grupos. Tanto as dúvidas quanto as soluções serão compartilhadas pelo grupo.

Estes grupos serão acompanhados e atendidos por educadores. Os educadores deverão convidar os educandos, periodicamente, a se envolverem com a investigação de algum conteúdo relacionado à aula. Ao final da aula os educadores deverão fazer uma síntese do trabalho realizado pelos educandos informando e avaliando tudo o que aconteceu.

*Por fim, os roteiros utilizados na aula deverão ser menos dirigidos, de fácil compreensão e devem permitir aos educando localizarem, em qualquer momento, qual parte do roteiro está sendo realizada, o que já foi feito e o que será feito.*

*(Texto retirado do documento DPE da modelagem realizada)*

Por fim, foram definidas as metas do processo educacional associadas às unidades organizacionais. Estas metas foram relacionadas entre si e organizadas em uma hierarquia de metas e sub-metas. As metas foram agrupadas segundo a unidade organizacional que elas estavam relacionadas. Com essas informações foi elaborado o diagrama de metas apresentado na figura 9.2.



**Figura 9.2.** Diagrama de metas do processo educacional modelado.

A identificação e obtenção das sub-metas se deu através da pergunta “Como alcançar a meta X?”. Já as metas de níveis mais altos foram identificadas ou obtidas com a pergunta “Para que alcançar a meta X?”.

A decomposição das metas em sub-metas só era interrompida quando a sub-meta encontrada fosse uma meta do educando, que participa do processo educacional. A cada meta identificada era feita a pergunta: “Esta meta é de um processo ou de

um educando?”. Quando os problemas associados às metas não eram explicitados espontaneamente pelos educadores, o modelador incentivava a explicitação delas para que fosse elaborado, posteriormente, o Modelo de Metas e Problemas.

Durante a identificação das metas dos participantes dos processos os educadores sugeriam, espontaneamente, algumas possíveis atividades que atenderiam estas metas. Em alguns casos as atividades sugeridas continham mais de uma meta. Neste momento também, durante a conversa com os responsáveis pelo processo educacional, era possível perceber o encadeamento dessas tarefas sugeridas. Os educadores, ao discutir sobre o processo educacional, comentavam sobre possíveis seqüências de execução das atividades sugeridas.

Todas as informações importantes e que não faziam parte, especificamente, desta reunião, foram registradas para serem utilizadas com informações de apoio às próximas reuniões. A segunda reunião durou aproximadamente 03 horas.

### **9.3.4 2ª Atividade de Modelagem - Preenchimento das informações referentes ao Capítulo 4 do DPE**

Após a segunda reunião foi elaborada a versão inicial da Visão de estratégia de negócio proposta por Eriksson & Penker [2000]. Utilizamos o termo “versão inicial” para ressaltar que esta visão de negócio é atualizada durante toda a modelagem, à medida que surgem novas metas ou novos entendimentos sobre o processo educacional.

Foram definidas as considerações sobre o processo educacional e seus participantes, que serviram de apoio à elaboração do Modelo Conceitual (ver figura 9.3). O Modelo Conceitual também foi elaborado com base nas conversas estabelecidas entre o modelador e os educadores sobre os conceitos utilizados durante a modelagem.

Com base nas gravações e nos registros realizados durante a gravação, as informações referentes à *Matriz TOWS* e à *Declaração da Visão* foram transcritas para o documento de Descrição do Negócio.

O modelo de metas e problemas também foi elaborado com base nos registros feitos durante a reunião. Durante a reunião foram levantadas somente as metas e os problemas associados a elas, não foi elaborado neste momento o plano de ação associado aos problemas. Como a abordagem educacional adotada, de criar um ambiente de exploração e investigação dos conceitos da matemática com a presença do computador e o auxílio do professor, era a ação adotada para atender todos os problemas levantados, que diziam respeito à aprendizagem de determinado conteúdo ou aquisição de determinada habilidade ou competência, não foi necessário explicitar, para cada meta, qual seria o seu plano de ação. Os procedimentos relacionados com o atendimento de

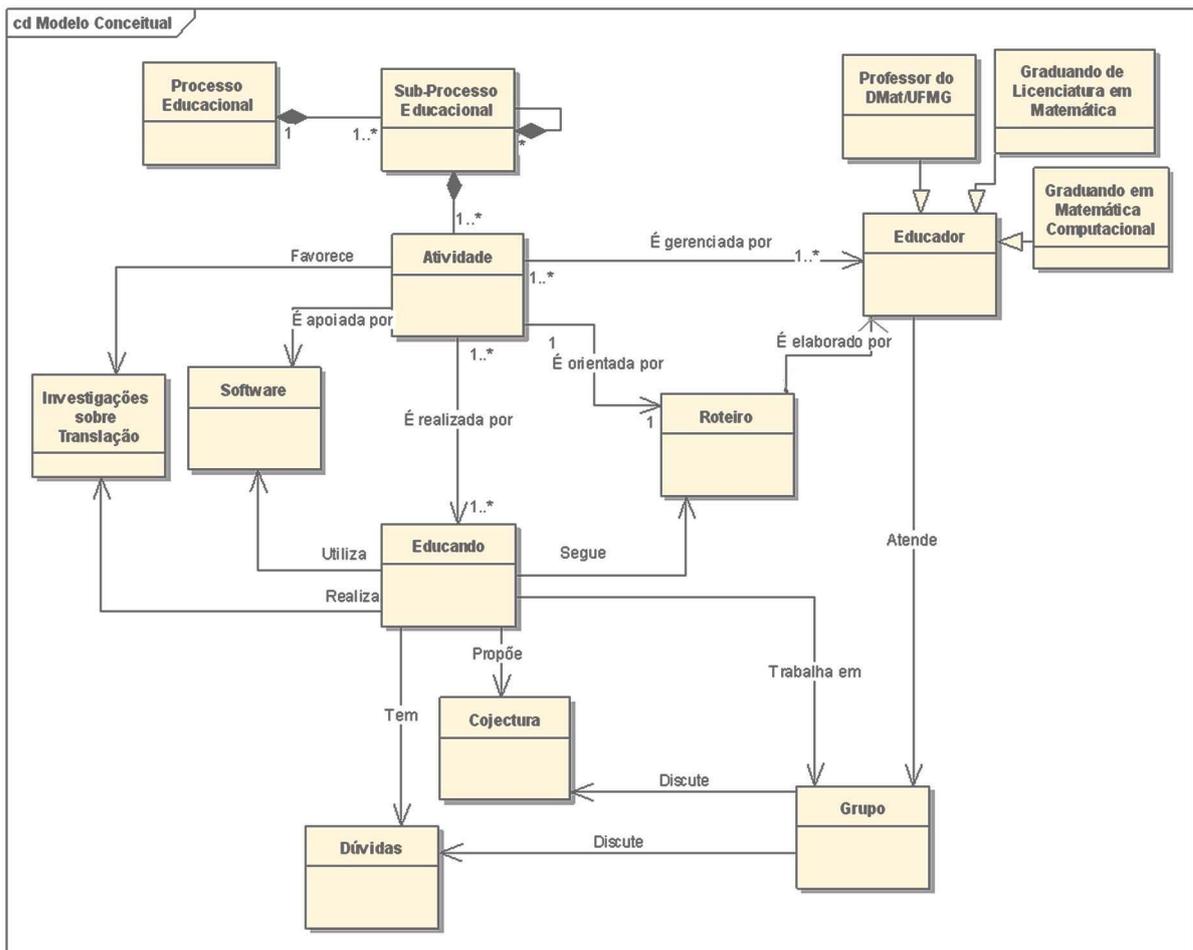


Figura 9.3. Modelo Conceitual do processo de educacional.

cada problema puderam ser percebidos ao modelar as atividades associadas às metas que, por sua vez, estavam associadas a esses problemas.

### 9.3.5 3ª Reunião - Modelagem das Visões de Processo, Estrutura e Comportamento de Negócio

A primeira e a segunda reunião aconteceram no período em que os educadores preparavam as atividades educacionais e adaptavam o software Geogebra, que apoiaria essas atividades. A terceira reunião aconteceu após a execução da aula. Nessa reunião iniciou-se a modelagem da Visão de Processos de Negócio, Visão de Estrutura de Negócio e Visão de Comportamento de Negócio. Conforme já citado, essas três visões são obtidas em paralelo.

Com base no roteiro da aula e da forma como ela foi conduzida pelos educadores foi descrito como a aula aconteceu do início ao fim. Durante estas descrições foram

identificados alguns “momentos” da aula que estavam relacionados às metas definidas na reunião anterior. Estes “momentos” foram chamados de processos educacionais ou de atividades educacionais conforme as metas associadas a eles. Se estes “momentos” estivessem relacionados a metas dos educandos, eles eram denominados atividades educacionais, caso contrário, eram chamados de processos educacionais. Desta forma foi possível identificar os processos, os sub-processos e as atividades educacionais.

Durante o relato e a discussão sobre a aula foram obtidas também as informações relacionadas à infra-estrutura da sala de aula e os recursos que faziam parte da aula. O modelador incentivou os educadores a explicitarem essas informações para que fosse possível modelar a Visão de Estrutura de Negócio.

As informações referentes à visão de Comportamento de Negócio foram obtidas após a análise das atividades. Durante o levantamento das informações sobre a aula, as atividades identificadas foram detalhadas e as ações e operações realizadas pelos educandos foram identificadas.

Durante a reunião os educadores relatavam também o que ocorreu durante a aula, quais foram os comportamentos dos alunos, como eles se relacionavam entre si e com os educadores e quais foram as dificuldades que eles tiveram. Todas essas informações foram importantes para mais tarde descrever a atividade conforme ela é vista pela Teoria da Atividade e, como proposto por este trabalho, obter os diagramas de Linha de Montagem, os diagramas de Caso de Uso e os diagramas de Sequencia.

Nesta reunião também foi realizada uma avaliação da aula. Durante o relato da aula os procedimentos, os recursos utilizados, as situações vivenciadas pelos educandos e as regras de negócio foram discutidos e avaliados pelos educadores. Estas informações foram de grande importância para a complementação das informações da Visão de Negócio. As considerações do processo educacional, a Matriz TOWS e a Declaração da Visão tiveram suas informações atualizadas e/ou complementadas.

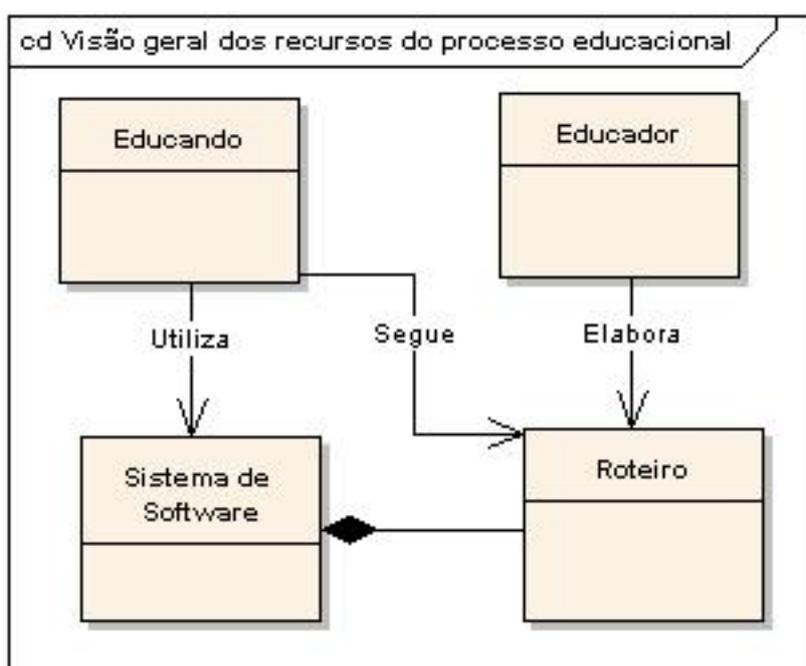
Ao final desta reunião o modelador já possuía todas as informações para elaborar a arquitetura do processo educacional. Esta reunião durou 03 horas.

