

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA OPERACIONAL E
INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL
CURSO DE MESTRADO EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA
COMPUTACIONAL

Cíntia de Lima Rangel

CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE MODELOS DE SIMULAÇÃO A
EVENTOS DISCRETOS PARA FINS DIDÁTICOS

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
Dezembro de 2013

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA OPERACIONAL E
INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL
CURSO DE MESTRADO EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA
COMPUTACIONAL

Cíntia de Lima Rangel

CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE MODELOS DE SIMULAÇÃO A
EVENTOS DISCRETOS PARA FINS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional, da Universidade Candido Mendes – Campos/RJ, para obtenção do grau de MESTRE EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL.

Orientador: Prof. João José de Assis Rangel, D.S.c

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
Dezembro de 2013

CÍNTIA DE LIMA RANGEL

CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE MODELOS DE SIMULAÇÃO A
EVENTOS DISCRETOS PARA FINS DIDÁTICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional, da Universidade Candido Mendes – Campos/RJ, para obtenção do grau de MESTRE EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL.

Aprovada em 18 de Dezembro de 2013.

BANCA EXAMINADORA

Prof. João José de Assis Rangel, D.S.c.
Universidade Candido Mendes

Prof. Eduardo Shimoda, D.S.c.
Universidade Candido Mendes

Prof.^a Jacqueline Magalhães Rangel Cortes, D.S.c.
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
2013

Aos meus amados pais, Izabel e Casemiro, que não estão mais neste mundo físico, mas sempre estiveram presentes em cada momento de dificuldade e conquista da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu grande Deus por me conceder a graça de conquistar mais uma grande vitória.

Ao meu orientador, Dr. João José de Assis Rangel, pela confiança e paciência durante toda esta trajetória.

Ao professor, Dr. Eduardo Shimoda, pela contribuição durante esta pesquisa.

A minha grande amiga e irmã do coração, Luzia Carvalho, por todos os incontáveis momentos de ajuda e incentivo.

A minha família, amigos e colegas de trabalho, pela compreensão e apoio durante os momentos difíceis.

Ao IFF pelo suporte financeiro para a realização desta pesquisa.

Ao colega Ozéas dos Santos Leite pela colaboração no início da construção do modelo.

Por fim, agradeço aos meus colegas do mestrado pelo apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE MODELOS DE SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS PARA FINS DIDÁTICOS

Este trabalho apresenta uma proposta de metodologia para ser aplicada na construção de modelos de simulação a eventos discretos (SED) com fins didáticos. Para testar a aplicabilidade desta proposta, foi construído um modelo didático, que representou conceitos sobre as funções do Modelo de Referência OSI. Este conteúdo, por sua vez, se faz presente em diversas áreas do ensino técnico e tecnológico. O simulador construído pelo próprio professor, foi implementado nos cursos técnicos de nível médio das áreas de eletrônica, informática e telecomunicações. O objetivo do autor, ao desenvolver o modelo, foi facilitar o entendimento dos alunos a respeito do conteúdo através de uma ferramenta construída em um ambiente de simulação com versão livre de custo, viabilizando o trabalho do professor e isentando a instituição de ensino com novos custos. Posteriormente, através de métodos estatísticos, foi realizada uma avaliação, sobre diferentes aspectos do modelo, no que se refere à qualidade e capacidade do simulador em auxiliar no processo de ensino e aprendizagem. Esta avaliação teve a participação de 148 alunos matriculados em três instituições de ensino diferentes, sendo duas públicas e uma particular. Os testes com os alunos comprovaram a qualidade do modelo, assim como o aumento do desempenho dos alunos expostos a esta ferramenta. A utilização das etapas proposta na metodologia para construção de modelos didáticos mostrou-se adequada em todas as fases de desenvolvimento e avaliação do modelo.

PALAVRAS-CHAVE: Simulador Didático; Metodologia de Construção; Modelos de Simulação a Eventos Discretos (SED); Ensino.

ABSTRACT

CONSTRUCTION AND EVALUATION OF A MODEL OF DISCRETE EVENTS SIMULATION FOR EDUCATIONAL PURPOSES

This work proposes a methodology to be applied in the construction of models of discrete event simulation (DES) with didactic purposes. To test the applicability of this new proposal it was constructed a didactic model that represented concepts about the functions of the OSI Reference Model. This content, in turn, is present in several areas of technical education and technology. The simulator constructed by the teacher, was implemented in mid-level technical courses in the areas of electronics, informatics and telecommunications. The aim of the author in developing the model was to facilitate students' understanding about the content through a tool built on a simulation environment with version free of charge, enabling the teacher's work and exempting educational institution with new costs. Later, using statistical methods, an evaluation was performed on different aspects of the model, with regard to the quality and capability of the simulator to assist in the teaching-learning process. This review was attended by 148 students enrolled in three different educational institutions: two public and one private. Tests with students proved the quality of the model, as well as increasing the performance of students exposed to this tool. The use of the method steps proposed for the construction of teaching models proved adequate in all stages of development and evaluation of the model.

KEYWORDS: Simulator Courseware; Construction methodology; Models of Discret Event Simulation (DES); Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Modelo animado de uma agência bancária	31
Figura 2- Modelo de um sistema de óleo e gás Simulado no Arena	34
Figura 3- Modelo de um sistema de manufatura Simulado no ProModel.....	35
Figura 4- Modelo de um sistema de produção Simulado no AutoMod	36
Figura 5- Modelo de um posto de combustível Simulado no Ururau.....	37
Figura 6- Tempo de estudo da população ativa no estado do Rio de Janeiro	38
Figura 7- As sete camadas do Modelo OSI.....	42
Figura 8- Evolução das PDU's no Modelo OSI.....	48
Figura 9- Comparação entre as principais metodologias de simulação	56
Figura 10- Metodologia para construção de modelos de simulação didáticos	60
Figura 11- Etapa de testes com o modelo de simulação	64
Figura 12- Detalhamento das etapas de construção de modelos didáticos	66
Figura 13- Modelo conceitual do processo de geração de bits para alimentação do modelo	77
Figura 14- Modelo conceitual do processo de interação entre as camadas do modelo OSI.....	79
Figura 15- Modelagem computacional da parte geradora de bits para o modelo.....	82
Figura 16- Tela do Excel para inserção de dados	84
Figura 17- Tela do Arena para visualização do tempo de saída de acordo com bits de entrada	85

Figura 18- Janela do Entity Pictures com imagens inseridas na biblioteca	86
Figura 19- Imagens de fundo inseridas no Arena para auxiliar a animação	87
Figura 20- Animação parte "a", representando as quatro primeiras camadas.....	88
Figura 21- Animação parte "b", representando as três últimas camadas	89
Figura 22- Instante 1 da animação da parte "a" do modelo de simulação	90
Figura 23- Instante 2 da animação da parte "a" do modelo de simulação	91
Figura 24- Instante 1 da animação da parte "b" do modelo de simulação	92
Figura 25- Instante 2 da animação da parte "b" do modelo de simulação	93
Figura 26- Avaliação da qualidade do modelo na etapa de teste	95
Figura 27- Avaliação da mídia mais adequada na opinião de professores, alunos e geral	97
Figura 28- Resultados sobre a mídia mais adequada para exibição das imagens do modelo, na opinião dos alunos.....	102
Figura 29- Modelo exibido no quadro com o auxílio do datashow.....	103
Figura 30- Alunos assistindo a aula teórica com o auxílio do simulador	104
Figura 31- Alunos interagindo com o modelo através do computador.....	104
Figura 32- Alunos durante a avaliação	105
Figura 33- Avaliação do desempenho no total das questões relacionada à nota da disciplina.....	107
Figura 34- Avaliação do desempenho sobre as questões fáceis, relacionado à nota da disciplina.....	108
Figura 35- Avaliação do desempenho sobre as questões médias, relacionado à nota da disciplina.....	109

Figura 36- Avaliação do desempenho sobre as questões difíceis, relacionado à nota da disciplina.....	110
Figura 37- Avaliação do desempenho sobre o total das questões relacionado ao CR no curso	111
Figura 38- Avaliação do desempenho nas questões fáceis, relacionado ao CR no curso	112
Figura 39- Avaliação do desempenho sobre as questões médias, relacionado ao CR no curso	113
Figura 40- Avaliação do desempenho sobre as questões difíceis, relacionado ao CR no curso	114
Figura 41- Avaliação do desempenho dos alunos conforme a ordem de utilização dos métodos	115
Figura 42- Efeito do uso individual e da interação entre os métodos em relação ao total de questões.....	116
Figura 43- Gráfico de Pareto para os efeitos padronizados dos fatores e interação sobre o total das questões	117
Figura 44- Principais efeitos do uso individual da teoria e da simulação no total das questões.....	117
Figura 45- Efeitos da interação entre os dois métodos sobre o total de questões ..	118
Figura 46- Efeito do uso individual e da interação entre os métodos em relação as questões fáceis	119
Figura 47- Gráfico de Pareto para os efeitos padronizados dos fatores e interação sobre as questões fáceis.....	120
Figura 48- Principais efeitos do uso individual da teoria e da simulação nas questões fáceis.....	120

Figura 49- Efeitos da interação entre os dois métodos sobre as questões fáceis...	121
Figura 50- Efeito do uso individual e da interação entre os métodos em relação as questões médias	122
Figura 51- Gráfico de Pareto para os efeitos padronizados dos fatores e interação sobre as questões médias.....	123
Figura 52- Principais efeitos do uso individual da teoria e da simulação nas questões médias.....	123
Figura 53- Efeitos da interação entre os dois métodos sobre as questões médias.	124
Figura 54- Efeito do uso individual e da interação entre os métodos em relação às questões difíceis.....	125
Figura 55- Gráfico de Pareto para os efeitos padronizados dos fatores e interação sobre as questões fáceis.....	126
Figura 56- Principais efeitos do uso individual da teoria e da simulação nas questões difíceis	126
Figura 57- Efeitos da interação entre os dois métodos sobre as questões difíceis .	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classificação dos artigos quanto ao país de nacionalidade dos autores...	49
Tabela 2- Classificação dos artigos quanto ao seu ano de publicação	50
Tabela 3- Classificação dos artigos considerando revistas e congressos em que foram publicados	50
Tabela 4- Classificação dos artigos considerando suas áreas de aplicação	51
Tabela 5- Comparação dos resultados dos cinco alunos nas avaliações antes e após a aula	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Divisão dos grupos de acordo com o experimento feito em sala de aula.	73
Quadro 2- Divisão do grupo 3 em dois subgrupos para análise da ordem do método de ensino.....	73
Quadro 3- Descrição dos itens presentes no modelo conceitual do processo de geração de bits.....	78
Quadro 4- Características do modelo de simulação.....	81
Quadro 5- Levantamento para análise qualitativa do modelo	100
Quadro 6- Divisão dos grupos de acordo com o experimento feito em sala de aula	106

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APDU – *Application Protocol Data Unit*
ASCII – *American Standard Code for Information Interchange*
CAD - *Computer Aided Design*
CR – Coeficiente de Rendimento
DNS – *Domain Name System*
ECSL – *Extended Control and Simulation Language*
FTP – *File Transfer Protocol*
GPSS – *General Purpose Simulation System*
HD – *Hard Disk*
HTTP – *Hypertext Transfer Protocol*
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEF- SIM – *Integrated Definition Methods – Simulation*
IFF – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense
ISO - *International Organization for Standardization*
JPEG – *Joint Photographic Experts Group*
LAN – *Local Area Network*
LCD - *Liquid Crystal Display*
LED - *Light Emitting Diode*
MAC – *Media Access Control*
MEC – Ministério da Educação e Cultura
MPEG – *Moving Picture Experts Group*
OSI – *Open Systems Interconnect*
PDU – *Protocol Data Unit*
PNBL – Programa Nacional de Banda Larga
PPDU – *Presentation Protocol Data Unit*
PROEJA – Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com Educação Básica na Modalidade de Jovens e Adultos
PROINFO – Programa Nacional de Tecnologia Educacional
PRONATEC – Programa Nacional de Acesso ao Ensino técnico e ao Emprego
RAM – *Random Access Memory*

SDU – *Service Data Unit*

SED – Simulação a Eventos Discretos

SPDU- *Session Protocol Data Unit*

TCP – *Transmission Control Protocol*

TELEBRAS – Telecomunicações Brasileiras

TPDU- *Transport Protocol Data Unit*

UDP – *User Datagram Protocol*

WAN – *Wide Area Network*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	20
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	20
1.2 OBJETIVO GERAL.....	21
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
1.4 JUSTIFICATIVA E CONSIDERAÇÕES.....	22
1.5 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	23
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	24
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
2.1 SIMULAÇÃO.....	26
2.1.1 Aplicações da Simulação Computacional.....	27
2.1.2 Vantagens e Desvantagens da Simulação Computacional	28
2.1.3 Sistemas e Modelos	28
2.1.4 Animação dos Modelos de Simulação.....	30
2.2 AMBIENTES E LINGUAGENS DE SIMULAÇÃO	32
2.2.1 Linguagens de Simulação	33
2.2.2 Ambientes de Simulação	33
2.2.2.1 Arena	33
2.2.2.2 ProModel.....	34
2.2.2.3 Automod	35
2.2.2.4 Ururau.....	36
2.3 EDUCAÇÃO NO BRASIL	37
2.3.1 Informatização das Escolas	39
2.3.2 O Uso de Softwares Educativos em Sala de Aula.....	40
2.4 MODELO DE REFERÊNCIA OSI	41

2.4.1	Estrutura em Camadas de Modelo OSI	43
2.4.2	Camada Física	43
2.4.3	Camada de Enlace de Dados	44
2.4.4	Camada de Rede	44
2.4.5	Camada de Transporte	44
2.4.6	Camada de Sessão	45
2.4.7	Camada de Apresentação	46
2.4.8	Camada de Aplicação	46
2.4.9	Encapsulamento e Desencapsulamento	47
2.5	ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA	48
2.6	CONCLUSÃO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	52
3	METODOLOGIA PROPOSTA PARA DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DE SIMULAÇÃO PARA FINS DIDÁTICOS	53
3.1	ANÁLISE DAS METODOLOGIAS	54
3.1.1	Comparação entre as Metodologias de Simulação	55
3.2	METODOLOGIA DE SIMULAÇÃO APLICADA EM MODELOS DIDÁTICOS	60
3.2.1	Formulação e Análise do Conteúdo	61
3.2.2	Análise de Viabilidade e Definição dos Objetivos	61
3.2.3	Definição do Modelo Conceitual	62
3.2.4	Construção do Modelo Computacional	62
3.2.5	Testes com o Modelo	63
3.2.6	Documentação e Implementação	65
3.3	MÉTODO DE VERIFICAÇÃO DO MODELO	70
3.4	MÉTODO DE VALIDAÇÃO DO MODELO DIDÁTICO	70
3.5	INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA	71
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	75
4.1	MODELO DE SIMULAÇÃO	75

4.1.1	Formulação e Análise do Conteúdo	76
4.1.2	Análise de Viabilidade e Definição dos Objetivos	76
4.1.3	Modelo Conceitual	77
4.1.4	Construção do Modelo Computacional com Animação	81
4.1.4.1	Construção da parte Interativa do modelo	84
4.1.4.2	Construção da animação do Modelo	85
4.1.5	Testes com o Modelo	93
4.1.6	Documentação e Implementação	99
4.2	ANÁLISE QUALITATIVA DO MODELO	100
4.3	AVALIAÇÃO DO MODELO EM AULA	101
4.3.1	Avaliação da qualidade do modelo	101
4.3.2	Aprendizagem dos alunos com o modelo	103
4.3.3	Efeito dos métodos sobre o grau de dificuldade das questões	116
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	128
5.1	CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO	128
5.2	LIMITAÇÕES DO TRABALHO	130
5.3	TRABALHOS FUTUROS	131
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132
	APÊNDICE A - QUADRO COM AS DESCRIÇÕES E PARÂMETROS DO MODELO CONCEITUAL	138
	APÊNDICE B - MODELO COMPUTACIONAL PARTE I	140
	APÊNDICE C - MODELO COMPUTACIONAL PARTE II	142
	APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO MODELO NA PERCEPÇÃO DO ALUNO E PROFESSOR	144
	APÊNDICE E - TESTE PARA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DO ALUNO	147
	APÊNDICE F - GRÁFICO COM RESULTADOS SOBRE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO MODELO	152
	APÊNDICE G - PUBLICAÇÕES ORIGINADAS	153

ARTIGO PUBLICADO: EMEPRO 2013	153
ARTIGO SUBMETIDO: REVISTA PODes 2013.....	153
ARTIGO A SER SUBMETIDO: REVISTA PO.....	187

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O uso da informática como ferramenta educativa vem apresentando uma relevância, cada vez maior, no processo de ensino-aprendizagem, sendo também observados os constantes avanços de novos recursos educacionais (TORRES, 2012).

Segundo Silva (2011), algumas ferramentas computacionais como os *softwares* e *kits* didáticos possuem um alto custo para a instituição de ensino, dificultando sua aquisição. Com base nessa e outras dificuldades, autores como Rangel *et al.* (2011) propuseram a construção de simuladores de auxílio didático utilizando a versão livre de custos de *software* de simulação a eventos discretos como uma ferramenta alternativa de ensino. Desta forma, a escola pode economizar na compra de “*kits* didáticos” comerciais e também abre a possibilidade do professor da disciplina poder desenvolver seus próprios modelos didáticos.