### **9.3.6 3ª Atividade de Modelagem - Preenchimento das informações referentes aos Capítulos 5, 6 e 7 do DPE**

Com base nesta terceira reunião foi possível registrar no documento Descrição do Negócio as informações referentes às visões “Visão de Processo de Negócio”, “Visão de Estrutura de Negócio” e “Visão de Comportamento de Negócio”. A “Visão de Negócio” também foi atualizada, à medida que surgiam informações referentes às considerações, à Matriz TOWS e à Declaração de Visão.

As informações obtidas foram organizadas no documento Descrição do Negócio. No capítulo referente ao processo educacional essas informações foram apresentadas nos seguintes itens:

1. Estrutura do processo educacional: visão geral (ver figura 9.9) e detalhamento das unidades organizacionais relacionadas ao processo educacional modelado e os principais recursos (ver figura 9.4) deste processo educacional.

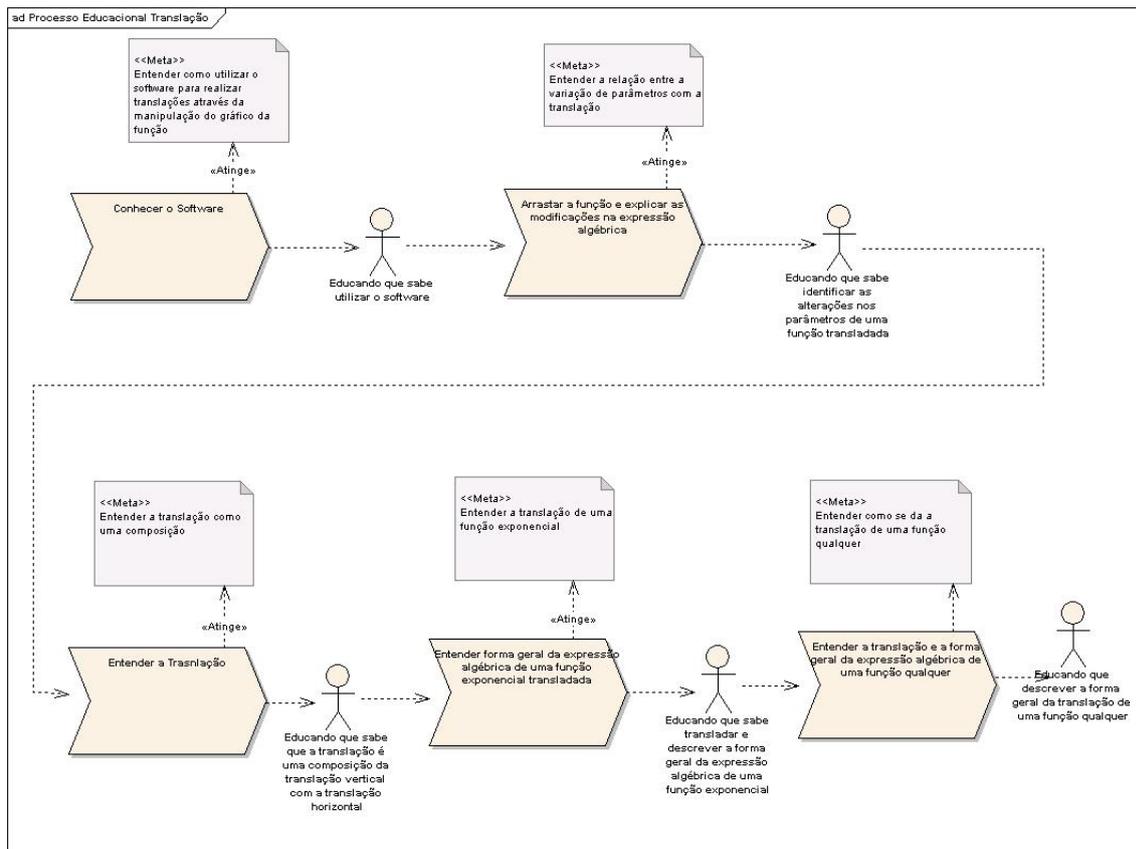


**Figura 9.4.** Visão geral dos principais recursos do processo educacional.

2. Processo Educacional: visão geral dos processos educacionais (ver figura 9.5), detalhamento destes processos e de suas atividades.

As informações e os diagramas referentes à “Visão de Estrutura de Negócio” e à “Visão de Processo de Negócio” estão, respectivamente, presentes nesses itens. Já as informações e os diagramas referentes à “Visão de Comportamento de Negócio” estão presentes nos dois itens como diagrama de estados dos recursos e diagramas de sequência que mostram a relação entre os recursos que compõe uma atividade educacional.

Uma vez que as quatro visões foram modeladas temos a arquitetura do processo educacional. Com base nesta arquitetura foram explicitados os requisitos de sistema e os requisitos de software do sistema de software que apoiará adequadamente este processo educacional. Com estas informações também foi possível estabelecer uma relação entre os requisitos funcionais e não-funcionais obtidos.



**Figura 9.5.** Visão geral dos processos educacionais.

Os requisitos de sistema foram obtidos das informações presentes na atividade educacional e dos possíveis conhecimentos do educando que influenciam no entendimento dos objetivos e dos comportamentos do sistema de software. Foram percebidos quatro fontes de influência, neste sentido: o roteiro, os educadores, os educandos que trabalham em um mesmo grupo, e as regras do processo educacional. De acordo com estas influências é esperado que o sistema de software seja utilizado com um novo objetivo ou que tenha um novo comportamento. Estes novos objetivos ou comportamentos indicam requisitos funcionais e não-funcionais que o sistema deverá contemplar.

Os requisitos de sistema são obtidos diretamente das informações presentes nas visões de negócio. Os requisitos não-funcionais foram obtidos da “Visão de Negócio”. Em particular, eles foram obtidos das informações da Matriz TOWS e da Declaração de Visão.

Foram obtidos também os requisitos funcionais, com base nos casos de uso que foram obtidos da análise das atividades proposta pela MERBTA [Martins, 2001]. Para cada atividade educacional foram executadas as seguintes atividades presentes no MMPE: *Delinear o Contexto da Atividade* e *Descrever a Estrutura Hierárquica*

da Atividade. Com atividade *Delinear o Contexto da Atividade* obteve-se, para cada atividade educacional, as informações apresentadas no exemplo abaixo:

### **1) Histórico da Atividade**

*Geralmente nas aulas de matemática que não utilizam o computador não se compara as coordenadas dos pontos entre a função original e a função transladada. Geralmente se compara a origem do sistema de coordenada da função transladada e do sistema de coordenada da função original. Com o uso do computador além de se comparar as origens dos sistemas de coordenadas é possível comparar, com mais facilidade, o ponto que está sobre a curva original (ponto A) e o seu respectivo ponto na curva transladada (ponto B).*

### **2) Contexto da Atividade**

**Motivos:** *O educando precisa entender a relação entre as coordenadas dos pontos A e B.*

**Resultados:** *Um educando que sabe relacionar as coordenadas dos pontos A e B.*

### **3) Elementos no nível individual:**

**Sujeito/Ator primário:** *O educando.*

**Ferramentas de mediação:** *O software.*

**Objeto:** *As curvas das funções F e G.*

### **4) Elementos no nível social**

**Regras/Regras de Negócio:** *A curva pode ser arrastada para qualquer parte do plano. Somente é possível mover os pontos movendo o ponto que está sobre a curva arrastada. A curva original não pode ser arrastada. Somente pode interagir com o software uma pessoa de cada vez. Os participantes da atividade podem interagir entre si.*

**Comunidade/Atores secundários:** *Educadores e demais educandos.*

**Divisão do trabalho/Papeis:** *O educando que está diante do software é o responsável pela interação com o mesmo. Os demais educandos e os educadores participam da atividade dialogando com o educando.*

*(Exemplo retirado do documento DPE da modelagem realizada)*

Com a atividade *Descrever a Estrutura Hierárquica da Atividade* foram levantadas, para cada uma das atividades educacionais presentes no modelo, as ações e as operações realizadas pelo educando no contexto da atividade, conforme é apresentado

na figura 9.6. E, com base nessas informações foram obtidos os roteiros e os Diagramas de Sequência (ver figura 9.7).

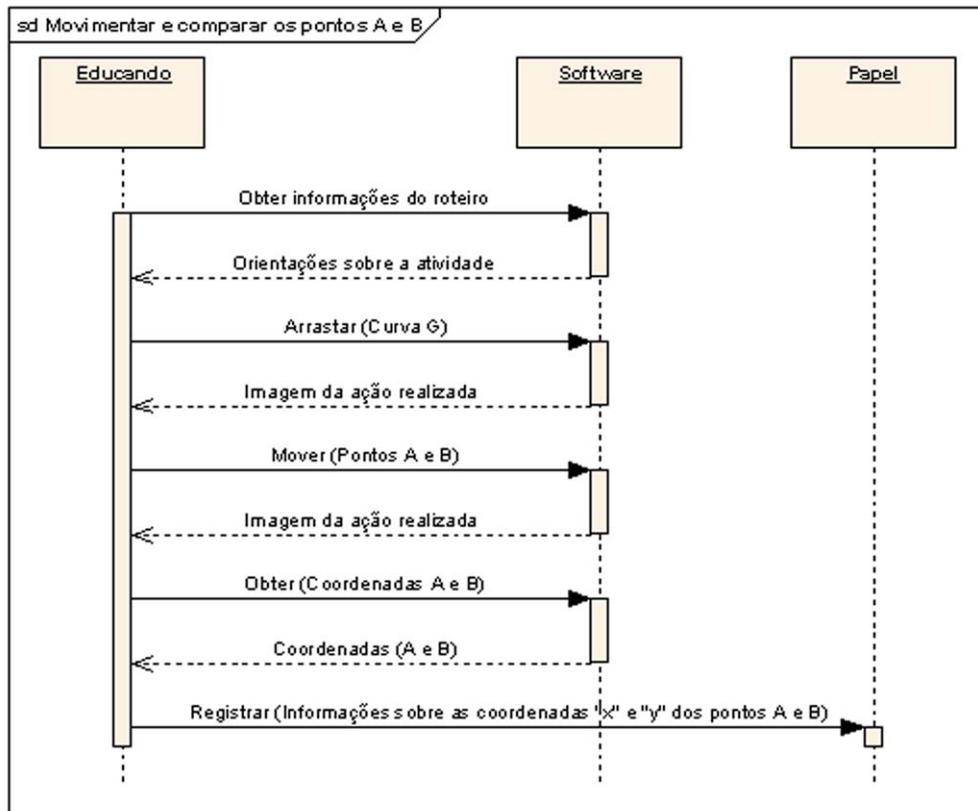
Ações	Metas	Operações	Condições
Obter a orientação do roteiro relacionada à atividade	Ler e entender as informações do roteiro	Ler a informação do roteiro	A informação do roteiro relacionada a esta atividade deve estar visível
Arrastar a Curva G	Mover a curva G para algum lugar do plano diferente da posição da curva F.	Escolher para aonde levar a curva	Ter visível a posição no plano que se quer levar a curva
		Clicar na curva	Ter a curva visível
		Pressionar o botão esquerdo do mouse e mover o mouse levando a curva para o lugar escolhido	Ter o cursor do mouse sob a curva e ter clicado nela
Mover os Pontos A e B	Mover os pontos A e B para alguma posição qualquer.	Clicar no ponto que está na curva F	Ter o ponto visível
		Pressionar o botão esquerdo do mouse e mover o mouse para a direita ou para a esquerda.	Ter o cursor do mouse sob o ponto e ter clicado no ponto
		Soltar o botão esquerdo do mouse quando chegar no lugar desejado.	Ter pressionando o botão esquerdo do mouse
Comparar os pontos	Entender a relação entre os pontos A e B.	Comparar a coordenada "x" dos pontos A e B.	Ter visível as coordenadas dos pontos A e B.
		Comparar a coordenada "y" dos pontos A e B.	Ter visível as coordenadas dos pontos A e B.
		Registrar a relação entre as coordenada "x" e "y" dos pontos A e B.	Ter papel ou software disponível para registrar as informações.

**Figura 9.6.** Divisão hierárquica da atividade “Movimentar e comparar os pontos A e B”.

Os roteiros obtidos eram instâncias de casos de uso. Desses roteiros, que descreviam a realização de um caso de uso com objetivos educacionais diferentes, foram obtidos os casos de uso do sistema de software, apresentados na figura 9.8. Os casos de uso obtidos desses roteiros contemplam todos os comportamentos que os roteiros associados a eles exigem.

Com base nos casos de uso obtidos e nos requisitos não-funcionais foi elaborada a descrição do sistema de software que apoiará este processo educacional modelado. Essa descrição fala das características desse sistema de software e do seu uso educacional. Foi elaborada também uma tabela 9.1 que mostra a relação entre os requisitos funcionais e não-funcionais.

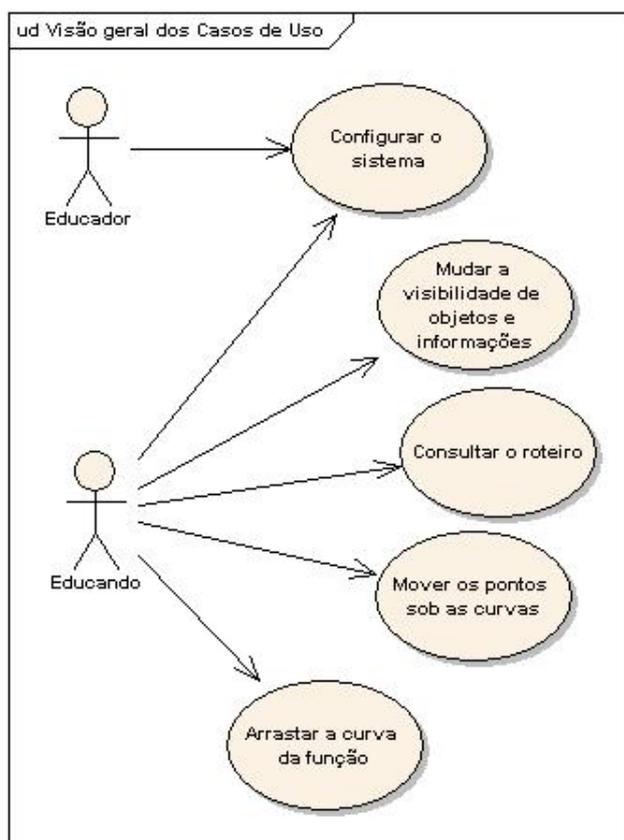
Não foram elaborados diagramas de Linha de Montagem pois as informações tratadas pelo sistema de software, segundo seus requisitos, eram tratadas de maneira



**Figura 9.7.** Diagrama de sequência da atividade “Movimentar e comparar os pontos A e B”.

	Desenho estético e minimalista	Correspondência Entre o sistema e o Mundo Real	Portabilidade	Reusabilidade
Arrastar a curva		X		
Mover o ponto sobre a curva		X		
Acessar o roteiro		X		
Mudar a visibilidade de objetos e informação	X			
Configurar o sistema	X	X		X

**Tabela 9.1.** Relação entre os requisitos funcionais e não-funcionais.



**Figura 9.8.** Casos de uso do sistema de software.

independente em cada atividade. Geralmente se utiliza o diagrama de Linha de Montagem para mostrar o fluxo das informações entre as atividades e que é mediado por um sistema de informação.

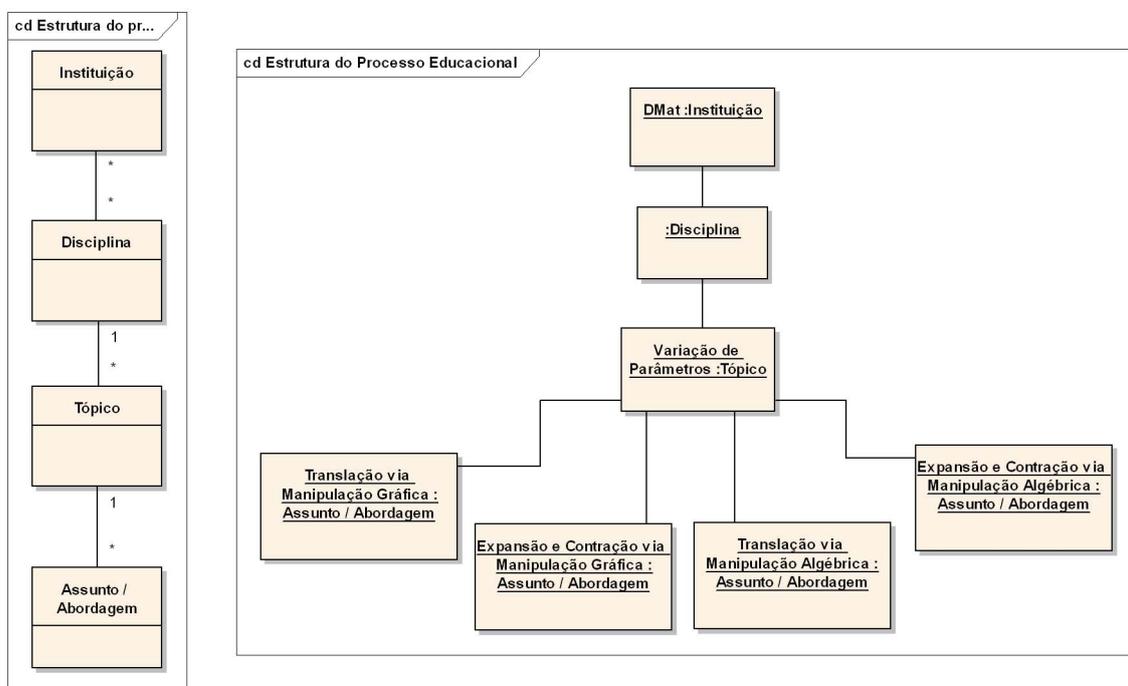
### 9.3.7 4ª Reunião - Revisão das informações registradas nos Capítulos 4 , 5, 6 e 7 do DPE

Nessa reunião foi apresentado aos educadores o documento contendo a Descrição do Negócio, ou seja, a descrição do Processo Educacional, sua arquitetura e a apresentação do sistema de software que o apoiará. As informações que ainda não tinham sido registradas foram acrescentadas e aquelas que estavam erradas ou incompletas foram corrigidas ou complementadas. Este documento foi atualizado e validado pelos educadores.

A ênfase maior dessa reunião foi na avaliação das descrições textuais e dos diagramas da Visão de Estrutura de Negócio, da Visão de Comportamento de Negócio e da Visão de Processo de Negócio. As informações da Visão de Negócio já tinham sido

revisadas e validadas nas reuniões anteriores.

As unidades organizacionais, da Visão de Estrutura de Negócio, proposta pelo modelador foi corrigida e complementada. Tinha sido apresentada uma estrutura que tinha a disciplina como a estrutura de nível mais alto e que era composta por tópicos e que, por sua vez, era composto de assuntos. Foi proposta pelos educadores, conforme apresentado na figura 9.9, a seguinte estrutura: primeiramente tem-se a instituição que representada pelo Departamento de Matemática da UFMG e que também diz respeito à comunidade matemática. Esse departamento oferece disciplinas que é organizada por tópicos. Cada tópico tem seus assuntos que são tratados no processo educacional com uma determinada abordagem.



**Figura 9.9.** Visão geral da estrutura do processo educacional.

Foi também discutida a influência de cada uma dessas estruturas no processo educacional e na utilização dos sistemas de software que participam desse processo. Como é feito na MPN [Eriksson & Penker, 2000] as estruturas organizacionais são utilizadas para definir os responsáveis por determinados processos educacionais. Apesar de os processos educacionais estarem sob a responsabilidade dos educadores, indiretamente as estruturas organizacionais impõe o que pode ou não ser ensinado, estudado ou realizado durante a execução desses processos.

As informações da Visão de Comportamento de Negócio obtida com base na Vi-

são de Processo de Negócio e as informações referentes a essa última também foram revisadas e discutidas. Os educadores alegaram que os diagramas que apresentam o processo educacional ou a execução de suas atividades mostram apenas um possível comportamento diante dos inúmeros comportamentos que podem ocorrer em um processo educacional real, em execução. Foi discutido que a modelagem dos processos e das atividades tinha como objetivo identificar a participação dos sistemas de software nesses processos e atividades e por isso ela não se propunha a registrar todos os possíveis comportamento dos educandos e educadores. Dessa forma, os educadores avaliam os processos educacionais buscando verificar se eles correspondiam à realidade e se registravam todas as informações importantes referentes à utilização ou possível participação de sistemas de software. Alguns dos diagramas de processo de negócio foram corrigidos pelos educadores.

A Visão de Negócio foi corrigida ou atualizada com base na leitura do documento de modelagem, realizada pelos educadores antes da reunião. Somente algumas palavras e termos foram corrigidos.

Por fim, foram apresentados aos educadores os requisitos já identificados até o momento. Os requisitos foram discutidos e também avaliados pelos educadores. Depois, os educadores foram convidados ainda a pensarem nos requisitos de sistema, propondo situações e informações que são utilizadas durante a execução do processo educacional e que podem exigir dos sistemas de software um determinado comportamento ou característica. Essas informações foram registradas e incorporadas à lista de Requisitos de Sistema.

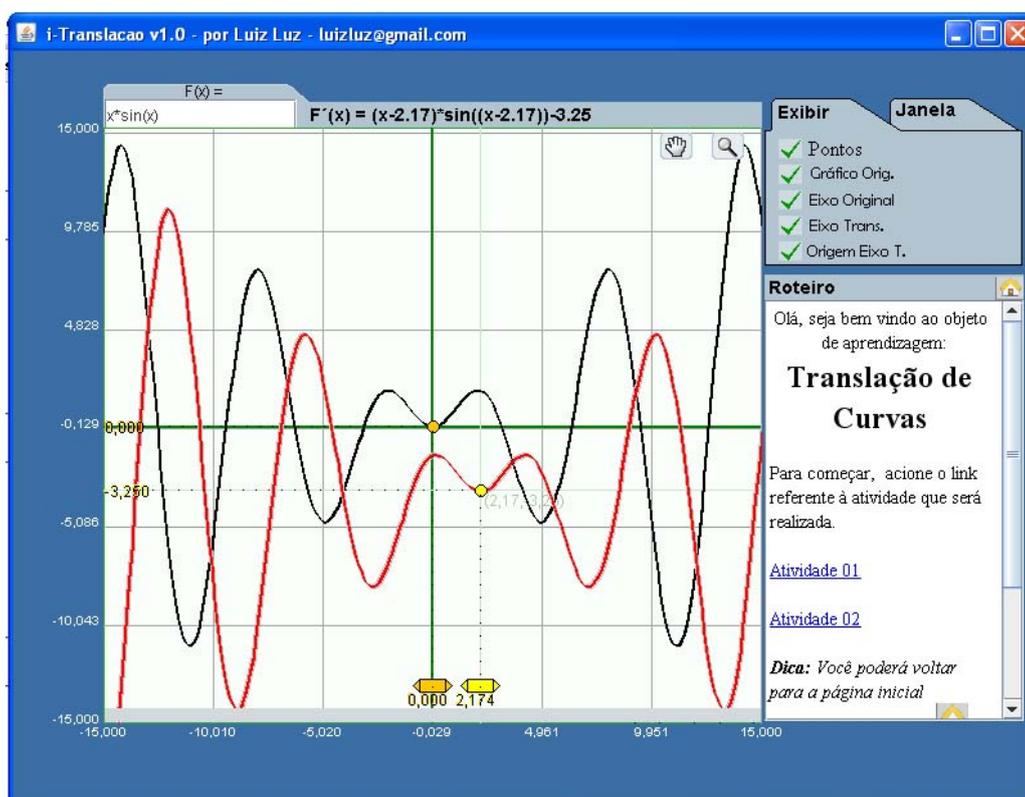
Portanto, durante a reunião todo o processo educacional documentado foi revisado e discutido. Os requisitos foram discutidos, porém não foram validados nesta reunião porque era necessário um protótipo navegável. A validação ficou para a próxima reunião.

A reunião durou 03 horas.

## 9.4 A validação dos requisitos

Na quinta reunião os requisitos foram validados utilizando um protótipo navegável (ver figura 9.10). Os educadores foram orientados para testarem os requisitos funcionais, para considerarem os requisitos não-funcionais relacionados aos requisitos funcionais e verificarem os demais requisitos não-funcionais. Além disso, eles foram orientados para considerar as informações que dão origem aos requisitos de sistema e verificarem a capacidade do protótipo de se adequar à estrutura dinâmica que normalmente têm

os processos educacionais.