Neste cenário, a Simulação a Eventos Discretos (SED) vem se estabelecendo como uma proposta de desenvolvimento de modelos didáticos aplicados em diversas áreas de ensino, conforme afirmam Kincaid e Westerlund (2009). Com isso, vários pesquisadores vêm demonstrando interesse no uso da SED como recurso didático. Autores como Nascimento e Rangel (2012) e Rangel *et al.* (2011)

estudaram a aplicação do modelo de simulação no auxílio à aprendizagem da física no ensino médio. Silva e Rangel (2011) pesquisaram o uso da SED como recurso didático nos cursos de ensino profissionalizante da área de Telecomunicações. Já Goldsman (2007), estudou o uso da simulação como modelo pedagógico em alunos de matemática do ensino médio e engenharia. Nas pesquisas de Nascimento (2013) e Silva (2011), foi avaliado o ganho na utilização do simulador didático em alunos que tiveram contato com o modelo didático desenvolvido.

Neste contexto, considerando que o uso da simulação como recurso didático vem se mostrando eficiente, observa-se a necessidade de uma metodologia de simulação voltada para o desenvolvimento desses modelos didáticos. Esta necessidade se confirma pelo fato das metodologias apresentadas em textos clássicos de autores como Pegden *et al.* (1995), Law (2007), Banks *et al.* (2010), Montevechi *et al.* (2010), não se aplicarem especificamente ao desenvolvimento de modelos didáticos. Além disto, uma metodologia de simulação a eventos discretos voltada para a construção de modelos didáticos poderia contribuir para o aumento da pesquisa nesta área de aplicação.

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi propor uma metodologia para construção de modelos de simulação a eventos discretos para fins didáticos e avaliar a aplicação de um modelo em sala de aula como ferramenta de auxílio à aprendizagem.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- ▲ Avaliar algumas das principais metodologias empregadas no desenvolvimento de modelos de simulação a eventos discretos.
- ▲ Desenvolver uma proposta de metodologia para construção de modelos didáticos, baseada no estudo das metodologias de simulação existentes e

consolidadas.

- ✦ Testar a funcionalidade desta metodologia através da construção de um modelo com aplicação em disciplinas das áreas de Eletrônica, Informática e Telecomunicações, utilizando a versão gratuita do software Arena, disponibilizada para estudantes e obtida pelo fornecedor do *software*.
- ✦ Avaliar, através de testes estatísticos, o efeito que o modelo de simulação didático poderá produzir na aprendizagem dos alunos que tiverem contato com os conceitos abordados.

1.4 JUSTIFICATIVA E CONSIDERAÇÕES

A escolha do tema tratado neste trabalho baseou-se na necessidade de uma metodologia de simulação voltada especificamente para o desenvolvimento de modelos didáticos criados em ambientes de SED. Tendo em vista o interesse que alguns pesquisadores vêm apresentando sobre a aplicação desta ferramenta em sala de aula. Com o desenvolvimento desta metodologia pretende-se facilitar a construção de modelos de simulação didáticos, além de motivar a criação de novos simuladores em diversas áreas de ensino.

Outra questão que também trouxe motivação para esta pesquisa é o fato da autora deste trabalho ser professora da rede pública de ensino e observar a dificuldade de alguns alunos em compreender e armazenar conceitos abstratos durante uma aula teórica.

Por fim, outro ponto importante é que o ambiente de simulação proporciona a representação de conceitos abstratos com riquezas de detalhes através da ferramenta de animação. Além disto, o ambiente de simulação favorece a construção de modelos por pessoas não especializadas em programação e com versões acadêmicas gratuitas.

Com base nessas observações, considerou-se importante a realização da pesquisa na área de desenvolvimento de recursos didáticos sem custo para a instituição e ainda com a possibilidade de permitir que o próprio professor da disciplina construa seu modelo didático.

1.5 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho traz uma abordagem sobre três das principais metodologias de construção de modelos de SED, apesar de existirem outras metodologias propostas e empregadas. Foi feito um paralelo entre estas três metodologias de modo a verificar os pontos comuns e particulares entre os passos sugeridos pelos autores.

A escolha das três metodologias utilizadas no estudo comparativo se baseou em autores de livros clássicos sobre a SED. Inicialmente, optou-se em analisar duas metodologias de referência internacional e uma nacional. Neste contexto, tendo como base o ano de publicação da primeira edição dos livros, assim como o lançamento de novas edições, foram escolhidas as metodologias de Banks *et al.* (2010), Law (2007) e Freitas (2008).

A partir do estudo realizado sobre as características de metodologias já consolidadas em pesquisa sobre simulação, este trabalho apresentou o desenvolvimento de uma nova proposta de metodologia específica para a construção de modelos de simulação didática. Esta nova metodologia, cujos passos são descritos neste estudo, tem o objetivo de facilitar a construção de modelos de SED aplicados no ensino em sala de aula.

Após apresentar a nova proposta de metodologia, esta pesquisa descreve a construção de um modelo de simulação didático desenvolvido na versão livre do *software* Arena 14. O simulador foi desenvolvido a partir dos passos propostos pela nova metodologia. Além disto, este modelo apresenta características que ilustram conceitos do Modelo de Referência OSI, assunto este que é abordado em disciplinas de cursos ligados a área de Eletrônica, Informática e Telecomunicações.

Para avaliação do modelo, este trabalho verificou o ganho da aplicação deste recurso em forma alternativa aos trabalhos anteriores. Assim, esta avaliação foi iniciada com a exposição em sala de aula e aplicação de testes para verificar se os alunos que tiveram contato com este recurso apresentaram um ganho maior na aprendizagem se comparado com os alunos que não foram expostos ao modelo. O grupo de alunos que fez parte da avaliação do modelo está matriculado em dois *campi* do Instituto Federal Fluminense (IFF) e em uma escola particular. O IFF foi

escolhido por ofertar cursos nas áreas de Eletrônica, Informática e Telecomunicações. Já a escola particular foi selecionada por oferecer cursos Técnicos de Informática.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, não foi possível a comparação do modelo aqui construído com outros já existentes. Isto porque não se encontrou, até o presente momento, um *software* didático que representasse os conceitos simulados neste modelo.

Com relação à nova metodologia, a parte de avaliação não foi incluída no escopo deste trabalho, uma vez que seria necessária a construção de um número significativo de modelos de acordo com as orientações deste novo método.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 1 apresenta a Introdução dessa dissertação, contemplando a contextualização, que relata o uso da simulação como recurso didático; o objetivo, onde são expostas as ações que se pretende realizar; a justificativa, que revela os motivos que levaram a realização desta pesquisa, além da delimitação do trabalho, onde é apresentado o escopo da pesquisa com suas limitações.

O Capítulo 2 traz a Revisão Bibliográfica, onde são tratados os conteúdos de fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento deste estudo como: conceitos de simulação, modelos, sistemas, vantagens e desvantagens da simulação e aplicações. Além disto, é apresentada uma bibliometria realizada recentemente sobre o uso da SED como modelos didáticos e, finalmente é feita a conclusão deste estudo bibliográfico.

O Capítulo 3 apresenta a Metodologia Proposta para Desenvolvimento de Modelos de Simulação para Fins Didáticos. Primeiramente, são analisadas três das principais metodologias para construção de modelos de SED em seguida é proposta uma metodologia específica para construção de modelos de simulação didática.

O Capítulo 4 aborda os Resultados e Discussões da pesquisa, onde é apresentada a construção do modelo de SED dentro da nova proposta de metodologia desenvolvida na seção 3. Além disto, são mostrados os principais resultados da aplicação do modelo em sala de aula.

Por fim, no Capítulo 5, conclui-se o estudo realizado, apresentam-se as limitações da pesquisa e sugerem-se trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada a fundamentação teórica necessária ao desenvolvimento deste estudo. Deste modo, são abordados os principais conceitos relacionados à SED, demonstrando suas vantagens, desvantagens e suas áreas de aplicação. Logo após, é apresentada, de forma breve, a situação atual da educação no Brasil e no estado do Rio de Janeiro com relação às iniciativas voltadas a formação profissional. Na sequência são apresentados os conceitos relacionados ao Modelo de Referência OSI, descrevendo as funções executadas em cada uma das suas sete camadas. Por fim, é feita uma análise bibliométrica destacando as principais estatísticas encontradas a respeito do uso da SED na construção de modelos que auxiliem na educação.

2.1 SIMULAÇÃO

Segundo Banks *et al.* (2010) o conceito de simulação é definido como uma representação por meio de um modelo computacional, objetivando descrever um sistema existente ou que se pretende criar. Já para White Júnior e Ingalls (2009) o termo simulação pode ser definido como um processo que testa o comportamento do modelo através de experimentos. Sendo o modelo caracterizado pela representação de um sistema em estudo.

Freitas (2008) descreve a simulação sob o ponto de vista de Pegden *et al.* (1990) como sendo um processo que vai além da construção de um modelo, mas também, todo processo que antecede o desenvolvimento do modelo.

Baseada nessas definições pode-se concluir que a simulação é todo processo que envolve a criação de um modelo computacional que objetiva a representação de um sistema real, seja ele um sistema já implantado ou não.

Embora os modelos de simulação possam se apresentar de duas formas, contínua e discreta, este trabalho está no âmbito da simulação a eventos discretos (SED). A diferença entre o conceito da simulação discreta e simulação contínua está descrita no item 2.1.4.

2.1.1 Aplicações da Simulação Computacional

Segundo Sargent (2010), a simulação está sendo cada vez mais utilizada em diversas áreas com o propósito de auxiliar na tomada de decisões e na resolução de problemas.

Freitas (2008) apresenta alguns sistemas que, segundo o autor, são aptos a modelagem e simulação:

- ✦ Sistemas de produção;
- ✦ Sistemas de transporte e estocagem;
- ✦ Sistemas computacionais;
- ✦ Sistemas administrativos;
- ✦ Sistemas de prestação de serviços diretos ao público.

A simulação usada no ensino e treinamento também é uma das mais recentes aplicações, uma vez que se obteve a comprovação do ganho com o seu uso em sala de aula, (NASCIMENTO, 2013).

Para todos os sistemas mencionados, a simulação possibilita a análise de um problema sem que o mesmo seja reproduzido de fato, além de permitir levantar futuros comportamentos de sistemas que ainda estão em fase de projeto.

Neste contexto, a simulação aplicada no desenvolvimento de modelos

didáticos, irá ilustrar situações e conceitos envolvidos em determinados conteúdos. Esta ilustração poderá atrair a atenção do aluno e contribuir para sua aprendizagem.

2.1.2 Vantagens e Desvantagens da Simulação Computacional

Freitas (2008) levantou as vantagens da simulação computacional baseado nos textos de Pegden *et al.* (1990) e Banks e Carson (1984). Algumas das vantagens levantadas são:

- ⤴ Possibilidade de usar a simulação por inúmeras vezes a fim de avaliar um projeto;
- ⤴ Possibilidade de visualizar e avaliar sistemas que ainda não existem;
- ⤴ Possibilidade de identificar a capacidade máxima de um sistema e assim poder tomar decisões que tragam melhorias operacionais;

Da mesma forma os autores também observaram algumas desvantagens da simulação, tais como:

- ⤴ A necessidade de o programador dominar o *software* que pretende utilizar para construir o modelo;
- ⤴ O tempo necessário para o desenvolvimento do modelo, considerando todas as suas etapas;
- ⤴ A complexidade que envolve a interpretação correta dos resultados obtidos pelo modelo;

Tendo visto as vantagens e desvantagens do uso da simulação, se faz necessário conhecer as características que diferenciam sistemas e modelos.

2.1.3 Sistemas e Modelos

De acordo com Law e Kelton (2000), um sistema é uma coleção de entidades, pessoas ou máquinas que estão organizadas por um mesmo propósito.

Conforme Harrell *et al.* (2000), os sistemas podem ser classificados de duas formas: contínua e discreta. Onde um sistema contínuo é descrito como um sistema

cujas variáveis se modificam de acordo com o tempo. Já em um sistema discreto, as mudanças se apresentam em um intervalo de tempo definido.

Para Banks *et al.* (2010) e Freitas (2008), além das classificações contínuas e discretas, os sistemas também podem ser classificados como: sistema estocástico ou dinâmico e sistema determinístico ou aleatório. Onde o sistema estocástico se caracteriza por não apresentar mudança ao longo do tempo. Já no sistema dinâmico essas mudanças ocorrem, podendo apresentar característica determinística, que pode ser prevista ou aleatória, que não pode ser determinada.

Sobre o modelo, Torga (2007) o define como uma representação de um sistema, objeto ou ideia. De forma mais abrangente, o autor continua definindo o modelo como um conjunto de informações e atributos pertencentes ao sistema representado. Para Carson (2004), um modelo pode ser definido como um processo de descrição de um sistema. Já para Chwif e Medina (2007) um modelo se caracteriza pela representação aproximada de um sistema real, sendo o modelo mais simplificado do que a realidade. Analisando as definições de Carson (2004) e Chwif e Medina (2007), Silva (2010), conclui que a modelagem de um mesmo sistema, quando realizado por projetistas diferentes, se apresentará de forma única. Isto porque a modelagem irá depender da visão de quem a projetou.

Torga (2007) apresenta as seguintes formas de classificação dos modelos de acordo com o ponto de vista de Strack (1984):

- ⤴ Modelos Físicos: pertencem a esta categoria os modelos que possuem atributos físicos semelhantes aos sistemas que estão sendo modelados. Fazem parte deste grupo os protótipos, modelos em escala e modelos pilotos. Os protótipos são modelos que traduzem o sistema real de forma detalhada e fiel. Os modelos em escala caracterizam-se pela representação de forma reduzida em relação às dimensões encontradas em um sistema real. Os modelos pilotos são versões de sistemas reais que apresentam os atributos essenciais do sistema modelado.
- ⤴ Modelos Analógicos: são modelos que representam as propriedades do sistema real através de propriedades análogas, ou seja, que apresentam um comportamento similar. Um exemplo desta forma de modelagem é o uso do

fluxo de água para representar a corrente elétrica.

- ✦ Modelos Matemáticos: são modelos que buscam aproximações matemáticas para os atributos físicos de um sistema. De acordo com o autor, esses modelos podem ser analíticos ou numéricos. Os modelos analíticos resultam em uma expressão matemática bem definida que apresenta sua solução através da resolução da referida expressão. Os modelos numéricos não possuem uma expressão definida sobre o sistema, sendo o resultado obtido através iterações, métodos de convergência e interpolação.
- ✦ Modelos de Simulação: podem ser definidos como uma metodologia de resolução de problemas. Nesses modelos os resultados são obtidos por meio da execução de procedimentos lógicos ou matemáticos.

2.1.4 Animação dos Modelos de Simulação

Segundo Lisboa e Vieira (2012), a animação é uma das alternativas oferecidas pelo software de simulação para facilitar o processo de ensino e aprendizagem no ambiente de sala de aula. Ainda segundo os autores, essa ferramenta, quando aplicada nas aulas de pneumática e hidráulica, permitiu representações gráficas que puderam demonstrar detalhes bem próximos da realidade do sistema em estudo.

Pegden *et al.* (1990), já visualizava o potencial da ferramenta de animação ao afirmar que este recurso disponibilizado pelos softwares de simulação tinha se tornado uma ferramenta cada vez mais importante, pois possibilita a visualização da dinâmica do modelo. Através da animação o programador e a parte interessada no sistema modelado poderão observar, durante a execução do modelo, o comportamento das entidades, as filas, a ocupação e disponibilidade dos recursos, o transporte entre as sessões, etc. A animação pode ajudar na interpretação dos resultados, uma vez que permite obter informações a respeito do desempenho do modelo, que dificilmente seriam obtidas somente com uma análise estatística do relatório de execução do modelo.

Para Carson (1990), o uso da animação mostra a importância da simulação, auxilia na verificação e validação dos modelos desenvolvidos, além de facilitar a explicação sobre o funcionamento e os resultados do modelo de simulação.

A Figura 1 apresenta um exemplo de animação de um modelo de simulação de uma agência bancária.

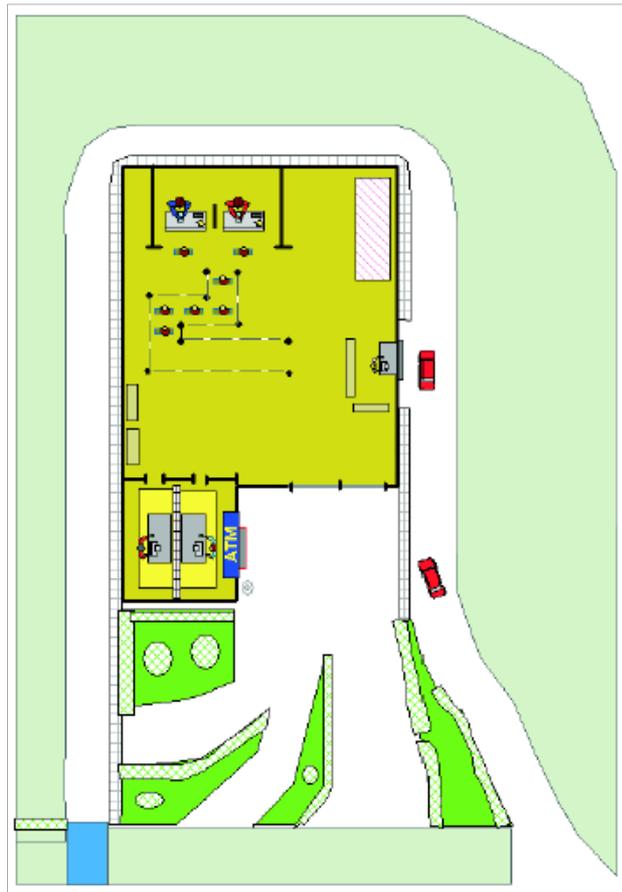


Figura 1- Modelo animado de uma agência bancária

Fonte: Santos (1999)

No contexto da simulação aplicada ao desenvolvimento de modelos didáticos, a simulação tem uma importância ainda mais acentuada, pois o aluno irá visualizar toda a lógica do conteúdo simulado através da execução animada do modelo. Esta conclusão se baseia no estudo de Hoffler e Leutner (2007) que concluiu que há evidências dos benefícios das animações quando o movimento representado se trata do conteúdo a ser aprendido.

2.2 AMBIENTES E LINGUAGENS DE SIMULAÇÃO

Para os autores Law e Kelton (1991) e Sakurada e Miyake (2009), os *softwares* de simulação são agrupados em duas categorias: linguagens de simulação e simuladores ou ambientes de simulação. As linguagens de simulação são definidas como “pacotes” computacionais que têm natureza genérica, porém também possuem características específicas para alguns tipos de aplicações da simulação. Pode ser considerada como vantagem desta categoria de *software*, a possibilidade de construção de modelos para diversos sistemas e com características mais específicas. Como desvantagem, pode-se citar a maior necessidade de conhecimento sobre programação. Já os simuladores têm como principais vantagens o tempo mais reduzido para a construção do modelo, assim como uma menor complexidade durante seu desenvolvimento. Essa maior facilidade se baseia em menus e gráficos amigáveis (*user-friendly*). Por outro lado, como desvantagens do uso de simuladores, tem-se a baixa flexibilidade para representar detalhes de sistemas reais de grande porte e as dificuldades encontradas na realização de experimentos, uma vez que alguns sistemas possuem situações muito singulares.

Segundo Banks *et al.* (2005), o termo ambiente de simulação significa mais que um software de simulação, pois suas funcionalidades são bem amplas, indo além dos passos necessários para simulação.

Tanto as linguagens de simulação quanto os ambientes de simulação discreta são ferramentas utilizadas no desenvolvimento de modelos de simulação discreta. Algumas dessas ferramentas de simulação podem proporcionar a modelagem contínua ou até mesmo um *mix* de variáveis contínuas e discretas.

Alguns dos principais ambientes de simulação descritos neste estudo são:

- Arena
- ProModel
- AutoMod
- Ururau

2.2.1 Linguagens de Simulação

De acordo com Ferreira (2003), dentro das linguagens de simulação existem dois tipos que são: as linguagens de programação de uso geral e as linguagens de simulação específicas. Dentro das linguagens de simulação de uso geral temos, por exemplo, o FORTRAN, Pascal, C, C++, etc. Já nas linguagens específicas de simulação podemos citar o GPSS (General Purpose Simulation System), ECSL (The Extended Control and Simulation Language), DYNAMO, MODSIM II, SIMAN (SIMulations ANalysis language) e Simple++.

2.2.2 Ambientes de Simulação

2.2.2.1 Arena

Segundo Banks *et al.* (2005), o software Arena é um dos ambientes de simulação mais conhecidos e utilizados comercialmente. Inicialmente, foi desenvolvido pela empresa Systems Modeling Corporation, sendo adquirida posteriormente pela Rockwell Software. Aqui no Brasil, o Arena, é representado pela empresa Paragon.

De acordo com Sakurada e Miyake (2009), o *software* de simulação Arena proporciona uma simulação estruturada e codificada, baseada na linguagem de simulação SIMAN. Onde a simulação é feita através de módulos que possuem as características dos processos do sistema modelado. O programador não precisa possuir grandes conhecimentos sobre a linguagem de programação para construir um modelo neste ambiente. Isto porque, no Arena, o usuário pode extrair módulos que possuem características de processos, posicioná-los na área de trabalho do software e programar suas características conforme as observadas no sistema real.

A Figura 2 apresenta um modelo simulado no ambiente de simulação Arena.



Figura 2- Modelo de um sistema de óleo e gás Simulado no Arena

Fonte: Paragon, (2013)

2.2.2.2 ProModel

O ProModel também é um ambiente que possui uma significativa popularidade, possuindo diversos recursos que facilitam a modelagem por parte do programador. Seu funcionamento e ferramentas são parecidos com os observados no ambiente de simulação Arena, como: modelagem baseada em blocos construtores, extensa biblioteca de ícones, rotinas específicas para esteiras, call centers, centros de distribuição, etc. Ele também permite a importação e exportação de dados para outros softwares, como Excel, Word, Access e CAD, (PROMODEL, 2013).

Para Sakurada e Miyake (2009), o ProModel possui aplicações voltadas a simulação de sistemas de manufatura, porém também permite ser aplicada em outros sistemas tais como cadeias de suprimento, organizações administrativas e sistemas de prestação de serviço na área de saúde.

A Figura 3 apresenta um modelo simulado no ambiente de simulação

ProModel.



Figura 3- Modelo de um sistema de manufatura Simulado no ProModel

Fonte: ProModel, (2013)

2.2.2.3 Automod

O ambiente de simulação AutoMod é oferecido pela empresa AutoSimulations. Este *software* apresenta características e funcionalidades similares as encontradas no ProModel e no Arena. Suporta simulações tridimensionais e é capaz de importar imagens tridimensionais geradas em CAD e simulá-las, possibilitando que o usuário navegue no interior do modelo como se estivessem dentro de um modelo de realidade virtual (AUTOMOD, 2013).

A Figura 4 apresenta um modelo construído no ambiente de simulação AutoMod.



Figura 4- Modelo de um sistema de produção Simulado no AutoMod

Fonte: AutoMod, (2013)

2.2.2.4 Ururau

O Ururau é ambiente de SED, desenvolvido no Brasil, que teve sua criação motivada pelos altos custos das licenças dos ambientes de simulação comerciais e pela dificuldade dos pesquisadores em entenderem a programação interna desses simuladores, uma vez que eles utilizam códigos fechados (PEIXOTO *et al.* 2013).

Neste contexto, o Ururau possui características como utilização de código aberto e uso livre. Ele tem uma interface gráfica que permite o desenvolvimento de modelos com objetivo de facilitar a modelagem por parte do programador, pois os módulos podem ser interligados para representar a lógica e a dinâmica do sistema. Seu uso é indicado para representação de sistemas de filas.

A Figura 5 apresenta um modelo simulado no ambiente de simulação Ururau.

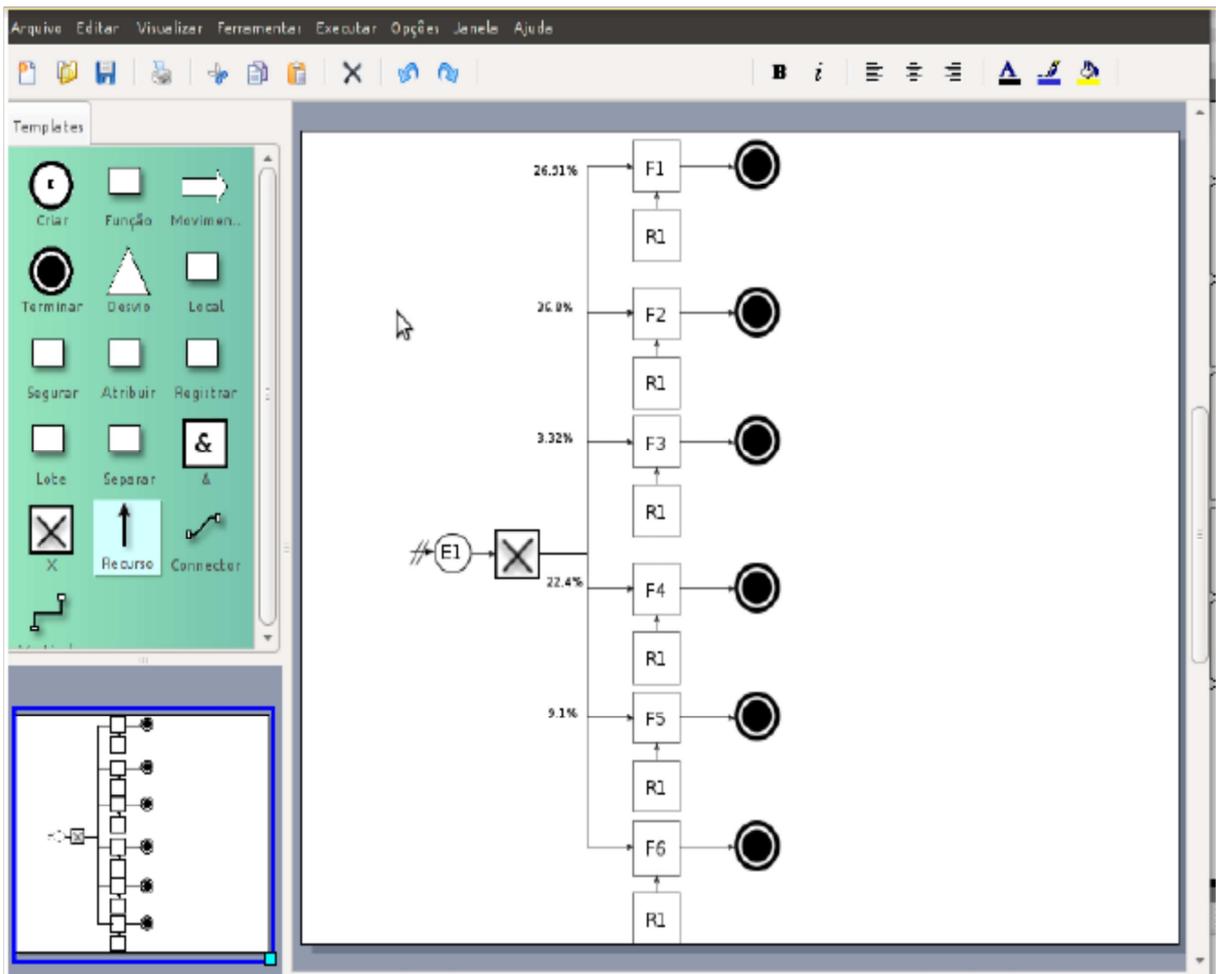


Figura 5- Modelo de um posto de combustível Simulado no Ururau

Fonte: Peixoto et al., (2013)

Este estudo apresentou alguns ambientes de simulação, porém existem outros que podem ser citados, como: Extend Quest, Taylor ED, Simulate, Witness, MicroSaint, AweSim.

2.3 EDUCAÇÃO NO BRASIL

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2013), a população do estado do Rio de Janeiro que mais vem ocupando lugar no mercado de trabalho possui mais de 11 anos de estudo. Este indicador, chamado de "população ocupada", mostra a importância da educação na preparação dos futuros

trabalhadores do Brasil, pois apresenta, em estatísticas dos últimos três anos, uma tendência de aumento dos anos de escolaridade nos cargos ocupados. Este resultado também revela a exclusão gradual da população com menos instrução (IBGE, 2013).

A Figura 6 apresenta um comparativo entre os anos de 2011, 2012 e 2013 sobre a porcentagem da população que vem ocupando o mercado de trabalho de acordo com o grau de instrução.

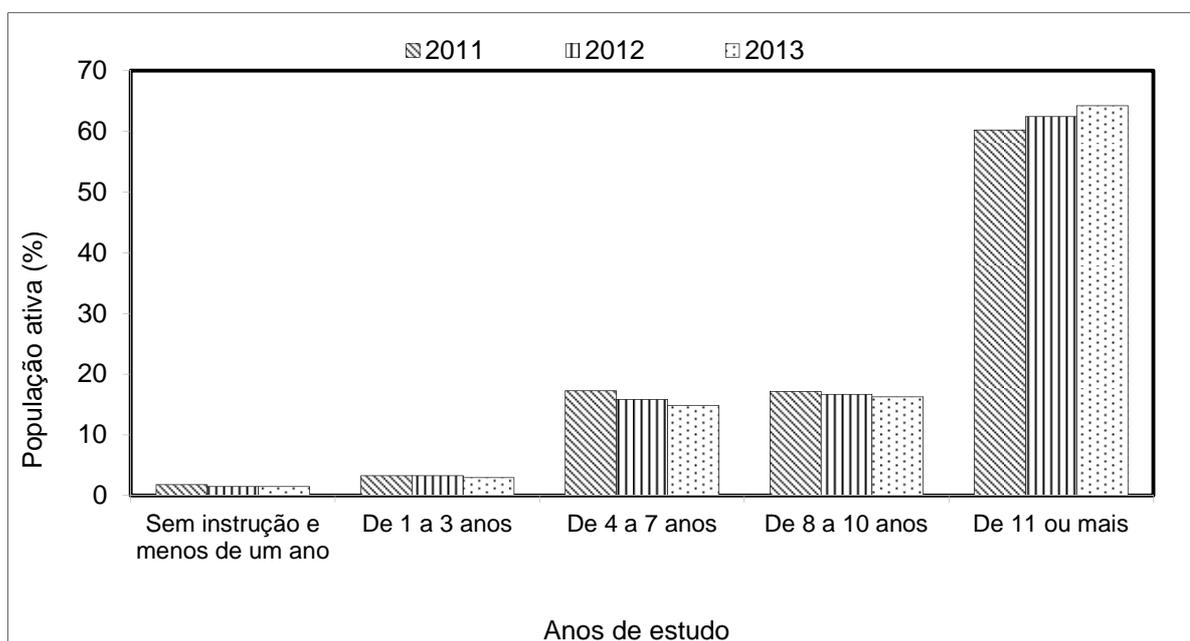


Figura 6- Tempo de estudo da população ativa no estado do Rio de Janeiro

Fonte: IBGE, (2013)

Observando a Figura 6 é possível notar que a população com mais de 11 anos de estudo é a que mais ocupa o mercado de trabalho nos três anos pesquisados. Além disto, também pode ser verificado o crescimento de um ano para outro, situação contrária ao que ocorreu com a população com menos anos de estudo.

Com o objetivo de oferecer uma capacitação profissional a um número maior de brasileiros, o Ministério da educação e cultura criou o programa "Brasil profissionalizado" que financia a modernização e expansão de escolas estaduais de nível médio com educação profissional (BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA - MEC, 2013). Ainda de acordo com o MEC (2013), as escolas que

desejarem fazer parte deste programa devem cumprir algumas regras como, construir laboratórios de informática com computadores individuais para alunos e professores, além de possuir equipamento de exposição de conteúdo como projetor multimídia e TV de 42 polegadas.

Este incentivo oferecido pelo governo reflete a preocupação com a profissionalização do jovem no futuro e por isso, outras iniciativas como a criação do Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e ao Emprego (Pronatec) e Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos (Proeja) são exemplos de ações de capacitação de mão de obra. Concomitante a esses programas de incentivo a formação profissional, também ocorre à modernização da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica que cobre todo estado brasileiro (MEC, 2013).

2.3.1 Informatização das Escolas

Considerando a necessidade de democratizar o acesso aos recursos da informática entre a população mais carente, o Governo Federal tem tomado algumas iniciativas para mudar a realidade de exclusão digital vivida por uma parte considerável da população brasileira.

Incentivos como a criação do Programa Nacional de Tecnologia Educacional - PROINFO, que é um programa educacional cujo objetivo é incentivar o uso pedagógico dos recursos da informática nas escolas da rede pública de educação básica, é um exemplo do que tem sido feito para a inclusão digital nas escolas. Este programa equipa as instituições de ensino com computadores e outros recursos digitais para que ela possa ter condições tecnológicas para incluir a informática no seu cotidiano escolar. Por outro lado, os governos estaduais e municipais devem viabilizar a recepção dessas ferramentas digitais, garantindo infraestrutura adequada para acomodar equipamentos e alunos. Além disso, os estados e municípios contemplados com esse programa devem oferecer capacitação aos educadores, tornando-os aptos a usar as novas tecnologias educativas (MEC, 2013).

Diante da necessidade de viabilizar a democratização digital em locais onde o serviço de internet não é oferecido ou não acompanha a demanda, foi criado o Programa Nacional de Banda Larga pelo Governo Federal - PNBL. Este programa, cujo objetivo é ampliar o acesso à internet em todo país, foi criado com o Decreto 7.175, de 12 de maio de 2010 (TELEBRAS, 2013).

2.3.2 O Uso de Softwares Educativos em Sala de Aula

Para Fialho e Matos (2010), a disseminação do conhecimento tem ocorrido de forma muito rápida. Por isso, atualmente os educadores tem se envolvido cada vez mais na utilização e na pesquisa de ferramentas inovadoras, que tragam mais motivação aos alunos e contribuam para uma aprendizagem mais eficaz.

Neste cenário, o professor deve investir em todos os recursos que colaborem para um melhor entendimento por parte do aluno sobre o conteúdo ensinado. Para isto, o docente se torna um contínuo pesquisador, tanto do seu conteúdo quanto de novas técnicas educacionais, pois conforme afirma Freire (1996), “não há ensino sem pesquisa nem pesquisa sem ensino”.

Segundo Fialho e Matos (2010), os recursos computacionais podem ser usados como ferramenta de apoio ao trabalho executado pelo docente. Sendo uma prática pedagógica que motiva e gera interesse dos alunos durante a aula. Este resultado pode ser justificado pela possibilidade de reprodução de fenômenos do mundo real e conceitos abstratos, permitindo ao aluno um realismo no aprendizado que é difícil de obter somente pelos métodos conservadores de ensino.

Para Molina *et al.* (2010), o uso da SED com o objetivo de contribuir para a aprendizagem ocorre na visualização do problema ou da realidade. Os autores recomendam o uso deste recurso antes da exposição teórica dos conteúdos, sugerindo que esta prática oferece maior motivação para a aprendizagem das teorias.