**Figura 9.10.** Protótipo navegável desenvolvido para validação dos requisitos.

Durante a reunião os requisitos foram avaliados enquanto os educadores realizavam as atividades propostas pelo roteiro. Quando os educadores terminaram de avaliar o protótipo, utilizando as atividades do roteiro, os requisitos foram apresentados em uma tabela e todos eles foram avaliados e discutidos. Dessa forma, primeiramente os educadores avaliaram os requisitos durante a execução das atividades e depois cada requisito foi avaliado separadamente.

Os educadores concordaram com todos os requisitos encontrados e não foi percebida a necessidade de nenhum requisito novo. Os requisitos identificados correspondiam às expectativas dos educadores e as inovações percebidas durante a modelagem e implementadas no protótipo foram recebidas com muita satisfação. O requisito denominado “Configurar o sistema” não tinha sido levantando durante a modelagem dos processos educacionais, somente ao final da modelagem foi identificado a necessidade desse requisito para tornar o sistema de software proposto mais reutilizável.

Uma outra inovação identificada durante a modelagem e que agradou muito os educadores, por atender a proposta deles de exibirem as informações do roteiro de acordo com as informações disponibilizadas pelo sistema de software, foi a independên-

cia entre a aplicação e o sistema de software, pois o aplicativo utilizado na execução do processo educacional modelado não permitia modificar o roteiro. O roteiro passou a ser páginas HTML que eram acessadas pelo sistema de software e que tornava o aplicativo mais reutilizável, possibilitando a elaboração de novos roteiros. Além disso, possibilitou também a realização de configurações do sistema de software durante o acesso ao conteúdo dos roteiros. Por exemplo, ao acessar um *link* que dava acesso a uma determinada página do roteiro era possível alterar as configurações do sistema de software, mudando a função exibida, alterar as opções de visualização, ocultar ou exibir campos ou comandos do sistema de software entre outras opções de configuração. Dessa forma, ao elaborar um roteiro em HTML com novas propostas de investigação o professor poderia também informar, ainda no arquivo HTML, as configurações do sistema de software para que ele se adequasse ao seu processo educacional.

Foi encontrado apenas um problema com o nome da função transladada. A função transladada era chamada de “F’”, porém esse nome é utilizado para representar a derivada de uma função. Esse conflito entre o termo utilizado no software e o termo adotado pela comunidade matemática poderia ser um motivo de confusão para os educandos , durante a utilização do sistema de software.

#### 9.4.1 Requisitos de sistema

Os requisitos de sistema decorrem das informações que chegam aos usuários e influenciam a maneira de utilizarem os sistemas de software. Eles foram levantados com base na análise do roteiro e dos relatos dos educadores sobre as possíveis situações de uso do sistema de software que podem ocorrer no decorrer da execução do processo educacional. Eles foram validados mediante a utilização do protótipo com base nas informações referentes a cada requisito.

Nas tabelas 9.2,9.3, 9.4 e 9.5 são apresentados os requisitos de sistema resultantes das informações disponíveis no roteiro, das regras do processo educacional e que estão presentes nas falas dos educadores e educandos:

#### 9.4.2 Requisitos não-funcionais

Os requisitos não-funcionais levantados foram apresentados aos educadores e observados por eles durante a utilização do protótipo na realização das tarefas do roteiro. Foram apresentados aos educadores a definição de cada um dos critérios de usabilidade presentes na lista de requisitos não-funcionais e as informações obtidas na modelagem que deram origem a esses requisitos. Na tabela 9.6 são apresentados os requisitos

Requisito	Descrição	Informação
Permitir comparação visual de funções	O software deverá permitir arrastar a curva de verde e colocá-la em qualquer lugar do plano, inclusive sobre a curva da função $y = f(x)$ . Não deve estar visível a expressão algébrica das curvas. Uma das curvas tem o nome $y = f(x)$ e a curva verde tem o nome $y = g(x)$ . O sistema não deve informar se as curvas são ou não iguais.	Exploração: Veja como os dois gráficos são parecidos. É possível arrastar a curva em verde e colocá-la sobre o gráfico de $y = f(x)$ ? Tente fazer isso.
Localização no roteiro.	O sistema de software deverá exibir o roteiro e as páginas deste roteiro serão exibidas conforme a posição do ponto em uma reta verde, que funciona como uma barra de rolagem.	Dica: Arraste o ponto sobre a barra verde para mudar de página. Você sempre pode voltar na página que desejar, ou ir para a próxima página."
Arrastar a curva discretamente.	O sistema de software deve permitir que a curva da função seja arrastada discretamente tanto na vertical quanto na horizontal, utilizando as "setas" do teclado. Deve ser possível perceber que a curva da função é arrastada de uma unidade e durante esta ação a expressão algébrica da função estará visível	Questão: Qual seria a expressão algébrica da função arrastada se a partir da posição inicial, ou seja, quando ela está na mesma posição que a função original, você arrastá-la três unidades para a esquerda e quatro unidades para cima? Dica: Para arrastar a curva somente para cima, por exemplo, clique sobre a curva uma vez e depois clique na seta para cima do teclado. Isso vale para todos os movimentos.
Visibilidade de informações e objetos.	O sistema deverá exibir na tela as informações ou os objetos a seguir: Gráfico Original, Ponto sobre a curva, Novos Eixos e Origem dos novos eixos. Deverá ser possível habilitar e verificar a habilitação da visualização destes objetos ou informações	Orientação: Para as próximas explorações, certifique-se de que todas as opções de visualização estão habilitadas
Relação entre as expressões algébricas e os pontos que estão sob a função.	O sistema de software deve permitir relacionar os pontos P0 e P com as expressões algébricas da função original e da função transladada. Desta forma, durante a manipulação dos pontos devem ser exibidas, além das coordenadas dos pontos P0 e P, as expressões algébricas das duas funções.	Questão: Como você explica as expressões algébricas da função arrastada e da função original a partir da relação entre P0 e P?
Comparação entre os pontos.	O sistema de software deverá permitir a comparação entre os pontos que estão nas duas funções: na função original e na função transladada. O sistema deverá permitir arrastar o ponto P0 sobre a curva original e exibir as informações de sua coordenada e da coordenada do ponto P, para que eles sejam comparados	Questão: Que relação você percebe entre as coordenadas dos pontos na curva original e na curva arrastada? Dica: Arraste o ponto P0 sobre a curva original, e anote os valores das coordenadas dos pontos para várias posições do ponto sobre a curva. Compare os valores para encontrar uma relação entre eles.
Arrastar a função pelo plano XY	O sistema permitirá arrastar uma curva pelo plano XY e durante esta ação deverão ser exibidas as informações referentes à expressão algébrica da função, que tem seu gráfico arrastado, e as coordenadas dos pontos que estão sobre este gráfico	Exploração: Arraste a sua curva para um lugar qualquer no plano, observando a reação das expressões algébricas das funções e das coordenadas dos pontos quando você executar esse movimento
Exibir e ocultar informações e objetos	O sistema será utilizado na realização de determinadas atividades e ele só deve exibir as informações e/ou objetivos que são relevantes para estas atividades. Ele deve permitir ocultar e exibir, quando necessário, informações e objetos.	Para as próximas atividades, habilite somente as caixas GRÁFICO ORIGINAL e PONTO SOBRE A CURVA
Manipulação de objetos	O sistema de software deverá ser um ambiente de manipulação de objetos. Ele deve permitir que os usuários manipulem os pontos, as curvas e as caixas de seleção. O usuário pode clicar e arrastar os objetos, utilizando o mouse	Experimente clicar e arrastar os pontos, curvas e caixas de seleção, e observe o que acontece na tela quando você faz cada uma dessas ações

Tabela 9.2. Requisitos resultantes do roteiro

Requisito	Descrição	Informação
Informar que há funções que não são exibidas corretamente.	Os alunos deverão ser informados que algumas funções como, por exemplo, a função tangente não terá seu gráfico exibido corretamente	Alguns alunos podem acreditar que o computador sempre oferece uma resposta correta e exata. Em alguns contextos, devido às limitações do computador ou do software, não será possível ter uma resposta ou uma representação exata ou coerente com a teoria matemática.
Ocultar expressão algébrica do gráfico da função.	Deverá ser possível ocultar a expressão algébrica do gráfico da função.	Haverá momentos da aula que o aluno não poderá visualizar a expressão algébrica do gráfico da função.

**Tabela 9.3.** Requisitos resultantes das regras do processo educacional

Requisito	Descrição	Informação
Exibir do novo sistema de coordenada.	O sistema de software deverá exibir os dois sistemas de coordenada e, ao transladar a função, o novo sistema de coordenada deve acompanhar, dinamicamente, a função arrastada.	Qual é a relação entre a origem do sistema de coordenada atual e a origem do novo sistema de coordenada"?
Mudar a função	O sistema de software deverá permitir que outros tipos de funções sejam informados.	Tente fazer esta mesma exploração utilizando funções quadráticas e trigonométricas"?

**Tabela 9.4.** Requisitos resultantes dos educadores

Requisito	Descrição	Informação
Informar numericamente o quanto a curva será transladada na vertical e na horizontal	Deverá ser possível indicar numericamente o quanto a curva deverá ser transladada na vertical ou na horizontal	O educando pode querer indicar numericamente o quanto as curvas serão transladadas na vertical ou na horizontal
Informar numericamente as coordenadas do ponto	Deverá ser possível informar, numericamente as coordenadas do ponto que está sob a função transladada.	O educando pode querer informar coordenadas específicas no eixo X, para o ponto que está sendo arrastado pela curva
Zoom	Deve existir a função "zoom".	O educando pode querer dar um "zoom out" ou um "zoom in" em suas explorações
Acessar as páginas do roteiro	Deve ser possível acessar qualquer página do roteiro, idenpendente da página que se está.	O educando pode querer caminhar pelas páginas do roteiro a qualquer momento
Imprimir o roteiro.	Deverá ser possível imprimir o roteiro.	O usuário pode querer ou precisar ter o roteiro fora do aplicativo: impresso ou em uma página HTML

**Tabela 9.5.** Requisitos resultantes dos educandos

não-funcionais levantados.

<b>Requisitos Não-Funcionais</b>	<b>Descrição</b>
Desenho estético e minimalista	Os sistemas de software devem ser simples e objetivos
Correspondência entre o sistema e o Mundo Real	Os sistemas de software devem permitir que os objetos e conceitos da matemática sejam apresentados corretamente.
Portabilidade	Os sistemas de software devem ser capazes de funcionar em plataformas conhecidas pelos educandos.
Reusabilidade	Os sistemas de software devem poder ser reutilizados em outras aulas ou para outras investigações.

**Tabela 9.6.** Requisitos não-funcionais

### 9.4.3 Requisitos funcionais

Os requisitos funcionais levantados foram validados durante a utilização do protótipo, na realização das tarefas propostas pelo roteiro. Esses requisitos dizem respeito às principais funcionalidades do sistema de software e que geralmente são utilizadas em quase todas as atividades do processo educacionais que são apoiadas por sistemas de software. Na tabela 9.7 são apresentados os requisitos não-funcionais levantados.

<b>Requisitos Funcionais</b>	<b>Descrição</b>
Arrastar a curva	O usuário poderá arrastar a curva da função para qualquer lugar do plano.
Mover o ponto sobre a curva	O usuário poderá mover o ponto que está sobre a curva da função.
Acessar o roteiro	O usuário poderá acessar o roteiro das atividades.
Mudar a visibilidade de objetos e informação	O usuário poderá exibir ou ocultar objetos e informações.
Configurar o sistema	O usuário poderá modificar as configurações do sistema.

**Tabela 9.7.** Requisitos funcionais

## 9.5 Resultados

A seguir serão apresentados os resultados referentes à aplicação do MMPE.

### 9.5.1 Identificação de algumas características do paradigma educacional dos educadores

Como não foram definidos alguns campos específicos para registrar as categorias descritivas, utilizadas por Fiorentini [1995] na caracterização das tendências pedagógicas da Educação Matemática, as informações referentes à caracterização do paradigma educacional do grupo de educadores ficaram distribuídas pelo documento DPE, e algumas das categorias não foram contempladas. E, apesar de as teorias “Investigação Matemática” [Ponte et al., 2003] e “Cenários para Investigação” [Skovsmose, 2003] adotadas pelos educadores do processo educacional modelado serem posterior ao trabalho apresentado por Fiorentini [1995], é possível perceber, nesse processo, a influência e/ou participação das tendências pedagógicas apresentadas na seção 2.5 deste trabalho.