Autores como Nascimento e Rangel (2012), Silva e Rangel (2011) e Rangel et al. (2011) fizeram uso da simulação a eventos discretos como ferramenta de ensino em sala de aula. Nascimento (2013), que aplicou este método no ensino da física do ensino médio e Silva (2011), que utilizou este recurso nos cursos de ensino

profissionalizante da área de Telecomunicações comprovaram o ganho obtido através do uso deste método. A comprovação se deu por meio de comparação de resultados entre alunos que tiveram contato com a ferramenta e alunos que não foram expostos aos modelos didáticos criados pelos próprios professores.

2.4 MODELO DE REFERÊNCIA OSI

Segundo Torres (2001), quando surgiram as primeiras redes de computadores a maioria das soluções existentes eram proprietárias, ou seja, cada fabricante possuía o domínio de uma determinada tecnologia. Isto significava a impossibilidade de construir redes com soluções de fabricantes diferentes. Deste modo, a rede ficava dependente de um só fabricante que era responsável por sua construção, quase que total.

A falta de uma padronização independente de fabricante ou de protocolos utilizados dificultava a comunicação entre redes de computadores distintas. Esta realidade tornava inviável a interligação redes locais - LAN (Local Area Network) que poderia formar um conjunto de LAN's interligadas chamada de rede mundial - WAN (Wide Area Network).

A necessidade de permitir a comunicação entre redes abertas, ou seja, que desejam manter o compartilhamento de informações com outras redes resultou na proposta desenvolvida pela Organização Internacional para Padronização – ISO (Organization for Standardization). Esta proposta idealizava a padronização internacional de protocolos utilizados nas redes. Para isto, foi criado o Modelo de Referência para Interconexão de Sistemas Abertos - OSI (Open Systems Interconnect) cujo objetivo era permitir e facilitar a interconexão entre sistemas, independente de fabricante (TANENBAUM, 2003).

Segundo Tanenbaum (2003), o modelo de referência OSI é uma arquitetura de rede que descreve funções e características muito importantes em cada uma das sete camadas em que este modelo está organizado. As camadas que compõem o Modelo são: Física, Enlace, Rede, Transporte, Sessão, Apresentação e Aplicação. Ainda segundo o autor, para se chegar às sete camadas definidas foram

considerados os seguintes princípios:

- ⤴ Cada camada só poderá ser criada se houver necessidade de um grau de abstração adicional.
- ⤴ A função de cada camada deve estar bem definida.
- ⤴ A função de cada camada deve estar em conformidade com os protocolos padronizados internacionalmente para atuarem em cada uma delas.
- ⤴ O número de camadas deve ser determinado de modo a minimizar o fluxo de informações pelas interfaces.
- ⤴ O número de camadas deve ser grande o suficiente para acomodar diferentes funções e pequena o suficiente para que a arquitetura não se torne muito complexa.

A estrutura do Modelo OSI pode ser visualizada na Figura 7.

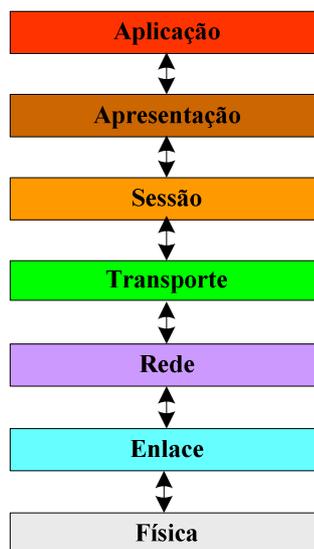


Figura 7- As sete camadas do Modelo OSI

Na sequência, serão apresentadas as funções das sete camadas que compõem esta arquitetura começando do nível mais baixo, ou seja, da camada física até a camada de aplicação. Cada camada terá suas funções descritas de modo a diferenciá-la uma das outras. Também serão demonstrados os serviços que cada camada oferece ao nível mais próximo até que se chegue ao usuário final.

2.4.1 Estrutura em Camadas de Modelo OSI

Como dito anteriormente, o modelo OSI descreve todas as funções executadas na rede, dividindo-as entre as camadas. Os serviços prestados por cada uma delas será complementado pela próxima camada até que a informação transmitida chegue ao usuário.

É importante destacar que o modelo de referência OSI não determina que protocolo vá trabalhar em cada nível e sim que função cada camada irá executar. Desta maneira, neste primeiro momento, não será relacionado nenhum protocolo à nenhuma destas camadas.

A seguir, veremos as descrições de cada camada conforme Soares (1995).

2.4.2 Camada Física

A camada física, também chamada de nível físico, é responsável pelas características físicas, mecânicas e elétricas de dispositivos que transmitem sinais em nível de bit.

Esta camada trata a informação em nível de sinal. Os protocolos que atuam nesta camada tem a função de garantir a transferência dos bits pertencentes a uma informação. Ela não se preocupa com o significado desses bits e sim com o modo que sua transferência será realizada (transferência serial ou paralela). Além disto, ele define o tempo de duração de cada bit, o meio no qual o sinal será transmitido, a quantidade de pinos do conector e qualquer outra característica elétrica e mecânica da transmissão.

Neste contexto, alguns dispositivos que atuam na transmissão dos sinais sem saber seu conteúdo são: cabos, conectores, repetidores, acopladores e hubs.

2.4.3 Camada de Enlace de Dados

A camada de enlace ou nível de enlace recebe os bits da camada física e verifica se houve erro durante sua transmissão ou não. Uma vez detectado o erro, esta camada terá a opção de solicitar retransmissão da informação ou identificar o bit errado e corrigi-lo. Para isto, esta camada forma quadros onde são inseridos os códigos controladores de erros.

Para controlar o acesso ao meio e identificar o destinatário final, esta camada define o endereço Media Access Control (MAC). Este endereço garantirá o controle de acesso ao meio físico de transmissão para que se evite colisão e, conseqüentemente a lentidão na rede. Além disto, este endereço permitirá a identificação do computador final a quem se destina a informação.

2.4.4 Camada de Rede

A função da camada de rede é permitir a comunicação de uma rede local com outra externa através do endereço de internet. No entanto, esta camada não garante que os pacotes enviados irão chegar corretos até seu destino. Para isto, ele oferecerá independência ao nível de transporte de modo a proporcionar tanto uma comunicação orientada à conexão quanto uma comunicação não orientada à conexão.

Na comunicação orientada à conexão são formados pacotes de uma mesma mensagem com identificação de sequência. Além disto, é inserido o endereço de origem e destino a fim de viabilizar a comunicação.

Na comunicação não orientada à conexão, são formados datagramas com endereço de origem e destino para possibilitar a transmissão.

2.4.5 Camada de Transporte

Como a camada de rede não garante a chegada da informação ao seu

destino ou a integridade da informação. A função da camada de transporte é fazer um acompanhamento fim a fim dos pacotes para garantir a confiabilidade na transmissão. Para isto, ele controla erro, regula fluxo e controla sequência. Além disto, esta camada também tem a função de multiplexação, a fim de compartilhar as conexões da rede.

Para a comunicação orientada a conexão, esta camada transporta os pacotes de informações por um circuito virtual pré-definido. Todos os pacotes de uma mensagem irão percorrer o mesmo caminho como se existisse um meio físico que interligasse transmissor e receptor. Esta comunicação se baseia no conceito de comutação por pacote ou circuito virtual, pois forma um link virtual para os dados serem transferidos. Desta forma, a verificação de integridade, controle de sequência e de fluxo são facilitados. Este tipo de comunicação é chamado de serviço confiável.

Para a comunicação não orientada a conexão, a camada de transporte recebe os datagramas da camada de rede e os transporta sem efetuar controle de erros, sequência e fluxo. Isto porque os datagramas que são roteados na rede, ao passarem por cada nó, terão seu roteamento calculado novamente. Nesta forma de comunicação usa-se o conceito de comutação por mensagem, pois os nós da rede por onde os datagramas irão percorrer são desconhecidos pelo transmissor e o receptor. Este tipo de serviço é conhecido como não confiável, devido à falta de controle durante a transmissão.

2.4.6 Camada de Sessão

A camada ou nível de sessão tem a função de permitir e facilitar a execução dos serviços de transporte. Seus principais serviços são: gerenciamento de sessão ou *token*, controle de diálogo e gerenciamento de atividades.

No gerenciamento de sessão ou *token*, este serviço irá decidir se a comunicação será feita através da técnica *Half Duplex* ou *Full Duplex*. A comunicação *Half Duplex* se caracteriza pela transmissão alternada no mesmo circuito, ou seja, somente o proprietário do *token* conseguirá transmitir em um determinado instante. Já a comunicação *Full Duplex* se baseia na capacidade do

circuito, pois permite a troca de dados simultaneamente.

O controle de diálogo tem a função de garantir que se houver falha durante o transporte da camada 4, a conversação será retomada exatamente a partir do ponto interrompido. Isto é feito através da colocação de pontos de sincronização cujo objetivo é demarcar o diálogo entre dois usuários durante uma sessão. Este sincronismo intermediário garantirá que a conversação seja restabelecida exatamente do ponto da última sincronização. Deste modo, este mecanismo evita perda de dados ou lentidão, caso fosse necessário reiniciar a transmissão do ponto inicial.

O gerenciamento de atividades permite que usuários que se comunicam através de uma sessão possam interrompê-la caso necessite iniciar outra. Este gerenciamento se faz necessário quando a próxima sessão tiver prioridade sobre a sessão anterior e a mesma ainda estiver ocorrendo. Assim, o gerenciamento irá interromper temporariamente a sessão atual e irá estabelecer a nova sessão prioritária. Ao término desta nova sessão será retomada a sessão anterior exatamente do ponto onde a mesma foi interrompida.

2.4.7 Camada de Apresentação

A função da camada de apresentação é realizar a transformação adequada dos dados conforme seu conteúdo e adaptá-los de acordo com as condições, necessidades de transmissão e conteúdo da informação. Este procedimento é necessário para que o usuário possa entender o conteúdo da informação e para que a transmissão seja eficiente e segura.

As transformações e adaptações que ocorrem nesta camada tratam da compressão de textos, criptografia e conversão de padrões de terminais.

2.4.8 Camada de Aplicação

Este nível presta serviço diretamente ao usuário, viabilizando que os

processos de aplicação disponíveis sejam utilizados no ambiente de comunicação. Além de tornar possível a comunicação do usuário com os serviços de rede através dos protocolos de aplicação. Serviços como a recuperação de erros são realizados de forma transparente para o usuário.

São exemplos de serviços oferecidos pelos protocolos de aplicação: a transferência de arquivo, *login* remoto, correio eletrônico, acesso à internet, etc.

2.4.9 Encapsulamento e Desencapsulamento

Segundo Torres (2001), durante a transmissão de dados, cada camada do modelo OSI recebe os dados do nível inferior e insere suas informações antes de encaminhar esses dados para a próxima camada. Este processo, que se repete até que a informação chegue ao usuário, é denominado de encapsulamento.

Da mesma forma, durante a recepção dos dados, cada camada que recebe esses dados irá retirar as informações pertinentes a sua camada e repassará para a camada imediatamente inferior. Esta fará o mesmo até que restem somente os dados gerados pelos usuários. Este processo é chamado de desencapsulamento.

Os dados gerados pelo usuário são chamados de Unidade de Dados de Serviço (*Service Data Unit*) - SDU. Já os dados inseridos pela entidade da camada de aplicação são chamados de Informação de Controle de Protocolo (*Protocol Control Information*) gerados e trocados. A junção dessas duas informações dá origem a Unidade de Dados do Protocolo (*Protocol Data Unit*) - PDU. Esta unidade percorre as camadas do modelo OSI e são trocadas entre as entidades pares (SOARES et al., 1995).

De acordo com Tanenbaum (2003) e Torres (2001), o processo descrito anteriormente, modifica o formato da informação. Esta modificação pode ser visualizada na Figura 8.

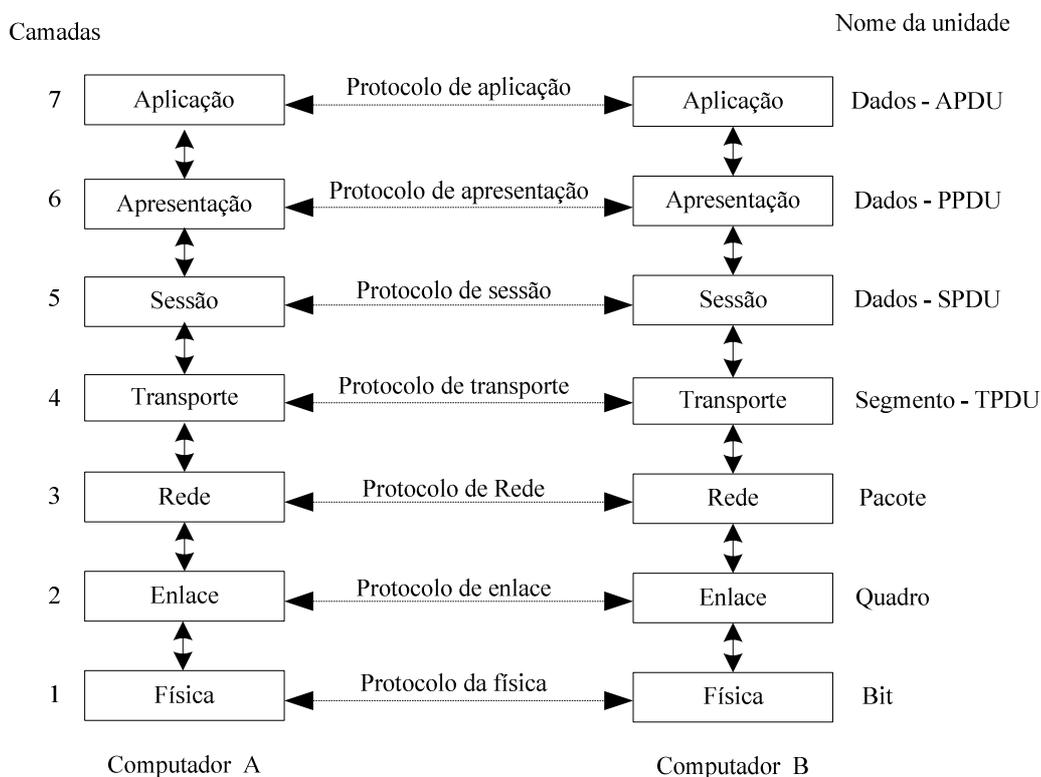


Figura 8- Evolução das PDU's no Modelo OSI
 Fonte: Adaptado de Tanenbaum (2003) e Torres (2001)

Observando a Figura 8, nota-se que na Camada Física a informação é chamada de Bit. Já na Camada de Enlace a PDU tem o formato de quadro. Na Camada de Rede a informação é tratada em nível de pacote. A informação da Camada de Transporte é vista como um Segmento. Por fim, as Camadas de Sessão, Apresentação e Aplicação tratam a informação como Dados.

2.5 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Lacerda *et al.* (2012), definem a análise bibliométrica como um estudo que se inicia através da evidenciação de características quantitativas sobre um conjunto definido de artigos (portfólio bibliográfico). Os pontos destacáveis no conjunto observado são: o grupo de artigos selecionados, as referências usadas, os autores,

o número de citações e periódicos mais relevantes.

Em recente pesquisa, Nascimento e Rangel (2012), realizaram uma análise bibliométrica com o objetivo de avaliar a pesquisa na área da SED aplicada como recurso didático para o ensino e treinamento. Neste contexto, foi escolhido o número de 20 trabalhos para análise a partir do ano de 1993.

Ainda segundo os autores, o estudo foi realizado nas bases de dados do Science Direct, Scielo e Google Acadêmico. Foram usados como palavras chave, respectivamente, os seguintes termos: simulação a eventos discretos, treinamento, estudantes, didático, ensino e educação. Os resultados obtidos nesta busca foram organizados, considerando o país de origem do autor da pesquisa, ano de publicação, revista ou conferência que publicou e área de aplicação.

A análise do país de origem do autor da publicação mostrou que os Estados Unidos lideram a pesquisa do uso da SED aplicada em ensino e treinamentos, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1- Classificação dos artigos quanto ao país de nacionalidade dos autores

País do Autor	Artigos	%
Estados Unidos	6	30%
Brasil	3	15%
Holanda	2	10%
Inglaterra	2	10%
Alemanha, Espanha, França, Grécia, Indonésia, México, Suécia	1 cada país	5% cada país
Total	20	100%

Fonte: Nascimento e Rangel, (2012)

Na análise por ano de publicação, os autores verificaram que o ano de 1993 publicou o primeiro artigo relacionando SED e treinamento.

A classificação dos artigos por de publicação é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2- Classificação dos artigos quanto ao seu ano de publicação

Ano	Artigos	%
2011	3	15%
2010	2	10%
2009	3	15%
2008 e 2007	2 em cada ano	10% em cada ano
2005	3	15%
2003, 2002, 1999, 1996, 1993	1 em cada ano	5% em cada ano
Total	20	100%

Fonte: Nascimento e Rangel, (2012)

Na análise de publicação por revista ou conferência, os autores apontaram o Winter Simulation Conference, como o congresso que mais publicou artigos relacionados ao tema. Já a relação de congressos e revistas que publicaram sobre o uso da SED aplicada em ensino e treinamento pode ser vista na Tabela 3.

Tabela 3- Classificação dos artigos considerando revistas e congressos em que foram publicados

Nome	Congresso/ Revista	N	%	Ano de publicação
Winter Simulation Conference	Congresso	9	45%	2011, 2008, 2007, 2005, 2002, 1996 e 1993
IEEE Transactions on Education	Revista	2	10%	2007 e 1999
Annual Frontiers in Education Conference	Congresso	1	5%	2009
Asian Journal of Information Technology	Revista	1	5%	2010
Computer Applications in Engineering Education	Revista	1	5%	2010
Congresso Nacional de Excelência Em Gestão	Congresso	1	5%	2011
Information Security Curriculum Development Annual Conference	Congresso	1	5%	2009
International Journal of Online Engineering	Revista	1	5%	2008
Journal of Simulation	Revista	1	5%	2009
Production Planning e Control: The Management of Operations	Revista	1	5%	2003
Revista Eletrônica Sistemas e Gestão	Revista	1	5%	2011
Total		20	100%	---

Fonte: Nascimento e Rangel, (2012).

Na classificação de acordo com as áreas de utilização e o quantitativo de

artigos publicados por área, os autores observaram que as áreas de Informática e engenharia de produção foram as mais abordadas nos artigos pesquisados, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4- Classificação dos artigos considerando suas áreas de aplicação

Áreas	Artigos	%
Engenharia de Produção e Informática	4 cada área	20% cada área
Simulação, Estatística, Física e Militar	2 cada área	20% cada área
Administração, Automação, Economia e Telecomunicações	1 cada área	5% cada área
Total	20	100%

Fonte: Nascimento e Rangel, (2012)

Com o objetivo de verificar se houve mudança em relação à análise de Nascimento e Rangel (2012), foi realizada uma nova pesquisa bibliométrica em duas bases utilizadas pelos autores e na base de dados do ISI Web of Science. Desta forma, foram mantidos os mesmos padrões da pesquisa relacionada.

A análise se iniciou com o acesso ao Portal da Capes, a fim de realizar a busca na base de dados do ISI. Durante a busca nesta base, ao utilizar as mesmas palavras chave, foram encontrados os seguintes resultados:

- ✦ Na busca por "Simulação a eventos discretos", foram localizados 3419 artigos.
- ✦ Para a palavra "treinamento", foram observados 81 artigos.
- ✦ Utilizando o termo "estudante", foi encontrado somente 1 artigo.
- ✦ Com o uso das palavras "ensino e educação", logo após a palavra "treinamento", o resultado continuou com 81 artigos.

Como o objetivo da pesquisa é verificar se houve alguma mudança após a análise de Nascimento e Rangel (2012), foram selecionados somente os artigos entre 2012 e 2013. Essa seleção resultou em dez artigos que tiveram seus títulos e resumos analisados. Durante esta análise não foi encontrado nenhum artigo que discutisse ou aplicasse a SED no ambiente de sala de aula como recurso didático.

Na pesquisa realizada na base da Scielo, não foi encontrado nenhum artigo que abordasse o tema pesquisado. O mesmo resultado pode ser verificado na busca

realizada na base de dados do Google Acadêmico, ao utilizar todas as palavras chaves da análise bibliométrica citada.

2.6 CONCLUSÃO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com base na revisão da literatura realizada neste trabalho, foi constatado que o uso da SED na construção de modelos didáticos ainda é pouco explorado, embora se tenha detectado o ganho que esta ferramenta proporciona para alunos e educadores.

Neste contexto, este trabalho se torna importante por prosseguir com a pesquisa que envolve a construção de modelos didáticos por meio da simulação a eventos discretos. Com ele, pretende-se divulgar a construção e o uso desta ferramenta, assim como demonstrar as facilidades que este recurso pode oferecer para diferentes setores de ensino. Isto porque o ambiente de SED como o Arena, trata-se de um *software* com alto desempenho e que possibilita, na versão de estudante, a construção de modelos para aplicação em sala de aula sem nenhum custo para a instituição de ensino ou para o docente.

Até o presente momento, o tema proposto neste trabalho vinha sendo tratado de forma a descrever um conteúdo na construção do modelo didático no ambiente de SED e aplicá-los em sala de aula. Além disto, o conteúdo modelado já era representado por outros *softwares* didáticos.

Como diferencial de pesquisa, este estudo apresenta, primeiramente, uma proposta de metodologia específica para construção de modelos didáticos utilizando a simulação a eventos discretos. Em seguida, a construção do modelo é descrita e avaliada de acordo com os passos propostos nesse novo processo. Este modelo didático representa conceitos teóricos que até o presente momento não foi representado por nenhum *software* educativo.

Sendo assim, este trabalho pretende, através do desenvolvimento desta nova proposta de metodologia, poder facilitar a construção de novos modelos didáticos. Além disto, com a construção do modelo didático aqui proposto, pretende-se avaliar e demonstrar, de forma alternativa aos trabalhos anteriores, o ganho que esta ferramenta poderá proporcionar aos educando e educadores.

3 METODOLOGIA PROPOSTA PARA DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DE SIMULAÇÃO PARA FINS DIDÁTICOS

Segundo Banks *et al.* (2010), a SED pode ser aplicada em sistemas como: Sistemas de produção, Sistemas de transporte e estocagem, Sistemas computacionais, Sistemas administrativos e Sistemas de prestação de serviços direto ao público. Para estas aplicações, o autor propôs uma metodologia para a construção de modelos de SED. Outros autores como Law (2007) e Freitas (2008) também apresentam suas metodologias para elaboração de modelos de simulação.

Nos últimos anos, o estudo relacionado ao desenvolvimento de modelos didáticos construídos em ambientes de simulação a eventos discretos vem despertando o interesse de alguns pesquisadores como: Nascimento e Rangel (2012), Silva e Rangel (2011) e Rangel *et al.* (2011). Esses modelos estão sendo construídos sem que haja uma metodologia específica para seu desenvolvimento.

A construção de um modelo de simulação é um processo que requer um planejamento das etapas que fazem parte do seu desenvolvimento. Este planejamento é necessário para que se definam claramente os objetivos do modelo idealizado e que a ocorrência de erro seja minimizada. Portanto, uma metodologia de simulação pode ser vista como uma ferramenta composta por passos que conduzem à representação adequada de um sistema.

Sendo assim, considerando a necessidade de uma metodologia específica

para a criação de modelos didáticos, este estudo propõe a construção de um método que oriente e facilite o desenvolvimento de qualquer modelo didático, independente da área de ensino. Para isto, será feito primeiramente uma abordagem sobre três metodologias propostas por Banks *et al.* (2010), Law (2007) e Freitas (2008), fazendo um paralelo entre os passos sugeridos por cada autor. A escolha desses três autores teve como critério referenciar duas metodologias descritas na literatura internacional e uma na nacional. Neste contexto, considerou-se como base o ano de publicação da primeira edição do livro, assim como o lançamento de novas edições. A partir desta análise, será apresentada a nova proposta para elaborar modelos didáticos desenvolvidos em SED.

3.1 ANÁLISE DAS METODOLOGIAS

Para início do estudo comparativo entre as metodologias propostas pelos autores citados anteriormente, foi escolhida a metodologia de Banks *et al.* (2010) que terá seus passos comparados com as etapas das metodologias propostas por Law (2007) e por Freitas (2008).

Observando a sequência de passos para construção de um modelo de simulação proposta por Banks *et al.* (2010), nota-se que a mesma é composta por doze fases que são: Formulação do problema; Fixação dos objetivos e planejamento geral do projeto; Conceitualização do modelo; Coleta de dados; Tradução do modelo; Verificação; Validação; Projeto experimental; Execução do modelo e análise; Sugerir mais execuções; Documentação e relatórios e; Implementação.

Law (2007) apresenta dez etapas para o desenvolvimento de um modelo de simulação que são: Formulação e estudo do problema; Coleta de dados e definição do modelo; Questionamento sobre a validação do levantamento do sistema; Construção do problema no computador e verificação; Rodada experimental; Questionamento sobre a validação da programação; Projeto experimental; Execução de mais rodadas; Análise de dados de saída e Documentação e uso dos resultados.

A metodologia proposta por Freitas (2008) possui doze etapas para elaboração de um modelo de simulação que são: Formulação e análise do problema; Planejamento do projeto; Formulação do modelo conceitual; Coleta de

macro informações; Coleta de dados; Tradução do modelo; Verificação e validação do modelo; Projeto experimental; Experimentação; Análise estatística dos resultados; Comparação e identificação das melhores soluções e Documentação e análise dos resultados com implementação.

Observa-se que os três autores apresentam uma sequência de passos com semelhanças significativas. Em relação ao número de passos, o primeiro e o terceiro autor apresentam a mesma quantidade de etapas, ou seja, doze passos a serem seguidos na construção de um modelo de simulação. Já o segundo autor considerou um número menor de passos, ou seja, dez etapas para o desenvolvimento do modelo de simulação.

3.1.1 Comparação entre as Metodologias de Simulação

Para fazer uma análise mais detalhada sobre os passos sugeridos por cada autor, a Figura 9 traz a sequência dessas etapas e o que é feito em cada uma, tomando como base a metodologia proposta por Banks *et al.* (2010).

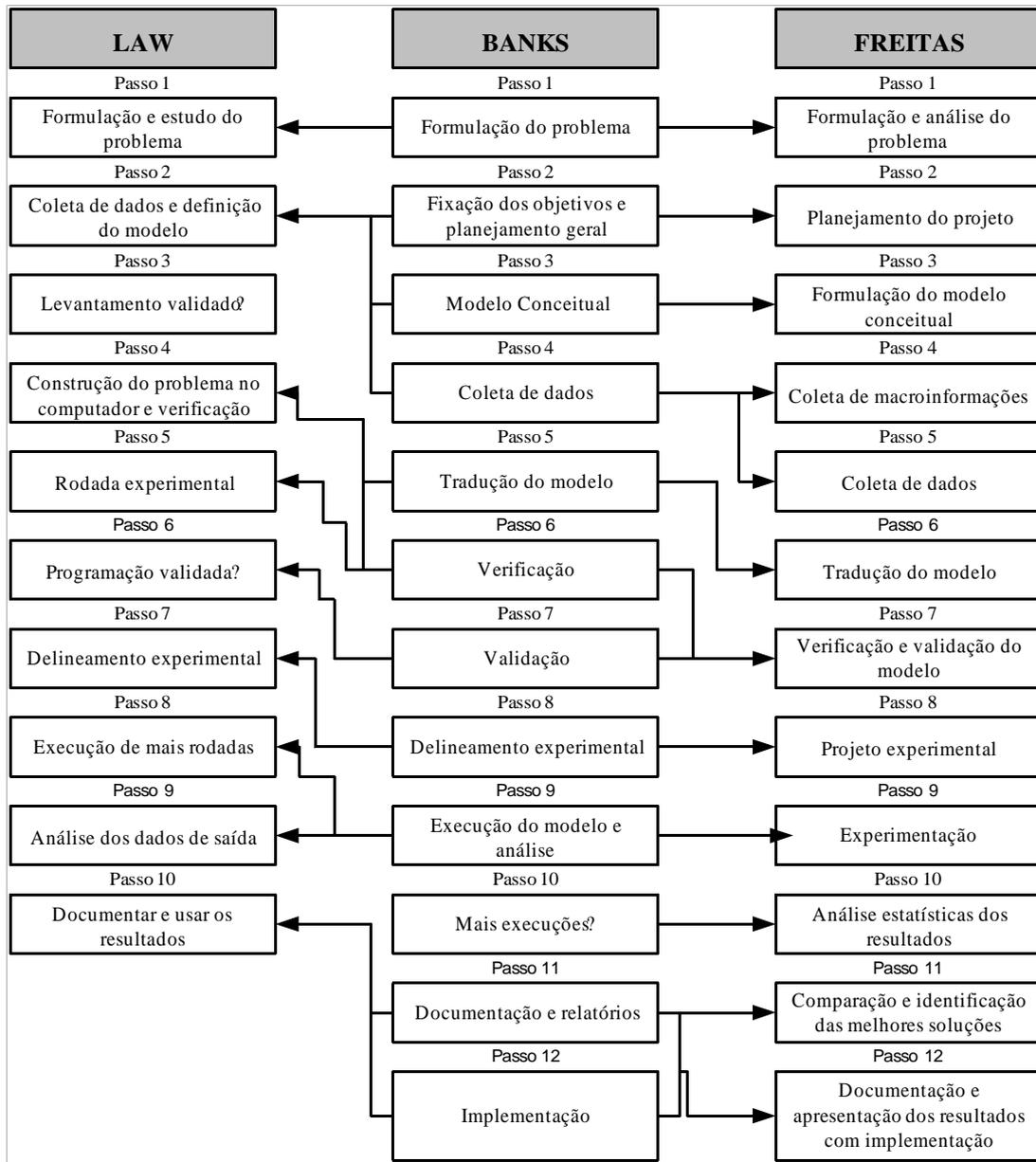


Figura 9- Comparação entre as principais metodologias de simulação

No primeiro passo observa-se que os três autores sugeriram as mesmas funções para serem executadas. Neste passo, segundo Banks *et al.* (2010), deve ser realizada a formulação do problema que pode ser feita tanto pelo especialista ou pelo programador, desde que a descrição do problema seja clara e precisa. Para Law (2007), é sugerido que se defina os objetivos gerais do estudo de forma a responder questões sobre o nível de detalhamento do modelo, o tempo e os recursos necessários para o estudo. Já para Freitas (2008), este passo deverá definir claramente quais são os objetivos do modelo a ser construído e obter

respostas sobre o motivo do problema ser estudado e o que se espera deste estudo.

No segundo passo nota-se que houve uma diferença em relação às funções executadas por Law (2007), pois o autor sugere que neste passo sejam realizadas tarefas que estão distribuídas nos passos dois, três e quatro indicados na metodologia proposta por Banks *et al.* (2010). Nesta etapa, Law (2007) sugere que se faça a coleta de informações sobre o layout e o nível de detalhamento do sistema a fim de facilitar a construção do modelo conceitual e que se faça uma coleta de dados para fins de validação. Além disto, o autor ainda sugere que se comece com um modelo simples que facilite a execução e evite possíveis erros. Na visão de Banks *et al.* (2010), nesta fase deve-se somente definir quais questões a simulação deverá responder, como os custos envolvidos no processo e o tempo necessário para executar este trabalho. Na visão de Freitas (2008), este passo deve ser composto pela realização de um levantamento sobre os recursos e custos necessários para modelagem e simulação. Além disto, também deverá ser feito um cronograma das atividades desenvolvidas.

No terceiro passo, Banks *et al.* (2010) e Freitas (2008) compartilham da mesma ideia quando indicam a construção do modelo conceitual para traduzir a lógica obtida pelo levantamento das informações sobre o sistema. Já Law (2007), propõe que nesta fase seja feita a validação dos dados levantados no passo anterior.

No quarto passo, Banks *et al.* (2010) sugere a coleta do conjunto de dados dos dados que fará parte do modelo para que o mesmo seja posteriormente validado. O autor sugere ainda que esta fase se inicie o mais cedo possível, pois leva um tempo considerável em relação às outras tarefas que fazem parte da construção de um modelo de simulação. Esta mesma tarefa é dividida em dois passos de acordo com Freitas (2008) que sugere a coleta de macro informações no passo quatro e a coleta de dados no passo cinco. Nesses passos são levantadas informações importantes sobre a alimentação do sistema modelado como: fonte de dados que será usada, estrutura ou dinâmica do sistema, adequação do formato dos dados em relação ao modelo e os custos envolvidos neste processo. Na proposta de Law (2007), esta fase deve-se traduzir o problema para o computador utilizando uma linguagem de programação ou um software de simulação e em seguida fazer a verificação do modelo simulado. Neste caso, percebe-se que este passo foi

composto dos passos cinco e seis de Banks *et al.* (2010).

No quinto passo, propõe-se a tradução do modelo conceitual para a forma computacional, gerando assim um modelo operacional (BANKS, 2010). Para Law (2007) esta tarefa já foi realizada no passo quatro. Ainda de acordo com o autor, a função a ser executada neste passo é a realização de testes ou experimentos com o objetivo de validar o modelo na etapa seis. Já para Freitas (2008), a tarefa do quinto passo é a coleta de dados já mencionada no parágrafo anterior.

No sexto passo deverá ser verificado se a lógica do sistema está bem representada pelo modelo computacional e se o modelo está funcionando conforme a expectativa do programador (BANKS, 2010). De acordo com Freitas (2008), neste passo deve-se construir o modelo computacional a partir do modelo conceitual e dos dados coletados sobre o sistema. Na visão de Law (2007), nesta etapa deve-se questionar se o modelo computacional está validado, analisando os resultados obtidos no modelo e comparando, sempre que possível, com outros resultados sobre o sistema simulado.

No sétimo passo, Banks *et al.* (2010) propõe a validação para comparar as respostas do modelo simulado com o real e utilizar as discrepâncias encontradas e o conhecimento adquirido para aperfeiçoar o modelo. Para Law (2007), esta etapa, que é chamada de delineamento experimental ou projeto experimental, deve ser composta pela definição do número de replicações, do tempo de execução necessário ao modelo, além de números aleatórios e diferentes para cada rodada. Já para Freitas (2008), este passo é composto pelo passo seis e sete proposto por Banks *et al.* (2010), ou seja, verificação e validação. Freitas (2008) sugere que neste passo se avalie o comportamento do modelo. Se ele opera em conformidade com a proposta do analista, se a lógica está bem representada e se os resultados obtidos são coerentes com os resultados do modelo real.

No oitavo passo, tanto Freitas (2008) quanto Banks *et al.* (2010) sugerem que seja definido como cada um dos testes no modelo deve ser realizado, considerando parâmetros como: tempo de duração da simulação e número de replicações. Para Law (2007), esta etapa serve para executar mais rodadas para facilitar a análise no próximo passo.