Na tabela 9.8 é apresentada a relação entre o paradigma educacional dos educadores e as Tendências Pedagógicas apresentadas em Fiorentini [1995]. A caracterização do paradigma educacional foi obtida das informações registradas no documento DPE e ela é resultante da análise dessas informações pelo modelador.

Embora essas informações tenham sido consideradas direta ou indiretamente na obtenção dos requisitos, essas informações não foram explicitadas, como feito na tabela 9.8, e validada junto aos educadores. Acreditamos que a validação dessa tabela poderia complementar e enriquecer a caracterização do paradigma educacional dos educadores.

Além de possibilitar a caracterização do paradigma educacional dos educadores, foi possível identificar também, através da “*Declaração da Visão*”, ao informar a situação atual, a situação arranjada e a situação ideal, como esse paradigma está sendo transformado. E da história da atividade, resultante da análise da atividade proposta pela MERBTA, é possível perceber ainda como o paradigma educacional mudou, em relação a cada atividade, até chegar ao paradigma atual.

Na descrição da situação ideal têm-se que o sistema de software que apóia o processo educacional modelado tem que ser reutilizável ou extensível educacionalmente falando, ou seja, precisa contemplar objetivos educacionais que vão além do roteiro da atividade. A possibilidade de se utilizar o software para aprender novos conteúdos ou relações matemáticas surgidas durante a execução da atividade educacional e a discussão dessas novas explorações ou investigações entre os educandos e entre os educandos e os educadores mostra uma forte tendência *Sociointeracionista-semântica* desse grupo de educadores. Além dessas informações, na situação atual espera-se ainda que o processo educacional favoreça uma mudança na concepção de aprendizagem, de matemática e de aprender (e também ensinar) Matemática, o que reforça a afirmação feita na frase anterior, pois essa caracterização relacionada ao grupo de educandos se

<b>Categorias descritivas</b>	<b>Características do Paradigma Educacional</b>	<b>Tendência Pedagógica</b>
Concepção de Matemática	As concepções matemáticas obtidas pelos educandos têm que ser descritas matematicamente e justificadas.	Essa característica se assemelha com a Tendência Formalista Moderna ao enfatizar o uso preciso da linguagem matemática, o rigor e as justificativas.
Crença de como se dá o processo de obtenção/ produção/ descoberta do conhecimento matemático	O processo de obtenção/produção/descoberta do conhecimento matemático se dá gradativamente e parte de observação de casos particulares e se estende aos casos gerais. Inicialmente os educandos relacionam o movimento rígido no plano com as consequentes variações nos parâmetros das equações, depois constroem o conceito de translação como uma composição de translação vertical com a translação horizontal e estabelecem a forma geral da translação para um função específica e por fim deduzem a forma geral da translação.	Essa característica se assemelha com a Tendência Construtivista ao estimular o educando, e conduzi-lo através do roteiro, embora semi-estruturado, a construir seu conhecimento através de interações, de abstrações reflexivas e mediante a construção de relações entre objetos, ações ou mesmo entre idéias já construídas. E também com a Tendência Sociointeracionista-semântica por favorecer a experimentações para que o educando consiga obter novos significados, ou seja, novas idéias e/ou interpretações sobre o conceito estudado.
Finalidades e valores atribuídos ao ensino da Matemática	Essas informações não foram identificadas no documento DPE	
Concepção de ensino	O papel dos educadores é de questionar os alunos, convidando-os a realizar investigações e esclarecê-los quanto a dúvidas sobre o roteiro ou sobre a utilização do sistema de software.	Essa característica se aproxima das Tendências Empírico-Ativista, Construtivista, Sócioetnocultural e Sociointeracionista-semântica, pelo papel de facilitador do educador.
Concepção de aprendizagem	Os educandos tem uma postura ativa e são estimulados a realizar experimentações e investigações, para que sejam aprendidos os conceitos relacionados ao assunto Translação.	Essa característica se aproxima das Tendências Empírico-Ativista e Construtivista por conduzir a aprendizagem do educando por meio da ação, da manipulação ou da experimentação e se aproxima das Tendências Sociointeracionista-semântica e Sócioetnocultural considerar que a aprendizagem é também construída através do diálogo entre os educandos e dos educandos com o educador.
Consmovisão subjacente	Essas informações não foram identificadas no documento DPE.	
Relação professor-aluno	O educador orienta o aluno em suas explorações e investigações.	Essa característica se aproxima das Tendências Empírico-Ativista, Construtivista e Sociointeracionista-semântica.
Perspectiva de estudo/pesquisa com vistas à melhoria do ensino da Matemática	Essas informações não foram identificadas no documento DPE.	

**Tabela 9.8.** Relação entre o Paradigma Educacional dos Educadores e as Tendências Pedagógicas.

aproxima da proposta *Sociointeracionista-semântica* de comunidade emergente que interage, produz significado e se apropria de significados histórico-socialmente produzidos [Fiorentini, 1995].

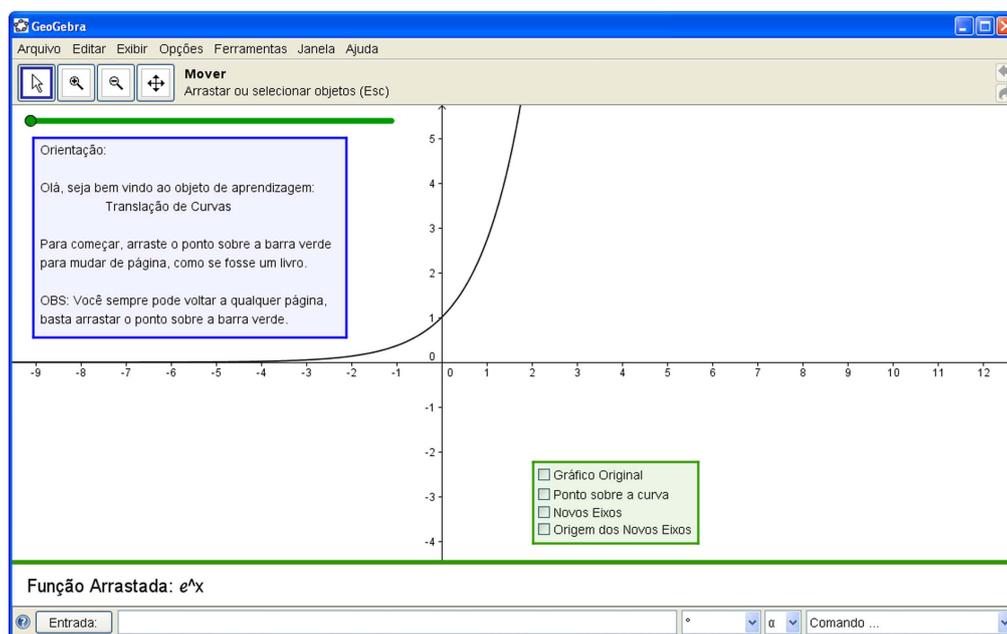
Na descrição da situação arranjada percebe-se uma tentativa de distanciar das *Tendências Construtivista e Tecnicista* quando os educadores propõem que os roteiros utilizados na aula deverão ser menos dirigidos e favorecer mais a exploração. Os educandos não necessariamente deverão construir o conhecimento, gradativamente, seguindo uma trajetória rígida, sequencial, proposta pelos educadores. Essa abordagem se aproxima da *Tendência Empírico-Ativista*, ao favorecer uma aprendizagem por descoberta e de acordo com os interesses do educando e da *Tendência Sociointeracionista-semântica*, quando considera o conhecimento socialmente contruído.

Algumas outras características permanecem inalteradas nas três situações: o estímulo à exploração e à investigação por parte do roteiro e do educador, a utilização do sistema de software para possibilitar experimentações, a relação professor-aluno, a participação ativa do educando e a necessidade de formalizar e justificar as conjecturas matemáticas obtidas pelos educandos.

Neste trabalho as características do paradigma educacional que permaneceram inalteradas deram origem a requisitos relacionados com as atividades educacionais atualmente realizadas e que foram modeladas. Esses requisitos dizem respeito à manipulação dos pontos e das curvas das funções, à apresentação das informações sobre a função estudada, a exibição ou não, apropriando o software para a tarefa executada no momento, de determinadas informações ou funcionalidades, etc. Já as características resultantes da transformação do paradigma educacional deram origem a requisitos obtidos da técnica de levantamento de requisitos roteiro e da análise das informações estratégicas disponíveis na *Visão de Negócio*. Esses requisitos foram o zoom, a possibilidade de mudar de função e a utilização de roteiros em HTML que são exibidos dentro do sistema de software.

Das informações referentes ao paradigma educacional dos educadores é possível perceber ainda que, no processo educacional modelado, o software elaborado ( ver figura 9.11) pelos participantes do GEPEMNT poderia ser classificado como “ferramenta”, por possibilitar experimentações e favorecer a investigação matemática, e como “tutor”, devido à presença, no próprio software, de um roteiro que orienta os educandos [Andres, 2004]. Dessa forma, é necessário considerar nesse software elementos correspondendo a essas duas classes de software.

Quanto às características relacionadas à utilização do software como uma ferramenta, o software deveria possibilitar que os objetos ou conceitos da Matemática fossem apresentados gradativamente: deveria possibilitar a experimentação em casos



**Figura 9.11.** Software educacional desenvolvido pelos participantes do GE-PEMNT.

particulares e em casos gerais. Espera-se ainda que o software possibilite que o educando realize movimentos rígidos, dos gráficos das funções, no plano e perceba as conseqüentes variações nos parâmetros das equações. Logo, o software deve dar suporte a múltiplas representações: algébrica, gráfica e numérica.

Quanto às características de “tutor”, é importante considerar que as informações e objetos presentes no software deverão ser reconhecidos pelos educandos, pois apesar da presença do educador no ambiente em que é executada a atividade educacional, os educadores esperam que os educandos consigam utilizar o software sozinhos e obter dele todas as informações que eles precisam. Além disso, o software deve permitir a visualização do roteiro e a navegação por ele, para que o educando tenha acesso às informações que o orientará durante as atividades educacionais.

Portanto, além de apresentar algumas características funcionais dos softwares, as informações referentes ao paradigma educacional dos educadores favorecem a identificação de quando e como o sistema de software será utilizado. Aliando essas informações com as demais informações referentes aos processos e às atividades educacionais, pode-se perceber que o MMPE possibilita o entendimento, e também a definição, das características, funcionais e até mesmo não-funcionais, que se espera de um sistema de software que apoiará o processo educacional modelado.

### 9.5.2 Linguagem e visão comum sobre o processo educacional modelado

A falta de entendimento dos processos educacionais e a divergência de visões e opiniões a respeito do seu funcionamento dificultam a identificação das necessidades dos usuários do sistema de software [Eriksson & Penker, 2000]. Desta forma, a identificação dos requisitos fica prejudicada pois, eles podem não corresponder às reais necessidades dos usuários.

Neste trabalho foram utilizadas as técnicas da Modelagem de Processo de Negócio proposta por Eriksson & Penker [2000] para amenizar estes problemas. O modelo de negócio foi elaborado gradativamente e com a participação de todos os educadores envolvidos, partindo das definições e dos conceitos mais gerais e alcançando os aspectos mais específicos à medida que já tinha sido definido e entendido o que era mais amplo. Desta forma, os participantes da modelagem compartilhavam uma mesma visão do processo educacional construído com a participação de todos eles e conseqüentemente, compartilhavam também uma mesma linguagem. O modelador também acompanhou e participou de todo esse processo, coordenando as discussões para a obtenção dessas informações e registrando o que estava sendo definido.

Dessa forma, ao estabelecer um processo sistemático de engenharia de requisitos, as dificuldades acidentais e essenciais relacionadas à tarefa de identificação dos requisitos são reduzidas [Martins, 2001].

### 9.5.3 Identificação de roteiros associados e um caso de uso

No MMPE e conforme propõe Martins [2001] em sua metodologia, para cada atividade educacional é possível obter um roteiro (ou cenário), que é uma instância de algum caso de uso. Ou ainda, segundo Rosson & Carrol [2002], o roteiro se difere do caso de uso de análise por ter como ênfase como as pessoas estão mudando seus objetivos, seus planos e seus entendimentos, durante a realização de suas tarefa. Dessa forma, os roteiros representam a realização de um determinado caso de uso com um objetivo educacional específico.

Os roteiros obtidos, durante a aplicação do método proposto, foram analisados e cada grupo de roteiro deu origem a um determinado caso de uso. Como os casos de uso obtidos precisam contemplar os objetivos educacionais contido em cada roteiro, ao final da aplicação do método são obtidos casos de uso que contemplam todos os objetivos educacionais presentes nas atividades modeladas. Pode-se considerar também possíveis situações que surgem durante a execução dos processos educacionais e garantir que os

casos de uso, associado os roteiros relativos a essas situações, contemplem também esses novos objetivos educacionais.

Portanto, ao considerar os objetivos educacionais durante a utilização do sistema de software é possível identificar funcionalidades ou características flexíveis o suficiente para atender a esses objetivos e, conseqüentemente, identificar requisitos que torna os sistemas de software mais flexíveis a adaptáveis às atividades educacionais.

#### **9.5.4 Identificação de requisitos de sistema**

Geralmente, quando os educandos estão acostumados a realizarem aulas com a presença do computador eles tentam identificar nos sistemas de softwares em utilização as características e funcionalidades já conhecidas por eles ao interagirem com outros sistemas de software. O educador também pode esperar que seja possível realizar determinadas experimentações ou explorações que comumente são realizadas com softwares aparentemente semelhantes ou necessitar que seja apresentado ao educando determinadas informações ou possibilitado determinadas experimentações. Em outras situações, os paradigmas educacionais são alterados devido à presença do computador na sala de aula ou da utilização de novas tecnologias. Essas mudanças acarretam inevitáveis alterações no decorrer da execução dos processos educacionais e essas alterações nem sempre são consideradas. Nesses casos, quando esses requisitos não são considerados, a inflexibilidade dos sistemas de softwares fazem com que eles não atendam o dinamismo das atividades educacionais.

Ao levantar as questões próprias dos processos e as informações utilizadas pelos usuários no contexto da atividade obtém-se os requisitos de sistema. Essas informações geralmente são obtidas durante o relato dos educadores da execução do processo educacional e da visão deles sobre como os processos educacionais tem sido conduzidos e transformados ao longo do tempo.

Alguns dos requisitos de sistemas, como aqueles que não estão presentes nos roteiros e nas orientações habituais feitas pelos educadores e educandos, podem ser classificados como requisitos implícitos, pois são esperados pelos educadores(clientes) e educandos(usuários), são cobrados por eles porém, geralmente não são documentados [Filho, 2003], pois as situações em que eles aparecem nem sempre são previsíveis. A identificação desses requisitos contribui para o aumento da satisfação dos educadores e da flexibilidade dos sistemas de software.

### 9.5.5 Identificação de requisitos de software

Os requisitos de software geralmente estão dentre os requisitos explícitos e normativos. São as funcionalidades, as características de qualidade e de segurança e as regras de negócio que geralmente são identificados e apresentados pelos educadores. Porém, como apresentado em Filho [2003], quando se trata de produtos novos os educadores não conseguem identificar de forma rápida e clara as suas necessidades.

A gradativa compreensão do processo educacional através do levantamento das descrições presentes e futuras do processo educacional, do levantamento de suas metas e do detalhamento de processos e atividades contribui para que os educadores identifiquem as suas necessidades. Durante a modelagem eles descobriram quais características e funcionalidades o sistema de software precisaria ter para atender cada atividade educacional proposta por eles.

Por identificar e propor as funcionalidades e características dos sistemas de software após um melhor entendimento do processo educacional, a atividade educacional não é definida em função do sistema de software disponível, como geralmente ocorre na elaboração das atividades educacionais. Ao invés disso, o sistema de software é projetado para atender as necessidades dos educandos e objetivos educacionais do educador, como sugere [Andres, 2004].

### 9.5.6 Rastreabilidade entre as atividades educacionais e os requisitos

Como cada caso de uso obtido pelo MMPE está associado a um ou mais roteiros, que por sua vez descreve uma atividade educacional modelada, é possível identificar as atividades educacionais relacionadas com os requisitos funcionais e vice-versa. Dessa forma, é possível rastrear os requisitos funcionais nos dois sentidos.

Alguns requisitos não-funcionais não estão explícitos nos processos e atividades educacionais. Esses requisitos geralmente estão associados a funcionalidades ou características que são utilizadas ou requeridas em várias das atividades educacionais, como os requisitos associados a segurança, reusabilidade, portabilidade e outros. Porém, como durante a modelagem dos processos educacionais é elaborada uma tabela que mostra a relação entre os requisitos não-funcionais e os requisitos funcionais, e dos requisitos funcionais é possível identificar as atividades educacionais relacionada a ele, é possível, indiretamente, relacionar os requisitos não-funcionais com as atividades educacionais e vice-versa.

Com a rastreabilidade entre as atividades educacionais e os requisitos é possível

identificar o impacto dos requisitos no alcance dos objetivos das atividades educacionais e também a relação entre a mudança no objetivo educacional e a consequente necessidade de mudança dos requisitos, para atender as novas necessidades dos educandos ou objetivos educacionais do educador.

### **9.5.7 Sistematização do processo de informatização das atividades educacionais**

Apesar dos educadores que participaram deste trabalho de modelagem já possuírem experiência com elaboração de aulas que utilizem o computador, não havia ainda um processo de elaboração de aula ou uma sistematização dos passos que eles deveriam seguir para construir suas aulas.

A falta de documentação e de um processo bem definido que informasse e orientasse a elaboração das aulas fazia com que os educadores tivessem dificuldades quanto à comunicação de suas idéias, à percepção do que foi feito e o que falta para fazer e quanto aos objetivos que seriam alcançados por este processo educacional.

Já na primeira reunião, ao solicitar uma visão geral do processo educacional, cada educador apresentava uma visão relativamente diferente, embora todos tivessem um mesmo objetivo de ensinar o assunto translação. A divergência de opiniões estava relacionada aos objetivos educacionais que aquele processo educacional propunha alcançar e aos conteúdos que seriam abordados.

No decorrer da reunião os educadores foram conduzidos a descreverem o processo educacional e a estabelecerem o seu escopo. Desta forma, os objetivos gerais foram definidos pelo grupo de educadores e os conteúdos abordados também. Naquele momento, todos que participavam da modelagem, inclusive o modelador, já sabiam do que se tratava o processo educacional que estava sendo modelado.

Na reunião seguinte, os educadores tiveram que explicitar suas visões sobre o educando, sobre o educador, sobre o papel do sistema de software naquele processo educacional e sobre o conteúdo que seria abordado. Ainda nessa reunião os educadores falaram sobre a situação atual do processo educacional e como ele estava se transformando. Informaram a característica daquele tipo de aula, como aquele tipo de aula estava sendo transformado com o passar do tempo e com a inserção e modificação de tecnologias e o que poderia ser feito para aproximar o processo educacional do que é considerado como ideal para o grupo de educadores.

Nesse momento a proposta pedagógica daquele grupo de educadores estava bem estabelecida e faltava apenas delinear o que eles queriam quanto ao conteúdo em estudo: translação. Este problema foi resolvido durante a obtenção das informações sobre o

modelo de metas e problemas. Ao final do levantamento das metas os educadores já compartilhavam uma mesma visão sobre os objetivos principais e específicos de todo o processo educacional.

Na terceira reunião foi necessário apenas documentar como cada meta foi atingida, ao levantar as atividades educacionais propostas, e informar quais recursos estavam presentes no processo educacional e como eles participavam deste processo.

Com todas essas informações documentadas, não havia mais dúvida ou ambigüidade quanto ao entendimento do processo educacional por parte dos educadores e do modelador. Além disso, essas informações facilita o entendimento da participação do sistema de software no processo educacional modelado, apresentando o tipo de sistema de software que apoiará as atividades educacionais, o que ele deve oferecer aos seus usuários e para que, como e porque ele será utilizado.

### **9.5.8 Identificação das influências das Unidades Organizacionais**

Conforme visto no capítulo 4, geralmente os conteúdos, as abordagens educacionais e conseqüentemente os materiais didáticos, o sistema de software e as ferramentas educacionais presentes em um processo educacional estão subordinados às unidades organizacionais que impõem suas regras, abordagens e definições.

Durante a modelagem dos processos educacionais e na validação dos requisitos pode-se perceber a preocupação da adequação dos termos, dos conteúdos, das abordagens educacionais ao que é exigido pelo Departamento de Matemática da UFMG e pela comunidade matemática. Dessa forma, a identificação dessas influências é decisiva para a aceitação do sistema de software por parte da instituição e dos educadores, bem como de outros educadores que por ventura possam ter contato com ele.

Esses requisitos podem ser classificados como requisitos de sistema e eles são percebidos durante o levantamento das unidades organizacionais e nas discussões sobre as questões institucionais envolvidas com o processo educacional.

### **9.5.9 Identificação de melhorias e inovações**

Como é proposto pela MPN [Eriksson & Penker, 2000], a análise da arquitetura do negócio possibilita a identificação de melhorias e inovações, tanto nos processos quanto nos sistemas de software que apoiam esses processos. Neste trabalho foi possível perceber que uma melhor compreensão do processo educacional favorece a percepção de melhorias e inovações nas atividades e nos softwares educacionais.

# Capítulo 10

## Considerações Finais

Neste capítulo *Considerações Finais*, serão apresentadas as contribuições deste trabalho e alguns trabalhos futuros identificados/percebidos durante a sua realização.

A seguir, na seção *Contribuições*, tem-se as considerações finais do Método de Modelagem de Processo Educacional (MMPE) e dos resultados da sua aplicação, mostrando as contribuições deste trabalho para a Engenharia de Requisitos, em particular, para o levantamento de requisitos de software educacional para o ensino de Matemática. E, por fim, serão apresentados os *Trabalhos Futuros*, mostrando como o autor deste trabalho pretende dar continuidade nos estudos e nas pesquisas em torno do MMPE e do levantamento de requisitos de software educacional.

### 10.1 Contribuições

Geralmente, a seleção ou o desenvolvimento de software educacional tem como foco o conteúdo que será ensinado [Andres, 2004], os objetivos educacionais e os enfoques de aprendizagem estabelecidos pelo professor [Gomes et al., 2002]. Para atender essas questões, são utilizados métodos de avaliação de softwares educacionais [Batista et al., 2004] e técnicas de Engenharia de Requisitos [Castro & Aguiar, 1999][Benitti et al., 2005] que buscam identificar quais funcionalidades, comportamentos e características o software deve ter para apoiar adequadamente o processo educacional.

Porém, a dificuldade em explicitar o paradigma educacional do educador e em entender os processos e as atividades educacionais cria obstáculos à identificação de características funcionais e não-funcionais do software. Há dificuldades em identificar qual é a participação do software no processo educacional, por não haver uma caracterização do paradigma educacional do educador, por não ter sido estabelecida uma linguagem e um entendimento comum entre educadores e desenvolvedores de software

e por não realizar uma análise da participação do software no contexto da atividade.

Também há a necessidade de entender como os paradigmas educacionais dos educadores estão sendo transformados, devido às questões políticas, econômicas e tecnológicas, e de considerar a estrutura dinâmica dos processos educacionais, causada pelas participações inesperadas dos educandos nas atividades educacionais e pelas modificações, previsíveis ou não, que ocorrem nessas atividades durante a sua execução.

Para tentar atender a essas questões foi proposto o Método de Modelagem de Processo Educacional (MMPE) que, por ser uma sinergia entre os trabalhos de Erikson & Penker [2000] e Martins [2001], pretende considerar os aspectos relacionados aos processos e às atividades educacionais, descrevendo o paradigma educacional do educador e como ele está sendo transformado, além de realizar uma análise das atividades educacionais com o objetivo de identificar e descrever a participação dos sistemas de software que apoiem essas atividades.

O MMPE obtém a arquitetura dos processos educacionais e com base nessa arquitetura é possível obter requisitos de sistema e requisitos de software do software educacional utilizado no ensino de Matemática, além de favorecer o entendimento dos processos educacionais e do comportamento dos recursos que participam dele e a identificação de oportunidades de melhorias no processo educacional.