No nono passo, Banks *et al.* (2010) sugere a execução de várias rodadas da simulação para posterior análise. Essa proposta também é sugerida por Freitas

(2008) quando o mesmo indica que nesta etapa deve executar as simulações e analisar os seus resultados para que os mesmos sirvam de parâmetro para simulações futuras. No ponto de vista de Law (2007), a nona etapa determina que os dados de saídas devam ser analisados, comparando o desempenho de determinadas configurações do sistema e com sistemas alternativos.

No décimo passo, Law (2007), finaliza sua metodologia de construção de um modelo de simulação, pois utiliza os passos onze e doze da proposta de Banks *et al.* (2010) com a documentação e utilização dos resultados em projetos atuais e futuros. Para Banks *et al.* (2010), a décima etapa deve questionar a necessidade de rodadas ou testes adicionais. Já Freitas (2008), sugere uma análise estatística dos resultados de modo que se interpretem os dados a fim de verificar a necessidade de mais replicações, pois com este aumento pode se alcançar melhores resultados.

No décimo primeiro passo, Banks *et al.* (2010) propõe levantar a documentação e relatórios sobre o modelo de simulação. Tendo na documentação a finalidade de descrever os processos utilizados na programação para que outros analistas possam manipular o modelo ou construir outro similar. Além disto, a documentação também pode ser vista como um guia para orientar os usuários interessados no modelo a alterar seus parâmetros com objetivo de otimizar os resultados na saída do modelo. Já para Freitas (2008), esta etapa que é chamada de “comparação e identificação das melhores soluções” é uma fase onde se faz um confronto com outros resultados obtidos em sistemas alternativos ou equivalentes para que se identifique a melhor resposta ou a mais adequada.

Sobre o décimo segundo e último passo, Banks *et al.* (2010) afirma que o sucesso desta fase depende de uma boa execução dos passos anteriores, do envolvimento do analista durante a construção, dos testes realizados e se o usuário compreende os resultados do modelo. Para Freitas (2008), a última fase concentra a documentação, a apresentação dos resultados e a implementação do modelo. Onde, primeiramente, se faz a descrição de todas as características necessárias ao desenvolvimento do modelo, assim como os métodos utilizados na análise dos resultados e suas conclusões. Em seguida é feita uma exposição de todo o resultado para o grupo que fez parte do desenvolvimento do modelo. Por fim, o projetista irá relatar à parte interessada na simulação do sistema para que a mesma possa tomar decisões baseada nos resultados apresentados.

Uma vez realizada a análise sobre as três metodologias apresentadas, este estudo prossegue com a proposta de uma metodologia que atenda especificamente às necessidades do professor, ao desenvolver um modelo didático de simulação.

3.2 METODOLOGIA DE SIMULAÇÃO APLICADA EM MODELOS DIDÁTICOS

A abordagem de conteúdos teóricos por meio de um software de simulação é um procedimento que requer um esforço diferente de outras aplicações, como em sistemas de manufatura, transporte e prestação de serviço, por exemplo. Isto porque existem alguns passos dentro das metodologias analisadas que não são aplicadas no desenvolvimento de um modelo didático.

Neste contexto, este trabalho sugere algumas etapas que são relevantes no processo de construção deste tipo de modelo, podendo facilitar a construção de novos modelos didáticos por outros programadores interessados no seguimento de ensino.

A metodologia sugerida para o desenvolvimento de modelos didáticos pode ser vista na Figura 10.

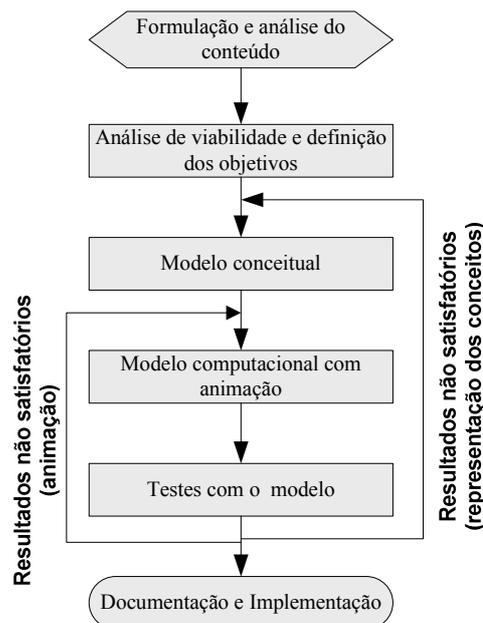


Figura 10- Metodologia para construção de modelos de simulação didáticos

As etapas representadas pela Figura 10 envolvem vários passos que serão descritos nos próximos itens.

3.2.1 Formulação e Análise do Conteúdo

A decisão de se abordar um conteúdo teórico através de recursos computacionais como o simulador a eventos discretos deve ser precedida pela formulação e análise do conteúdo. Nesta etapa os seguintes pontos devem ser levantados pelo professor que irá desenvolver o modelo:

- ⤴ Existe a necessidade de utilizar software de simulação computacional para trabalhar o conteúdo pretendido?
- ⤴ O conteúdo a ser modelado se trata de um sistema discreto ou contínuo?
- ⤴ Caso o conteúdo seja contínuo, é possível discretizá-lo em um ambiente de simulação discreta?

3.2.2 Análise de Viabilidade e Definição dos Objetivos

Esta etapa se inicia após a definição da natureza do conteúdo como discreta e de ter sido constatada a necessidade de fazer uso de um software de simulação computacional. Primeiramente se analisa a viabilidade do uso da simulação através dos seguintes questionamentos:

- ⤴ O ambiente de sala de aula oferece recurso adequado para execução do programa e visualização dos efeitos de animação?
- ⤴ Caso o professor pretenda construir um modelo que permita interatividade, deve-se observar se existe um ambiente (sala de aula ou laboratório de informática) com um número suficiente de computadores que possa servir de interface entre o aluno e o modelo computacional.

Uma vez constatada a viabilidade da construção do modelo de simulação, o próximo passo é definir os objetivos do modelo, ou seja, quais pontos do conteúdo a ser modelado o professor deseja representar. Isto é importante, pois existe conteúdo com uma abordagem muito extensa e complexa. Deste modo, se o programador insistir em representar todos os conceitos presentes em um conteúdo complexo, poderá resultar em erro (SARGENT, 2013). Neste contexto, o programador deve utilizar a simulação para representar os pontos considerados mais relevantes por ele. Sendo assim, o modelo irá se apresentar numa forma mais simplificada, podendo facilitar o entendimento do aluno.

3.2.3 Definição do Modelo Conceitual

O objetivo deste item é traduzir os conceitos do sistema que se pretende modelar, dando a ele uma estrutura que irá orientar e facilitar sua transição para a modelagem computacional.

O modelo conceitual é indicado nesta etapa, pois se trata de um método que evidencia o contexto do sistema, a integração das partes envolvidas e o formato lógico do modelo.

3.2.4 Construção do Modelo Computacional

Nesta etapa, o conteúdo teórico, antes modelado na forma conceitual, será traduzido para um software de SED que representará os conceitos pertinentes, conforme a decisão do professor.

Após a construção do modelo, será utilizado o recurso de animação para materializar os conceitos abstratos modelados no ambiente de simulação discreta.

A interatividade no modelo será opcional, pois o modelo animado já irá representar os conteúdos para o aluno e as imagens que representam os conceitos abordados poderão estimular o conhecimento.

3.2.5 Testes com o Modelo

Esta etapa é realizada em dois momentos, onde o primeiro verifica se o modelo representa os conceitos propostos pelo professor, além de analisar a qualidade da animação e o segundo avalia a contribuição do modelo para aprendizagem do aluno.

No primeiro momento, o professor observa se a modelagem computacional segue os conceitos e a lógica do conteúdo teórico proposto. Também é verificado se as etapas representadas no modelo conceitual estão coerentes com as programadas no modelo computacional. Além disto, é testada a qualidade visual da animação construída a partir do modelo. Esta primeira fase de testes pode contar com a colaboração de outros professores que ministram o conteúdo e até mesmo levar em consideração a opinião do aluno. Assim, os testes visuais poderão resultar em modelos de melhor qualidade.

Esse primeiro momento do teste é muito importante, pois é responsável em garantir que o modelo irá traduzir a lógica do conteúdo abstrato e materializar os conceitos a partir de figuras. Sendo o resultado do teste insatisfatório, será necessário o retorno à construção do modelo computacional.

O segundo momento do teste, é realizado através da avaliação dos alunos que tiveram contato com o modelo. Esta avaliação, cujo objetivo é verificar se o aluno aprendeu o conteúdo exposto com o auxílio do simulador, deve ser composta por questões abordadas pelo modelo.

Essa segunda etapa de teste se baseia no fato de que toda ferramenta de ensino usada em sala de aula tem o objetivo de elevar ou gerar novos conhecimentos aos alunos. Desta forma, a legitimidade de qualquer método, seja ela a própria fala do docente, um vídeo, uma imagem ilustrativa ou uma prática de laboratório, só será confirmada quando sua aplicação estimular a aprendizagem dos alunos.

Para confirmar a aprendizagem do aluno durante a exposição da teoria auxiliada pelo simulador, a avaliação sobre o conhecimento deverá ser aplicada antes e depois da aula. A diferença entre o teste aplicado antes da aula e o teste posterior à aula irá revelar se o modelo, associado à teoria, contribuiu ou não para a

aprendizagem do aluno.

Se esta etapa for considerada insatisfatória, então será recomendado o retorno à etapa de construção do modelo conceitual.

É importante destacar, que para melhor avaliação do modelo, os testes de conhecimento serão aplicados antes da avaliação da qualidade do modelo, conforme apresenta a Figura 11.

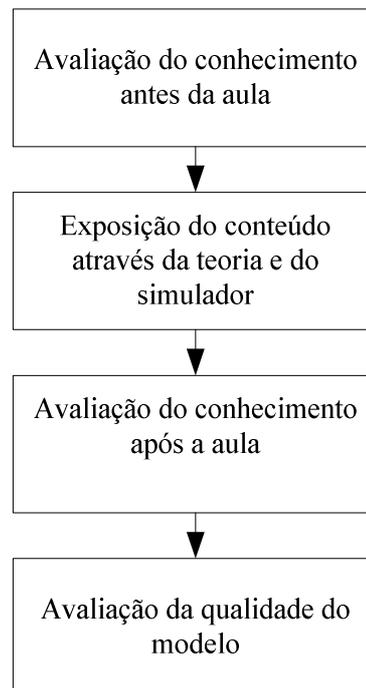


Figura 11- Etapa de testes com o modelo de simulação

A sequência apresentada na Figura 11 permitirá que se verifique o conhecimento prévio dos alunos a respeito do conteúdo representado pelo modelo de simulação, além de possibilitar que os alunos opinem sobre a qualidade do modelo exposto e ainda que se avalie o conhecimento adquirido após a exposição do conteúdo auxiliado pelo modelo.

A etapa de testes também pode ser feita de forma paralela com a implementação. Desta maneira, a avaliação, tanto da qualidade quanto da eficácia do modelo, será feita aos poucos e no cotidiano escolar. Com isso, o professor poderá avaliar, em um grupo maior, tanto a questão da qualidade do modelo quanto sua contribuição na aprendizagem do aluno. Desta maneira, com as próprias

experiências do docente em sala de aula e a partir das observações dos resultados com os alunos, o professor será capaz de verificar a qualidade do modelo e realizar alterações quando necessário.

Neste contexto, fica a cargo do professor que construiu o modelo de simulação, a escolha dos meios que vai utilizar na execução da etapa de testes de avaliação da qualidade e eficácia do modelo.

3.2.6 Documentação e Implementação

Nesta etapa os dados do modelo deverão ser documentados para que outro professor tenha acesso à metodologia de construção e possa reproduzi-lo ou modificá-lo. Já com o modelo devidamente validado, deve-se implementá-lo no cotidiano de sala de aula para que os alunos se beneficiem dessa ferramenta de ensino.

Com o objetivo de detalhar as etapas descritas nesta metodologia e com isso permitir maior entendimento sobre o método proposto, a Figura 12 apresenta o passo a passo adotado nesta metodologia.

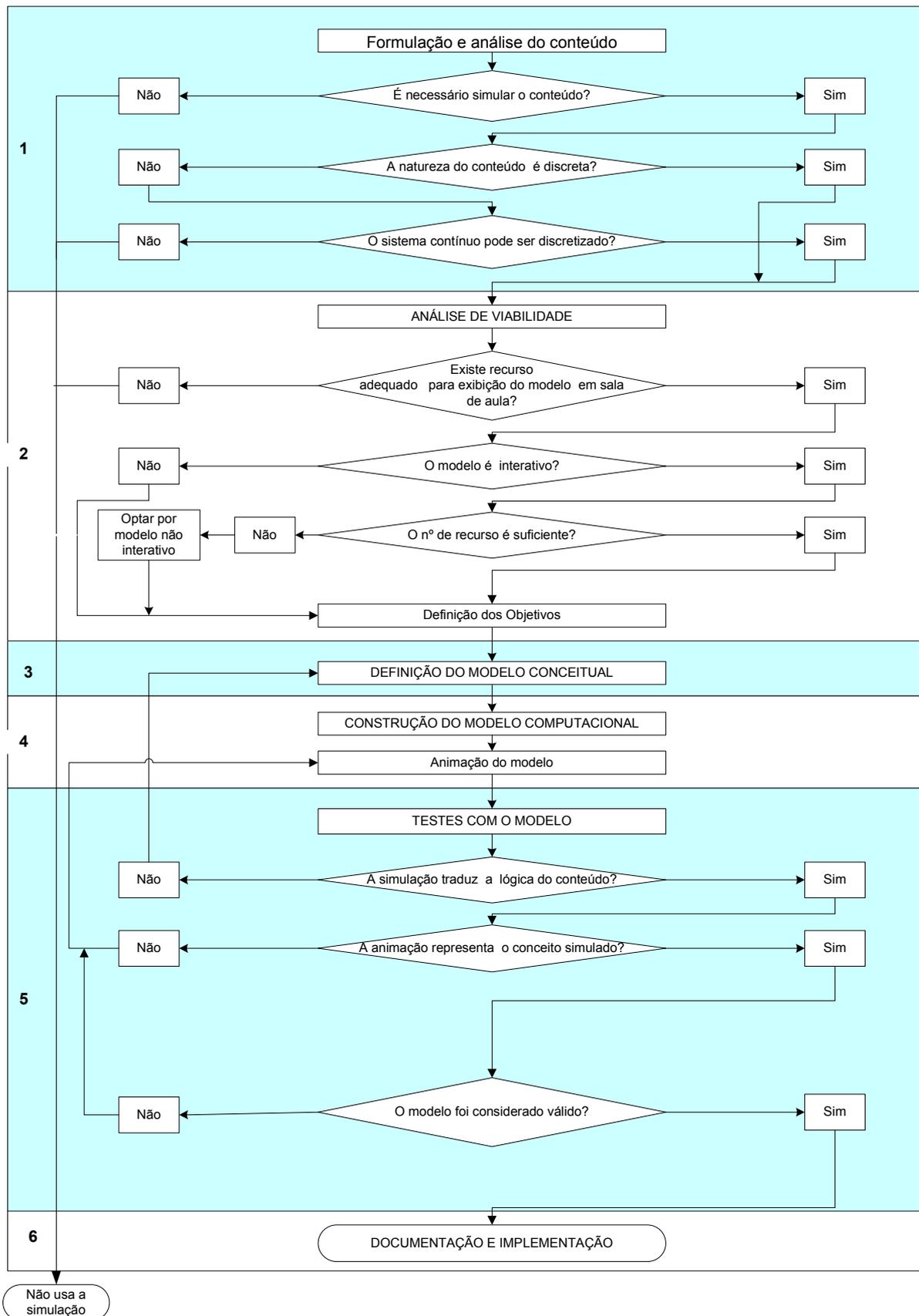


Figura 12- Detalhamento das etapas de construção de modelos didáticos

A partir da Figura 12, observam-se as funções executadas em cada etapa e a interação entre elas como apresentado nos tópicos a seguir:

1. Na etapa de formulação e análise do conteúdo, o professor que pretende construir o modelo deverá fazer três questionamentos: se há necessidade de representar o conteúdo através de software de simulação para ministrar aulas, se o conteúdo trata-se de um sistema discreto e se o conteúdo pode ser discretizado, caso seja contínuo.

Se a resposta para a primeira pergunta for positiva, então se segue para o próximo questionamento. Caso contrário, recomenda-se a não modelagem do conteúdo.

No caso da segunda pergunta, se a resposta for sim, então se prossegue para a segunda etapa. No caso de negativa, encaminha-se para o próximo questionamento.

Já na última pergunta desta primeira etapa, obtendo resposta positiva, segue-se para a etapa dois. Caso contrário, não será recomendado o uso da simulação a eventos discretos.

2. Na etapa de viabilidade e definição dos objetivos, primeiramente se analisa a disponibilidade de recursos dentro do ambiente de ensino, seja ele um laboratório de informática ou uma sala de aula. Para isso deve ser considerado o tipo de modelo que se deseja desenvolver, ou seja, se ele for somente para exposição de conteúdo através da animação e lógica dos conceitos envolvidos ou se também permitirá a interação com o aluno.

Para o modelo apenas expositivo, deve-se considerar a presença de uma mídia (televisão, tela de computador ou projetor) adequada com o tamanho do ambiente de ensino e compatível com o número de alunos. Se for detectada a existência de recurso adequado para exibição do modelo em sala de aula, então se segue para o próximo item a ser considerado. Caso contrário, não se justifica o uso da simulação, pois os alunos não poderão visualizar o modelo de maneira correta.

Sobre o modelo ser interativo ou não, a resposta negativa encaminha o

programador diretamente para a etapa de pré-modelagem. Sendo a resposta positiva, o próximo passo será verificar se o número de recurso é suficiente para atender aos alunos, considerando seu quantitativo.

Uma vez constatado que o número de recurso não é suficiente para que todos os alunos possam interagir com o modelo, então se recomenda não oferecer a interatividade ao modelo, passando para a próxima etapa. Mas, se o número de recurso for adequado, então se segue para a próxima etapa com a proposta de construção de um modelo interativo.

A segunda parte desta etapa deverá definir os objetivos do modelo. Para isto será considerada a direção que o professor deseja focar, baseado nas necessidades do aluno, complexidade do conteúdo e competência que o aluno deve adquirir com a disciplina. Desta forma, a definição do conteúdo está condicionada a expectativa do professor sobre os conceitos que ele espera que o aluno aprenda através do modelo didático. A última fase desta segunda etapa indica que conceitos do conteúdo a ser modelo são viáveis para a simulação e importantes ou indispensáveis para o aluno. Com isso, a lógica do modelo poderá ficar mais simples, facilitando tanto a simulação quanto o entendimento do aluno.

3. Na etapa de modelagem conceitual será construído um modelo conceitual respeitando a lógica do conteúdo. Esta etapa tem o objetivo de documentar graficamente o modelo e facilitar sua passagem para a forma computacional.
4. A modelagem computacional é uma etapa que deverá ser construída respeitando toda lógica desenvolvida no modelo conceitual para que se evite o erro e se leve em consideração a primeira fase de documentação do modelo.

Após o desenvolvimento do modelo, deve-se criar sua animação de forma que se materializem os conceitos representados no modelo.

A animação do modelo didático é uma etapa essencial, pois é através dela que o aluno vai visualizar a lógica do conteúdo modelado.

5. Uma vez construído dentro do ambiente computacional, o próximo passo será a aplicação de testes de competência e coerência do modelo. A avaliação da competência verifica se o que se pretende abordar através do recurso didático desenvolvido está sendo atendido. Já a avaliação de coerência, refere-se à lógica do conteúdo representada pela animação do modelo. Esta pode ser realizada com um grupo piloto de alunos ou no cotidiano de sala de aula.

Se a resposta for positiva para ambas as perguntas levantadas no parágrafo anterior, então o professor que simulou o conteúdo poderá passar para a avaliação da eficácia do modelo. Considerando a resposta negativa para a primeira pergunta, o professor terá que retornar a etapa de modelagem conceitual a fim de detectar onde o modelo apresenta problema. Se a negativa for a respeito da animação do modelo, então se retorna para a etapa de construção da animação.

Com relação à avaliação da eficácia do modelo, ou seja, da contribuição do modelo para aprendizagem do aluno, esta é feita a partir de testes com um grupo de alunos sobre o conteúdo simulado ou no dia a dia da sala de aula a partir da observação dos alunos.

Desta forma, caso algum aluno ou grupo de alunos tenha respondido positivamente à presença do recurso, o modelo será considerado válido, caso contrário o professor deverá voltar para o passo 5.

6. A documentação é uma etapa conclusiva do modelo e tem o objetivo de relatar detalhes do seu desenvolvimento, objetivando sua reprodução por outro programador ou uma futura modificação.

A implementação é o que dá sentido à metodologia apresentada neste trabalho, pois se caracteriza pela aplicação do modelo em sala de aula como recurso didático reconhecido pela etapa de validação.

Com o intuito de aplicar a metodologia proposta neste trabalho, foi escolhido um conteúdo que terá sua modelagem detalhada na próxima sessão.

3.3 MÉTODO DE VERIFICAÇÃO DO MODELO

A verificação do modelo de SED construído para fins didáticos, deve ser realizada considerando o objetivo e características do modelo e o ambiente de aprendizagem dos alunos.

Neste contexto, considerando o objetivo e as características do modelo, a verificação deverá analisar se a representação e as funções propostas pelo modelo estão sendo executadas de forma clara e coerente com o conteúdo modelado.

Essa verificação será feita a partir da visualização da animação do modelo, pois é através dela que os alunos poderão ver todo contexto dos conceitos simulados. Sendo assim, é muito importante que as figuras utilizadas sejam nítidas e familiares para quem está assistindo.

Com relação ao ambiente de aprendizagem do aluno, a verificação irá considerar a visualização do modelo em computadores, televisores ou projetores de multimídia que a instituição de ensino possui. Isso garantirá que os efeitos visuais do modelo estarão em conformidade com a infraestrutura do local onde o modelo será exibido.

3.4 MÉTODO DE VALIDAÇÃO DO MODELO DIDÁTICO

Para validação do modelo e conseqüentemente reconhecê-lo como recurso didático é necessário aplicá-lo em um ambiente real, ou seja, na sala de aula para os alunos.

Com sua exibição em sala de aula, o professor poderá constatar se de fato o modelo está ou não contribuindo para a aprendizagem do aluno.

Para confirmar a eficácia do modelo como ferramenta de ensino deve-se aplicar avaliações sobre o conteúdo representado, coletar os resultados e analisá-los. Essa análise deverá considerar o efeito da presença e ausência do método, assim sua combinação ou não com a aula teórica sem o recurso. As pontuações obtidas nas avaliações irão indicar se houve ou não aprendizagem com a exibição da ferramenta e qual a melhor forma de utilizá-la.

3.5 INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA

A avaliação qualitativa revela, através de questionamentos, as características, vantagens e desvantagens do modelo construído. Essa avaliação ocorre antes e durante a verificação do modelo.

Segundo Nascimento (2013), o instrumento para este tipo de avaliação conta com os seguintes questionamentos:

- ⤴ Em que ambiente o modelo foi construído?
- ⤴ Quem programou o modelo?
- ⤴ Qual o tipo de licença utilizado?
- ⤴ O modelo permite interatividade?
- ⤴ O modelo permite alteração?
- ⤴ O modelo permite ajustes visuais?
- ⤴ Qual é o grau de detalhamento do modelo?
- ⤴ Qual o tempo gasto na programação?

Como sugestão para avaliação qualitativa, acrescentam-se os seguintes itens:

- ⤴ Qual foi o tempo de capacitação necessária para a construção do modelo?
- ⤴ Qual foi o grau de dificuldade observado na construção do modelo?
- ⤴ Se o modelo atendeu a expectativa do programador, no que se refere à representação do conteúdo.

A avaliação quantitativa realizada pela autora ocorrerá durante a validação do modelo. Ela irá considerar a análise das avaliações aplicadas em diferentes grupos de alunos e o resultado comparativo desta avaliação. O resultado desta comparação será obtido a partir de testes estatísticos que revelarão o efeito e o padrão da aprendizagem em diferentes grupos de alunos.

Para esta avaliação, Nascimento (2013), adotou um método de delineamento fatorial, 2^k proposto por Montgomery (2009), onde o k simboliza as duas formas de

exposição da aula, ou seja, exposição do conteúdo de forma teórica e a exposição do conteúdo com o simulador. Com este método, a pesquisa obteve como resultado um número de quatro grupos para avaliação: grupo com ausência do simulador e ausência da teoria, grupo com ausência do simulador e presença da teoria; grupo com ausência da teoria e presença do simulador e grupo com a presença dos dois métodos. Com esses quatro grupos foi possível avaliar os resultados obtidos em cada caso e avaliá-los.

No presente trabalho, além do levantamento sobre as características do modelo será feita uma avaliação sobre a qualidade do simulador a partir de um questionário avaliativo. Este questionário poderá considerar tanto o ponto de vista do aluno quanto à percepção do professor da disciplina.

No presente trabalho, durante a etapa de testes com o modelo, a avaliação sobre a qualidade do simulador irá considerar as opiniões dos alunos e professores. Para isto, foi formado um grupo composto por cinco alunos e três professores que responderam o questionário qualitativo.

O levantamento sobre a qualidade do modelo também será realizado durante sua implementação em turmas dos cursos de Eletrônica, Informática e Telecomunicações. Este levantamento será feito da mesma forma que foi realizado na etapa de testes, ou seja, em ambas as etapas os alunos deverão primeiramente assistir a aula auxiliada pelo modelo para depois avaliá-lo. Desta maneira, os discentes serão capazes de julgar o modelo.

O questionário qualitativo, inicialmente, irá expor os objetivos propostos pelo modelo. Posteriormente, ele trará afirmações a respeito dos conceitos representados no modelo, qualidade das imagens da animação e sobre a interatividade. Assim, o aluno deverá concordar ou discordar sobre tais afirmações. Além disto, o questionário irá perguntar sobre a mídia mais apropriada para visualização das imagens.

Os resultados da avaliação qualitativa, tanto na percepção dos alunos quanto na dos professores, irão indicar se o modelo precisa de ajustes. Isso também poderá ocorrer durante a implementação do modelo.

A avaliação quantitativa será feita de forma análoga à avaliação realizada por Nascimento (2013). Desta forma, a definição do número de grupos irá considerar os dois métodos de ensino. Com o delineamento fatorial 2^k , o número de grupos

necessários para a execução do experimento será quatro.

Com a formação dos quatro grupos, será viabilizada a aplicação da análise fatorial para a medição da aprendizagem dos alunos, sob diferentes aspectos, (MONTGOMERY, 2009).

O Quadro 1 apresenta a divisão dos grupos de acordo com os experimentos que serão realizados.

Quadro 1- Divisão dos grupos de acordo com o experimento feito em sala de aula

Grupos de alunos	Aula Teórica	Aula com o Modelo de Simulação
Grupo 0	Não	Não
Grupo 1	Sim	Não
Grupo 2	Não	Sim
Grupo 3	Sim	Sim

O Quadro 1 mostra que o Grupo 0, será formado por alunos que não serão submetidos a nenhum método de exposição do conteúdo. O Grupo 1 será composto por alunos que assistirão somente a aula teórica. O Grupo 2 terá somente aula com o modelo de simulação. Por fim, o Grupo 3 terá aula teórica auxiliada pelo modelo de simulação.

Dentro do grupo com os dois métodos de ensino, serão criados 2 subgrupos. Estes subgrupos permitirão que se avalie o efeito da ordem do método de ensino utilizado em sala de aula, ou seja, esta avaliação tem o objetivo de verificar se a ordem do método tem alguma influência na aprendizagem do aluno.

O Quadro 2 apresenta a divisão dos subgrupos de acordo com a ordem de exposição dos métodos de ensino.

Quadro 2- Divisão do grupo 3 em dois subgrupos para análise da ordem do método de ensino

Subgrupos do Grupo 3	Aula Teórica	Aula com Simulador
Grupo 3.1	Primeiro	Segundo
Grupo 3.2	Segundo	Primeiro

Os alunos que farão parte do experimento pertencem a uma escola pública da

rede federal de ensino da cidade de Campos dos Goytacazes e a uma escola particular do mesmo município.

Após a aplicação dos testes nos quatro grupos e dois subgrupos, será feita uma análise estatística para obter informações sobre o padrão de aprendizagem a partir de variáveis como: CR (coeficiente de rendimento), nota da disciplina (semestre corrente) e grau de dificuldade das questões.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este Capítulo descreve a construção do modelo de acordo com os passos da metodologia proposta neste trabalho, a fim de exemplificar a aplicabilidade do processo de construção. Após a construção do modelo, são apresentados os resultados da avaliação do simulador em relação à qualidade e a aprendizagem dos alunos.

4.1 MODELO DE SIMULAÇÃO

O modelo construído neste trabalho apresenta-se de acordo com as etapas e passos sugeridos na metodologia específica para construção de modelos de simulação didáticos proposta no Capítulo 3. Desta forma, todas as decisões e atividades realizadas durante todo o processo de construção do modelo são descritas dentro do contexto da metodologia proposta neste trabalho.

4.1.1 Formulação e Análise do Conteúdo

O modelo de simulação, cujo objetivo era a representação dos conceitos envolvidos no estudo das camadas do Modelo OSI foi formulado e analisado considerando os seguintes pontos: o modelo proposto será construído pelo próprio professor da disciplina; o conteúdo a ser modelado apresenta conceitos abstratos, que até o presente momento não foi representado por nenhum software didático; não existe prática para tal conteúdo; a natureza do conteúdo foi definida como contínua, porém pode ser discretizada.

Nesta primeira fase, foi detectada a possibilidade da representação deste conteúdo utilizando a SED. Além disso, também ficou demonstrado que o próprio professor da disciplina poderá construir seu modelo didático. Desta forma, o processo de construção do modelo passa para a próxima etapa.

4.1.2 Análise de Viabilidade e Definição dos Objetivos

O professor que programou o modelo tem o objetivo de utilizá-lo em suas aulas de Comunicação de Dados, Redes de Computadores e Telemática que são ministradas nos cursos de Eletrônica, Informática e Telecomunicações do IFF. Portanto, foi levantada a disponibilidade de recursos desta instituição, de modo a viabilizar a reprodução do modelo para os alunos. Além disto, também foi verificada a quantidade de computadores para acesso individual dos alunos ao recurso de interatividade proposto para o modelo.

Na definição dos objetivos do modelo foi considerado que é possível representar com a animação, pois é através deste recurso que o aluno poderá visualizar e compreender os conceitos representados na simulação. Além disto, esta escolha baseou-se na necessidade observada pelo professor com relação à dificuldade de seus alunos com o conteúdo. Com isso, foi escolhido representar as principais funções executadas pelas sete camadas do modelo OSI, assim como a mudança que a informação vai adquirindo ao passar por essas sete camadas.

Seguindo as recomendações e considerações anteriores, o modelo

construído poderá proporcionar ao aluno a visualização das funções das sete camadas deste modelo associadas a alguns protocolos que atuam em cada uma delas.

4.1.3 Modelo Conceitual

Para representar os conceitos definidos neste modelo e facilitar a etapa de modelagem computacional foi proposta a construção de um modelo conceitual. O modelo usado neste trabalho utiliza a linguagem Integrated. Definition Methods – Simulation (IDEF- SIM), proposta por Montevechi et al. (2010). Foram utilizados dois modelos, onde o primeiro representa a parte geradora de sinal ou bits e a segunda representa as etapas e funções do Modelo OSI

O primeiro modelo, ou seja, a parte responsável por receber os bits gerados no Excel e enviá-los ao sistema pode ser visto na Figura 13.

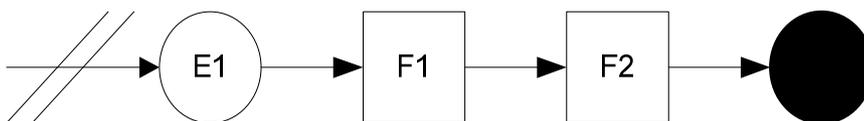


Figura 13- Modelo conceitual do processo de geração de bits para alimentação do modelo

O modelo conceitual do processo de geração de bits é a parte inicial que alimenta o modelo didático. Nele são gerados os bits que chegam ao sistema como informação de entrada. Esta parte do modelo também é responsável por receber os bits do Excel, onde o professor e/ou alunos poderão digitar a quantidade de bits de entrada do modelo.

A descrição dos itens presentes nesta parte inicial do modelo conceitual pode ser vista no Quadro 3.

Quadro 3- Descrição dos itens presentes no modelo conceitual do processo de geração de bits

Item	Descrição	Parâmetros
 , E1	Gerador de Sinal Bits de entrada	Constante; 1 por vez; Max.1
F1	Criação de variável	Nome: variável b
F2	Recebe variável do Excel	Recebe variável b
	Finalizador de geração de bits	Finaliza a geração de bits

Observando o Quadro 3 verifica-se a presença de uma entidade chamada "Bits de entrada". Para receber os bits gerados no Excel foram realizadas as funções F1 e F2, onde o F1 cria a variável "b" que representa os bits do Excel e o F2 recebe esta variável para inseri-la no sistema. Por fim, este processo de geração de bits é encerrado pelo finalizador de geração de bits.

Uma vez finalizado o modelo conceitual do processo de geração dos bits, encaminha-se para o modelo conceitual do sistema. Esta segunda parte do modelo conceitual que define conceitos e funções de cada camada do Modelo OSI pode ser visto na Figura 14.

As descrições das entidades, funções e processos presentes nesta figura podem ser visualizadas no Apêndice A.