Graças às vantagens da MPN em registrar e entender as características e os comportamentos dos processos e da riqueza de detalhes sobre a atividade oferecidas pela MERBTA, é possível obter requisitos que contemplem a utilização do software no contexto específico da atividade e a influência nessa utilização oriundas do comportamento e das características do processo educacional e das pessoas que participam dele.

Da aplicação do MMPE, no estudo de caso realizado neste trabalho, foram destacadas as contribuições abaixo:

1. Favorece a adequação da interface e da funcionalidade do software quanto aos usuários, às suas tarefas e aos conteúdos abordados, por descrever e considerar o usuário e o conteúdo abordado e por realizar uma análise das atividades educacionais.
2. Favorece o entendimento, a comunicação e a identificação de como, quando, como e com qual objetivo o software será utilizado, por obter a arquitetura do processo educacional.
3. Favorece o alinhamento do software às metas do processo educacional, tornando-o adequado à metodologia de trabalho do professor, por obter informações que

permite a caracterização do paradigma educacional do professor e a identificação do papel do software em cada atividade.

4. Favorece a obtenção de software flexível quanto a algumas transformações nos processos e nas atividades educacionais, por obter, com a definição estratégica do processo educacional, informações que indicam como e de que forma o paradigma educacional está se transformando e que impacto essa transformação causa no software.
5. Propõe uma sistematização do processo de obtenção de caso de uso para a Metodologia de Modelagem de Processo de Negócio proposta por Eriksson Penker [2000], por integrar a essa metodologia a Metodologia de Elicitação de Requisitos Baseada na Teoria da Atividade, proposta por Martins [2001].

Dos resultados da aplicação do MMPE pode-se perceber ainda que por contemplar um conjunto maior de objetivos educacionais, que extrapolam os objetivos previstos para as aulas modeladas, o MMPE favorece a obtenção de requisitos que dão origem a sistemas de softwares “educacionalmente” mais flexíveis. Requisitos dessa natureza contemplam as tendências atuais na educação matemática, com a emergência das tendências Histórico-crítica e Sociointeracionista-semântica [Fiorentini, 1995] e com o surgimento de novas teorias educacionais como, por exemplo, a Investigação Matemática [Ponte et al., 2003], o Cenários para Investigação e a Matemática Crítica [Skovsmose, 2003], em que a Matemática é tratada como um saber vivo, dinâmico e que é construído socialmente e historicamente.

Por fim, apesar dos resultados obtidos estarem associados a um processo educacional e a um conteúdo específico, a definição do arquitetura dos processo educacional pelo MMPE favoreceu a obtenção de requisitos de sistema e de requisitos de software que contemplam os aspectos relacionados aos paradigmas educacionais, ao conteúdo e à interação dos educandos com o sistema de software, além de possibilitar o entendimento do processo educacional modelado, do comportamento dos recursos que participam dele, da identificação de oportunidades de melhorias e inovação e o estabelecimento de uma linguagem e de um entendimento comum sobre o processo educacional, entre educadores e desenvolvedores de software.

## 10.2 Trabalhos futuros

No decorrer da realização deste trabalho surgiram algumas questões, relacionadas ao MMPE, que não puderam ser contempladas. Essas questões dizem respeito à utilização

do MMPE em outras disciplinas e em outros domínios, o uso da técnica de levantamento de requisitos etnografia, no MMPE, para complementar a obtenção de informações sobre o processo educacional e a necessidade de avaliar o MMPE como ferramentas de seleção de softwares educacionais.

Além dessas questões, pode-se ainda estudar a utilização do MMPE na sistematização do processo de informatização das atividades educacionais e adaptar o MMPE para obter mais claramente a caracterização do paradigma educacional do professor, utilizando as categorias descritivas apresentadas por Fiorentini [1995].

# Referências Bibliográficas

- Andres, D. P. (2004). *Logos Revista de Divulgação Científica*, volume v. 16, chapter Avaliação de Usabilidade nos Softwares Educacionais, pp. p. 111–117.
- Atayde, A. P. R. (2003). Metodologia de avaliação de qualidade de software educacional infantil maqsei. Master's thesis, UFMG.
- Barbosa, J. C. (2003). Modelagem matemática e a perspectiva sócio-crítica. In *Seminário Internacional De Pesquisa Em Educação Matemática*, Santos/São Paulo. SBEM.
- Bass, L.; Clements, P. & Kazman, R. (1998). *Software Architecture in Practice*. Addison-Wesley.
- Batista, C. F.; Barcelos, G. T.; Rapkiwicz, C. E. & Hora, H. (2004). Avaliar é preciso: o caso de softwares educacionais para matemática no ensino médio. In *WorkComp Sul*.
- Batista, S. C. F. (2004). Avaliação e disponibilização de softwares educacionais para aprendizagem de matemática no ensino médio. Master's thesis, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, Campos dos Goytacazes, RJ.
- Benitti, F. B. V.; Seara, E. F. R. & Schlindwein, L. M. (2005). *Processo de Desenvolvimento de Software Educacional: proposta e experimentação*, volume 3. Revista Novas Tecnologias na Educação.
- Boff, E. & Reategui, E. (2005). A importância do processo de avaliação de software educativo. In *II Seminário Nacional de Tecnologia na Educação*.
- Campos, G. H. (1994). Metodologia para avaliação da qualidade de software educacional. diretrizes para desenvolvedores e usuários. In *Coope*, Rio de Janeiro.
- Campos, H. B. (1996). Avaliação da qualidade de software educacional. In *Coppe*, Rio de Janeiro.

- Castro, G. C. M. & Aguiar, T. C. (1999). Engenharia de software no desenvolvimento de software educacional hipermédia. In *XXV Conferencia Latinoamericana de Informática*.
- Cockburn, A. (2005). *Escrevendo casos de uso eficazes*. Bookman.
- Cury, H. N. (1999). Novas experiências de ensino e avaliação em cálculo diferencial e integral a. In *XXVII Congresso Brasileiro De Ensino De Engenharia*, Natal.
- Dallacosta, A.; Fernandes, A. M. R. & Bastos, R. (1998). Desenvolvimento de um software educacional para o ensino de química relativo à tabela periódica. In *IV Congresso RIBIE*, Brasilia.
- de Oliveira, E. M. & Passerino, L. M. (2006). *Revista Novas Tecnologias na Educação*, volume 4, chapter Uma Arquitetura Pedagógica baseada na diversidade de estratégias de ensino: proposta para o ensino técnico em informática. CINTED-UFRGS.
- de Oliveira, E. R.; Luz, L. C. S. & Prates, R. O. (2008). Aplicação semi-estruturada do método de inspeção semiótica: Estudo de caso para domínio educacional. In : *IHC - Simpósio de Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*, Porto Alegre.
- Eriksson, H. & Penker, M. (2000). *Business Modeling with UML: Business Patterns at work*. John Wiley.
- Filho, W. P. P. (2003). *Engenharia de Software: Fundamentos, Métodos e Padrões*. LTC, 2ª edição edição.
- Fiorentini, D. (1995). *Zetetiké*, chapter Alguns Modos de Ver e Conceber o Ensino da Matemática no Brasil, pp. 1–37. UNICAMP, Campinas.
- Games, L. (1998). Ticese técnica de inspeção de conformidade ergonômica de software educacional. Master's thesis, Universidade de Minho, Portugal.
- Gamez, L. (2004). *A Construção Da Coerência Em Cenários Pedagógicos Online: Uma Metodologia Para Apoiar A Transformação De Cursos Presenciais Que Migram Para A Modalidade De Educação A Distância*. PhD thesis, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC).
- Gladcheff, A. P. (2001). Um instrumento de avaliação da qualidade para software educacional de matemática. Master's thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

- Gomes; Castro; Gitirana; Spinillo; Alves; Melo & Ximenes (2002). Avaliação de software educativo para o ensino de matemática. In *VII Workshop Informática em Educação. Florianópolis*.
- Kaptelinin, V. & Nardi, B. A. (1998). The activity checklist: A tool for representing the "space" of context. *CHI 98*.
- Kruchten, P. (1995). The 4+1 view model of architecture. *IEEE Software*.
- Leontiev, A. N. (1978). *O Desenvolvimento do Psiquismo*. Livros Horizonte.
- Lima, I. G. & Sauer, L. Z. (2005). *Estratégias e intervenções pedagógicas para aprendizagem de matemática em educação a distância*, volume 3. Revista Novas Tecnologias na Educação.
- Lima, J. O. & Giraffa, L. M. M. (2006). Um estudo sobre funcionalidades dos softwares educacionais para suporte a aprendizagem de matemática do ensino médio. In *Reunião Regional da SBPC/RS: 2ª Reunião Regional da SBPC/RS*.
- Martins, L. E. (2001). *Uma Metodologia de Elicitação de Requisitos de Software Baseada na Teoria da Atividade*. PhD thesis, UNICAMP, Campinas, SP.
- Nogueira, C. M. I. (2007). As teorias de aprendizagem e suas implicações no ensino de matemática. In *Acta Sci. Human Soc. Sci*, volume 29, pp. p.83–92.
- Oliveira, N. (2001). Uma proposta para a avaliação de software educacional. Master's thesis, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.
- Ponte, J. P.; Brocardo, J. & Oliveira, H. (2003). *Investigações Matemáticas na sala de aula*. Editora Autêntica.
- Pressman, R. S. (2006). *Engenharia de Software*. Mcgraw-Hill, 6ª edição edição.
- Ribeiro, A.; Andrade, A.; Borges, E. & Neves, W. (2004). Um estudo de aplicação de modelagem de processo de negócio para apoiar a especificação de requisitos de um sistema. In *VI Simpósio Internacional de Melhoria de Processos de Software(SIMPROS)*.
- Rosson, M. B. & Carrol, J. (2002). *Usability Engineering: Scenario Development of Human-computer Interaction*. Morgan kaufmann Publishers.
- Silva, C. R. (1998). Bases pedagógicas e ergonômicas para concepção e avaliação de produtos educacionais informatizados. Master's thesis, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

- Skovsmose, O. (2003). *Revista Bolema*, chapter Cenários para Investigação, pp. 66–91. Number 14. Ano 13.
- Skovsmose, O. & Borba, M. (2004). *Mathematics Education Library*, volume 35, chapter Research Methodology and Critical Mathematics Education, pp. 207–226. Springer Netherlands.
- Sommerville, I. (2003). *Engenharia de software*. Addison Wesley, 6ª edição edição.
- Souza, J. M. & Fino, C. N. (2001). As tic abrindo caminho a um novo paradigma educacional. In *VI Congresso galaico-português de Psicopedagogia*, Braga, Portugal. Universidade do Minho.
- Ueno, R. & Moraes, M. S. S. (2007). *Ciência & Educação*, volume 13, chapter Temas político-sociais no ensino da Matemática, pp. 223–233.

## Anexo A

# Documento Descrição do Processo Educativo (DPE)

## **Modelagem do Processo Educacional**

### Processo Educacional “X”

Participantes da Modelagem:

<Local>

< Data >

## Versões revisadas anteriores

<b>Revisão</b>	<b>Comentário</b>	<b>Data</b>

## Índice

1	Introdução .....	134
1.1	Objetivo do documento.....	134
1.2	Audiência do documento .....	134
1.3	Intenção de uso do documento.....	134
1.4	Organização do documento.....	135
2	Projeto .....	136
2.1	Dados do projeto .....	136
2.2	Estimativa de custos e prazos para a modelagem .....	136
2.3	Pessoas envolvidas, atividades e técnicas da Engenharia de Requisitos .....	136
2.4	Cronograma.....	137
3	Informações do domínio, objetivos e escopo.....	138
3.1	Descrição do processo educacional .....	138
3.2	Escopo da modelagem .....	138
3.3	Objetivos da modelagem.....	138
3.4	Resultados da modelagem.....	138
3.5	Referência a material relevante.....	139
3.6	Definições e siglas .....	139
4	Visão estratégica do negócio .....	140
4.1	Definição estratégica.....	140
4.1.1	Considerações.....	140
4.1.1.1	Participantes da atividade educacional .....	140
4.1.1.1.1	Educador .....	140
4.1.1.1.2	Educando.....	140
4.1.1.2	Material didático e recursos tecnológicos .....	140
4.1.1.3	Conteúdo.....	140
4.1.1.4	Contexto Educacional.....	141
4.1.1.5	Percepção do Público.....	141
4.1.1.6	Outras escolas, cursos e processos educacionais.....	141
4.1.2	Matriz TOWS .....	141
4.1.3	Declaração da visão.....	142
4.1.3.1	Situação atual.....	142
4.1.3.2	Situação ideal.....	142
4.1.3.3	Situação arranjada.....	142
4.2	Modelo conceitual.....	142
4.2.1	Descrição .....	142
4.2.2	Diagrama(s).....	142
4.3	Modelo de metas e problemas.....	143
4.3.1	Descrição .....	143
4.3.2	Diagrama(s).....	143
4.3.3	Metas / Plano de Ação.....	143
5	Processos educacionais .....	144
5.1	Visão geral da estrutura do processo educacional .....	144
5.1.1	Unidade organizacional “X” .....	144
5.2	Visão geral dos recursos do processo educacional .....	144
5.2.1	Lista de Recursos .....	145

5.2.1.1	Recurso X .....	145
5.3	Visão geral do Processo Educacional .....	145
5.4	Lista de processos educacionais.....	146
5.4.1	Processo Educacional “X”.....	146
5.4.1.1	Lista de atividades apoiadas por sistemas de software.....	146
5.4.1.1.1	Atividade “A” .....	146
6	Requisitos.....	148
6.1	Requisitos de Sistema .....	148
6.1.1	Visão geral dos Requisitos de Sistema.....	148
6.1.1.1	Descrição .....	148
6.1.1.2	Lista das Influências que dão origem a Requisitos de Sistema .....	148
6.1.1.3	Requisito de sistema resultantes da influência “X” .....	148
6.1.1.3.1	Descrição.....	148
6.2	Requisitos de Software .....	149
6.2.1	Requisitos Não-Funcionais.....	149
6.2.1.1	Descrição .....	149
6.2.1.2	Lista de Requisitos Não-Funcionais .....	149
6.2.1.3	Requisito Não-Funcional “X” .....	149
6.2.1.3.1	Descrição.....	149
6.2.2	Requisitos Funcionais .....	149
6.2.2.1	Descrição .....	149
6.2.2.2	Lista de Requisitos Funcionais .....	149
6.2.2.2.1	Requisito Funcional “X” .....	150
6.2.2.2.1.1	Descrição.....	150
6.2.3	Relação Requisitos Não-Funcionais e Requisitos Funcionais .....	150
6.3	Caso de Uso .....	150
6.3.1	Visão geral dos Casos de Uso .....	150
6.3.1.1	Descrição .....	150
6.3.1.2	Diagrama(s) de Caso de Uso .....	150
6.3.1.3	Lista de Casos de Uso.....	151
6.3.1.3.1	Caso de Uso “X” .....	151
6.3.1.3.1.1	Descrição.....	151
7	Sistemas de apoio.....	152
7.1	Sistema de informação “X” .....	152
7.1.1	Descrição .....	152
7.1.2	Diagrama(s) de Linha de Montagem.....	152

# Modelagem do Processo Educacional

## 1 Introdução

### 1.1 *Objetivo do documento*

### 1.2 *Audiência do documento*

### 1.3 *Intenção de uso do documento*

## 1.4 Organização do documento

Este documento está dividido nas seguintes partes:

- 1) **Introdução:** apresentação deste documento
- 2) **Dados do Projeto:** informações sobre o projeto, estimativas de custos e prazos e cronograma.
- 3) **Contexto:** apresenta o contexto envolvendo todo o trabalho de modelagem, incluindo dados do processo educacional objeto da modelagem, histórico, escopo, resultados esperados, etc.
- 3) **Visão estratégica do Processo Educacional**
  - a) **Definição Estratégica:** define considerações importantes, estabelece estratégias de melhoria e a visão futura dos processos.
  - b) **Modelo Conceitual:** Define conceitos importantes do processo educacional
  - c) **Modelo de Metas e Problemas:** Descreve uma estrutura de metas para o processo educacional e ilustra problemas que precisam ser solucionados para atingir tais metas.
- 4) **Processos Educacionais**
  - a) **Visão geral da estrutura do processo educacional:** Apresenta e descreve as unidades de ensino-aprendizagem.
  - b) **Visão geral dos recursos do processo educacional:** Apresenta e descreve os recursos que fazem parte do processo educacional
  - c) **Visão geral dos processos educacionais:** Apresenta e descreve os processos, subprocessos e atividades do processo educacional. Descreve as atividades do processo educacional e as interações entre os recursos que fazem parte da atividade e o sistema de informação.
- 5) **Requisitos**
  - a) **Requisitos de Sistema**
  - b) **Requisitos de software:** Requisitos funcionais e não-funcionais.
- 6) **Casos de Uso:** Apresenta os casos de uso principais, decorrentes desta modelagem.
- 7) **Sistema de Apoio:** Descrição de sistemas de software proposto para apoiar o processo educacional.

## 2 Projeto

### 2.1 Dados do projeto

<b>Projeto</b>	
<b>Data inicial</b>	
<b>Data atual</b>	
<b>Situação atual</b>	
<b>Responsável pela equipe de modelagem</b>	
<b>Responsável pelo processo educacional</b>	
<b>Equipe desenvolvedora do trabalho de modelagem</b>	

### 2.2 Estimativa de custos e prazos para a modelagem

--

### 2.3 Pessoas envolvidas, atividades e técnicas da Engenharia de Requisitos

--



### **3 Informações do domínio, objetivos e escopo**

#### **3.1 Descrição do processo educacional**

--

#### **3.2 Escopo da modelagem**

<b>Número de ordem</b>	<b>Nome da unidade de ensino-aprendizagem</b>	<b>Descrição</b>
1.		
2.		
3.		
4.		

#### **3.3 Objetivos da modelagem**

--

#### **3.4 Resultados da modelagem**

--

**3.5 Referência a material relevante**

<b>Número de ordem</b>	<b>Tipo do material</b>	<b>Referência bibliográfica</b>
1		
2		
3		
4		
5		

**3.6 Definições e siglas**

<b>Número de ordem</b>	<b>Termo ou Sigla</b>	<b>Definição</b>
1		
2		
3		
4		
5		

## 4 Visão estratégica do negócio

### 4.1 Definição estratégica

#### 4.1.1 Considerações

##### Relativas às atividades

#### 4.1.1.1 Participantes da atividade educacional

##### 4.1.1.1.1 Educador

###### Descrição, objetivos e papéis assumidos

--

##### 4.1.1.1.2 Educando

###### Descrição, objetivos e papéis assumidos

--

#### 4.1.1.2 Material didático e recursos tecnológicos

--

##### Relativas ao processo educacional

#### 4.1.1.3 Conteúdo

	Conteúdo	Finalidade, características, natureza e/ou habilidades necessárias.
1		
2		
3		
4		

#### 4.1.1.4 Contexto Educacional

--

#### 4.1.1.5 Percepção do Público

--

#### 4.1.1.6 Outras escolas, cursos e processos educacionais

--

#### 4.1.2 Matriz TOWS

Estratégia de Negócio Global	Pontos fortes dos Educadores e da infra-estrutura	Pontos fracos dos Educadores e da infra-estrutura
Oportunidades de melhoria do processo educacional relacionadas aos educandos e à organização de ensino.		
Ameaças ao processo educacional relacionadas aos educandos e à organização de ensino.		

### **4.1.3 Declaração da visão**

#### **4.1.3.1 Situação atual**

#### **4.1.3.2 Situação ideal**

#### **4.1.3.3 Situação arranjada**

### **4.2 *Modelo conceitual***

#### **4.2.1 Descrição**

#### **4.2.2 Diagrama(s)**

### 4.3 Modelo de metas e problemas

#### 4.3.1 Descrição

--

#### 4.3.2 Diagrama(s)

--

#### 4.3.3 Metas / Plano de Ação

##### Unidade de Organizacional “X”

Nº	Metas da Unidade Organizacional
<b>1</b>	<b>Meta</b>
	<b>Descrição:</b>
	<b>Situação Atual:</b>
	<b>Situação Desejada:</b>
	<b>Prazo:</b>
	<b>Plano de Ação</b>
<b>Descrição da ação:</b>	
<b>Problema:</b>	
<b>Causa:</b>	
<b>Pré-requisitos:</b>	
<b>Recurso ou Processo Responsável:</b>	

## 5 Processos educacionais

### 5.1 *Visão geral da estrutura do processo educacional*

Descrição

--

Diagrama(s) estrutural(is) geral

Lista de unidades organizacionais <b>Unidade</b>	<b>Descrição</b>
“X”	Descrição da Unidade Organizacional “X”

#### 5.1.1 Unidade organizacional “X”

Descrição

--

### 5.2 *Visão geral dos recursos do processo educacional*

Descrição

--

Diagrama(s)

--

### 5.2.1 Lista de Recursos

Recurso	Descrição
“X”	Descrição do Recurso “X”

#### 5.2.1.1 Recurso X

Descrição

--

Diagrama(s) estrutural(is)

--

### 5.3 *Visão geral do Processo Educacional*

Descrição

--

Diagrama(s) geral

--

#### 5.4 Lista de processos educacionais

Processo	Descrição
"X"	Descrição do Processo Educacional "X"

##### 5.4.1 Processo Educacional "X"

Descrição

Diagrama(s) de processos

Diagrama(s) de eventos

Diagrama(s) de Caso de Uso

##### 5.4.1.1 Lista de atividades apoiadas por sistemas de software

Atividade	Descrição
Atividade "A"	Descrição da Atividade "A"

##### 5.4.1.1.1 Atividade "A"

Descrição

**1) Histórico da Atividade****2) Contexto da Atividade****Motivos:****Resultados:.****3) Elementos no nível individual:****Sujeito/Ator primário:****Ferramentas de mediação:****Objeto:****4) Elementos no nível social****Regras/Regras de Negócio:****Comunidade/Atores secundários:****Divisão do trabalho/Papeis:**

Diagrama de Engeström

--

Ações e Operações

<b>Ações</b>	<b>Metas</b>	<b>Operações</b>	<b>Condições</b>

Diagrama(s) de Seqüência

--

Roteiro

--

## 6 Requisitos

### 6.1 Requisitos de Sistema

#### 6.1.1 Visão geral dos Requisitos de Sistema

##### 6.1.1.1 Descrição

--

##### 6.1.1.2 Lista das Influências que dão origem a Requisitos de Sistema

Influências	Descrição
"X"	Descrição da influência "X"

##### 6.1.1.3 Requisito de sistema resultantes da influência "X"

###### 6.1.1.3.1 Descrição

--

### Requisitos

Requisito	Descrição	Informação

## 6.2 Requisitos de Software

### 6.2.1 Requisitos Não-Funcionais

#### 6.2.1.1 Descrição

--

#### 6.2.1.2 Lista de Requisitos Não-Funcionais

Requisitos Não-Funcionais	Descrição
"X"	Descrição do requisito não-funcional "X"

#### 6.2.1.3 Requisito Não-Funcional "X"

##### 6.2.1.3.1 Descrição

--

### 6.2.2 Requisitos Funcionais

#### 6.2.2.1 Descrição

--

#### 6.2.2.2 Lista de Requisitos Funcionais

Requisitos Funcionais	Descrição
"X"	Descrição do Requisito funcional "X"

### **6.2.2.2.1 Requisito Funcional “X”**

#### **6.2.2.2.1.1 Descrição**

--

### **6.2.3 Relação Requisitos Não-Funcionais e Requisitos Funcionais**

	Requisitos não funcionais	Requisitos não funcionais	Requisitos não funcionais	Requisitos não funcionais
Requisitos funcionais				

## **6.3 Caso de Uso**

### **6.3.1 Visão geral dos Casos de Uso**

#### **6.3.1.1 Descrição**

--

#### **6.3.1.2 Diagrama(s) de Caso de Uso**

--

**6.3.1.3 Lista de Casos de Uso**

<b>Caso de Uso</b>	<b>Descrição</b>
"X"	Descrição do Caso de Uso "X"

**6.3.1.3.1 Caso de Uso "X"****6.3.1.3.1.1 Descrição**

--

## **7 Sistemas de apoio**

### **7.1 Sistema de informação "X"**

#### 7.1.1 Descrição

--

#### 7.1.2 Diagrama(s) de Linha de Montagem

--