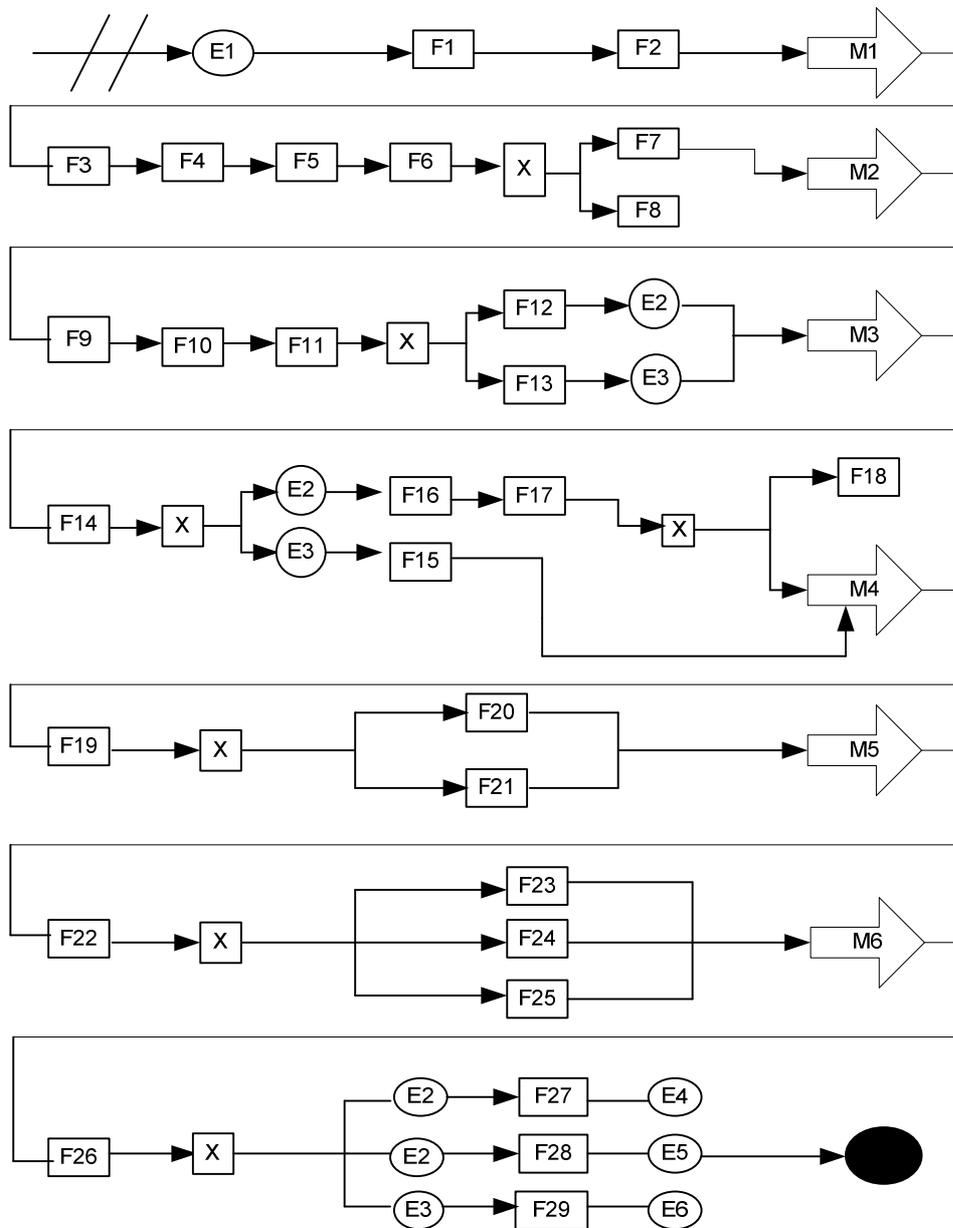


Figura 14- Modelo conceitual do processo de interação entre as camadas do modelo OSI

A Figura 14 mostra que na entrada do sistema está a entidade informação (E1) que na camada 1 será amplificada pelo processo (F1), e terá seu formato binário definido pelo processo (F2).

Os bits da camada 1 transportados pelo (M1) até a camada 2 que irá formar quadros a partir do processo (F3), inserir neste quadro os endereços MAC de origem e destino usando o processo (F4) e adicionando técnicas de controle de erro no processo (F5). Com o quadro da camada 2 completo, o processo de inspeção de erro será executado pelo (F6), conforme o resultado desta inspeção, o quadro será

descartado (F8) e quadros corretos seguirão sua trajetória, obedecendo a fila (F7) para o acesso ao meio até a próxima camada.

Os quadros da camada 2 serão transportados pelo (M2) até a camada 3 onde passarão pelo processo de empacotamento (F9), definição de endereço IP (F10) e roteamento (F11) baseado no tipo de serviço. Após a definição do serviço, este pacote será encaminhado para o serviço orientado à conexão (F12), a saída do pacote para circuito virtual (E2) e para o serviço não orientado a conexão (F13), a saída do datagrama (E3).

A camada 4 irá receber do M3 as entidades E2 e E3 que passarão pelo decisor de transporte de protocolo de datagrama do usuário - *User Datagram Protocol* (UDP) ou protocolo de controle da transmissão - *Transmission Control Protocol* (TCP) (F14), encaminhando os datagramas (E3) para o transporte UDP (F15) e os pacotes (E2) passarão pelos processos do protocolo TCP como o controle de fluxo (F16), controle de sequência e erro (F17) e descartará pacotes com erro através do (F18).

A camada 5 que recebe os dados pelo M4 e através do controle de sessão F19, decidirá se a comunicação entre dois dispositivos será *Half* (F20) ou *Full Duplex* (F21), de acordo com o fluxo da rede (preferência *Full Duplex*).

A camada 6 recebe os dados da camada 5 por meio do M5 e irá traduzir o conjunto de dados para seu formato original (F22) utilizando-se do código de compressão de imagens paradas - *Joint Photographic Experts Group* (JPEG) (F25), do código de compressão de imagens em movimento - *Moving Picture Experts Group* (MPEG) (F24) ou através do Código Padrão Americano para o Intercâmbio de Informação - *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII) (F23) para o caso de representação de textos.

A camada 7 pegará a informação do (M6) representada pela camada 6 e a entregará ao destino através do servidor adequado utilizando um identificador de serviço do usuário (F26) que poderá ser o servidor de protocolo de transferência de *Hipertexto* - *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) (F27) para comunicação com a web, servidor de protocolo de transferência de arquivo - *File Transfer Protocol* (FTP) (F28) ou um servidor de domínio de nomes - *Domain Name System* (DNS) (F29).

4.1.4 Construção do Modelo Computacional com Animação

Esta seção apresenta a tradução do modelo para a forma computacional a partir da lógica desenvolvida no modelo conceitual. O software de simulação discreta utilizado nesta transição foi o Arena 14.

A versão do software Arena usada na construção do modelo computacional foi a versão disponibilizada para estudantes. A escolha desta versão se justifica por ser gratuita, isentando de custo o professor e a instituição de ensino. Esta característica viabiliza a construção de modelos de simulação didáticos. Isto porque o professor poderá construir o número de modelos que precisar sem necessitar de solicitação de recursos financeiros da instituição em que leciona.

O computador utilizado no desenvolvimento do modelo computacional foi um notebook com as seguintes características: Windows 7, processador Intel Core i5, 2,4Ghz, display de LED com 14 polegadas e resolução de 1366 x 768 pixels, memória RAM de 4096 MB DDR3 e HD 500 GB. Não foi preciso utilizar nenhum recurso adicional no desenvolvimento do modelo.

O Quadro 4 descreve as características principais do modelo computacional apresentado neste trabalho.

Quadro 4- Características do modelo de simulação

Características	Simulador à eventos discretos utilizado
Software de simulação	ARENA 14
Desenvolvedor	Professor da disciplina
Tipo de licença	Gratuita (versão para estudante)
Interatividade	Permite
Alteração	Permite
Grau de dificuldade de programação	Baixo
Tempo de desenvolvimento	16 horas
Carga horária de treinamento	20 horas

É possível notar, a partir do Quadro 4, que o modelo de simulação foi desenvolvido pelo próprio professor da disciplina, utilizando a versão do Arena

disponibilizada para estudante. Esta versão é mais simples, permitindo a simulação de sistemas menos complexos que a versão paga. Apesar disto, a versão gratuita proporcionou a criação de um modelo que representasse conceitos do sistema proposto pelo autor. Além disto, permite a alteração do modelo a qualquer tempo. O grau de dificuldade para o desenvolvimento do modelo foi considerado baixo, pois o docente que realizou a programação teve um treinamento de 20 horas e, mesmo assim, foi capaz de desenvolver um modelo didático e interativo com 16 horas de programação.

O *software* Arena, na versão para estudante, disponibiliza os seguintes *templates*: *Basic Process*, *Advanced Process* e *Advanced Transfer*. Para a construção do modelo foram utilizados módulos de todos os *templates*. Do *template Basic Process* os módulos usados foram: *Create*, *Dispose*, *Process*, *Decide*, *Batch* e *Assign*. Em relação ao *template Advanced Process*, o único módulo usado foi o *Readwrite*. Já em relação ao *template Advanced Transfer*, os módulos utilizados na construção do modelo didático de simulação foram o *Route* e a *Station*.

A parte inicial do modelo, responsável por gerar os bits que irão percorrer as camadas do Modelo OSI, pode ser vista na Figura 15.

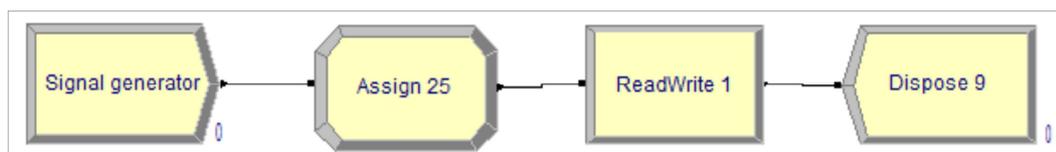


Figura 15- Modelagem computacional da parte geradora de bits para o modelo

A Figura 15 mostra o modelo computacional da parte inicial do modelo de simulação a eventos discretos, ou seja, a parte geradora de bits. Para a construção desta parte, foram os usados os módulos que são descritos a seguir:

- ⤴ *Create* - usado na geração das entidades que representarão o sinal de informação ou bits.
- ⤴ *Assign* - usado na criação da variável “b” que representa os bits digitados na célula do Excel, dando suporte a parte interativa do modelo.
- ⤴ *Readwrite* - usado para buscar a variável “b” na célula do Excel, dando

suporte a parte interativa do modelo.

- ✦ *Dispose* - usado para encerrar o processo de geração de bits.

A simulação da segunda parte do modelo, onde são modelados os conceitos e funções de cada camada do Modelo OSI, foi dividida em duas figuras apresentadas no Apêndice B e C. Os módulos utilizados nesta segunda parte, assim como as funções executadas são descritas a seguir:

- ✦ *Create* - usado como entrada de informação, recebe os bits do gerador de sinal.
- ✦ *Assign* - usado na criação das entidades: sinal de entrada; bits; quadros; pacotes; datagramas; dados transmitidos em *Full* e *Half Duplex*; códigos representando textos, vídeos e fotos; serviços do HTTP, FTP e DNS.
- ✦ *Station* - usado na interligação entre as camadas e dá suporte a parte de animação do modelo.
- ✦ *Router* - usado para enviar as informações das *stations* de cada camada para a próxima, dando suporte a parte de animação do modelo.
- ✦ *Process* - usado para executar funções como: amplificar o sinal; definir bits "0" e "1"; formar e delimitar quadros; definir MAC; inserir controle de erros; empacotamento; definir do IP; controlar fluxo; controlar sequência e erros; gerenciar sessão; representar textos, fotos e vídeos; entregar serviços através do HTTP, FTP e DNS.
- ✦ *Decide* - usado para decidir se libera os quadros ou pede retransmissão; entre o serviço orientado e não orientado a conexão; entre o protocolo UDP e TCP; entre liberar os pacotes ou pedir retransmissão; entre a forma de transmissão *Full* ou *Half Duplex*; entre os códigos ASCII; JPEG e MPEG; entre o servidor HTTP, FTP e DNS.
- ✦ *Dispose* - usado no descarte de quadros e pacotes com erro e na finalização com a entrega dos dados ao usuário.

4.1.4.1 Construção da parte Interativa do modelo

A parte interativa do modelo foi construída para que o aluno pudesse interagir com o modelo. Desta forma, não basta o aluno apenas inserir os dados, mas também ser capaz de observar a mudança que estes novos dados provocam no modelo. Com base nisto, a parte interativa foi construída pensando na importação de dados do Excel e na demonstração do tempo de propagação da informação no modelo.

Com relação à importação dos dados do Excel, foi utilizado o módulo do *Readwrite* do *Template Advanced Process*. Este módulo, juntamente com o módulo *Assign* permite extrair dados de uma célula do Excel e inseri-la no modelo.

A Figura 16 mostra a tela do Excel onde os alunos puderam inserir os números referentes aos bits que iriam percorrer o modelo.

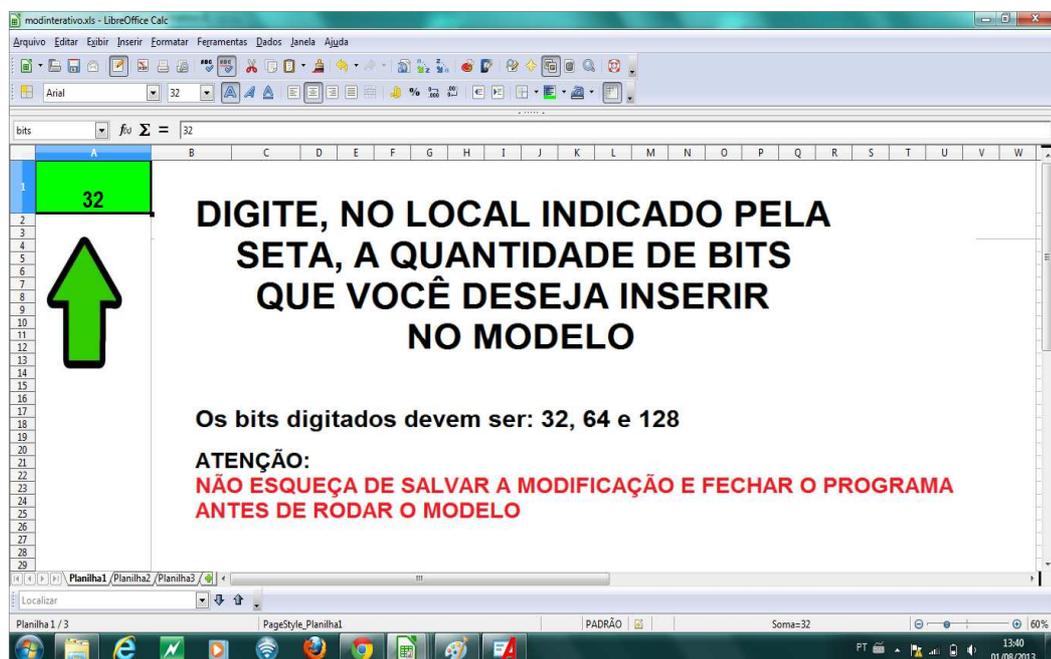


Figura 16- Tela do Excel para inserção de dados

No que se refere à visualização do efeito que a alteração dos bits provoca no modelo foi utilizado o *Assign* para criar a variável inicial e final, detectando a entrada e a saída dos bits no sistema. Já para visualizar o tempo do percurso dos bits, foi utilizado o botão "variável" da barra de ferramentas de animação.

A Figura 17 apresenta a tela do Arena com um painel de tempo e outro de quantidades de bits, antes da rodada do modelo.

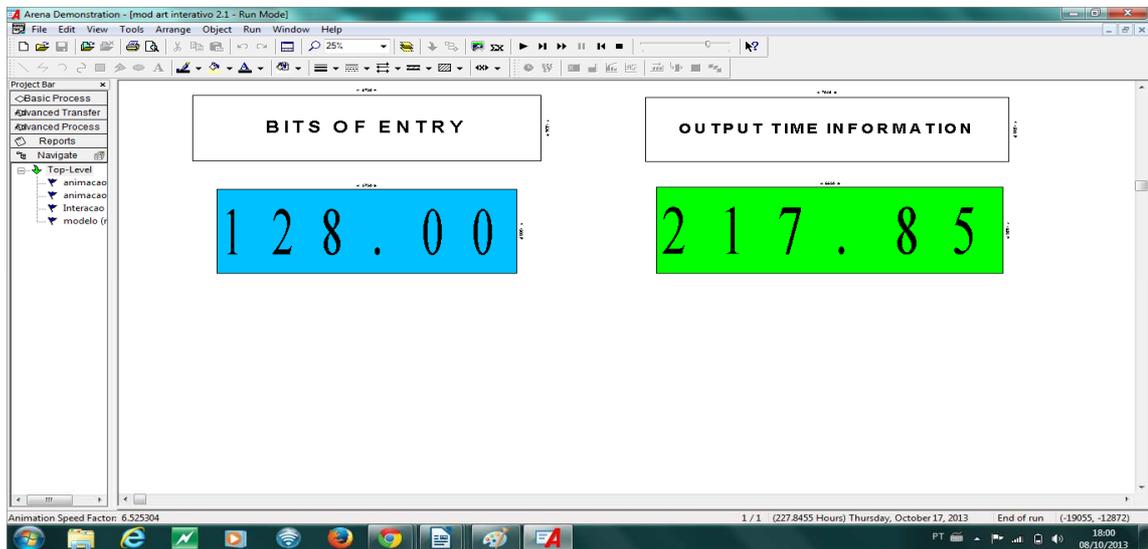


Figura 17- Tela do Arena para visualização do tempo de saída de acordo com bits de entrada

O objetivo da tela mostrada na Figura 17 foi mostrar para os alunos a quantidades de bits que eles escolheram e o tempo que esta quantidade de bits leva para sair do modelo, considerando todas as camadas que estes bits iriam percorrer.

4.1.4.2 Construção da animação do Modelo

Com o modelo de simulação pronto é necessário criar sua animação. É através dela que os alunos poderão visualizar os conceitos e funções simulados no modelo de SED. Para viabilizar a animação foram utilizados os módulos *Station* e *Router* que permitem a visualização do trajeto das informações entre as camadas e através delas. Além disto, o uso do módulo *Assign* também é importante no processo de animação, pois é ele que dá nomes às diferentes entidades presentes no modelo, além de permitir a mudança nas figuras.

As entidades definidas no módulo *Assign* foram diferenciadas por figuras criadas no *Entity Pictures* encontrado no menu *Edit* presente na barra de menu. As figuras presentes na biblioteca do *Entity Pictures* foram substituídas por outras

criadas para o modelo.

A Figura 18 apresenta a janela do *Entity Pictures* com algumas imagens inseridas no lugar das figuras presentes na biblioteca.

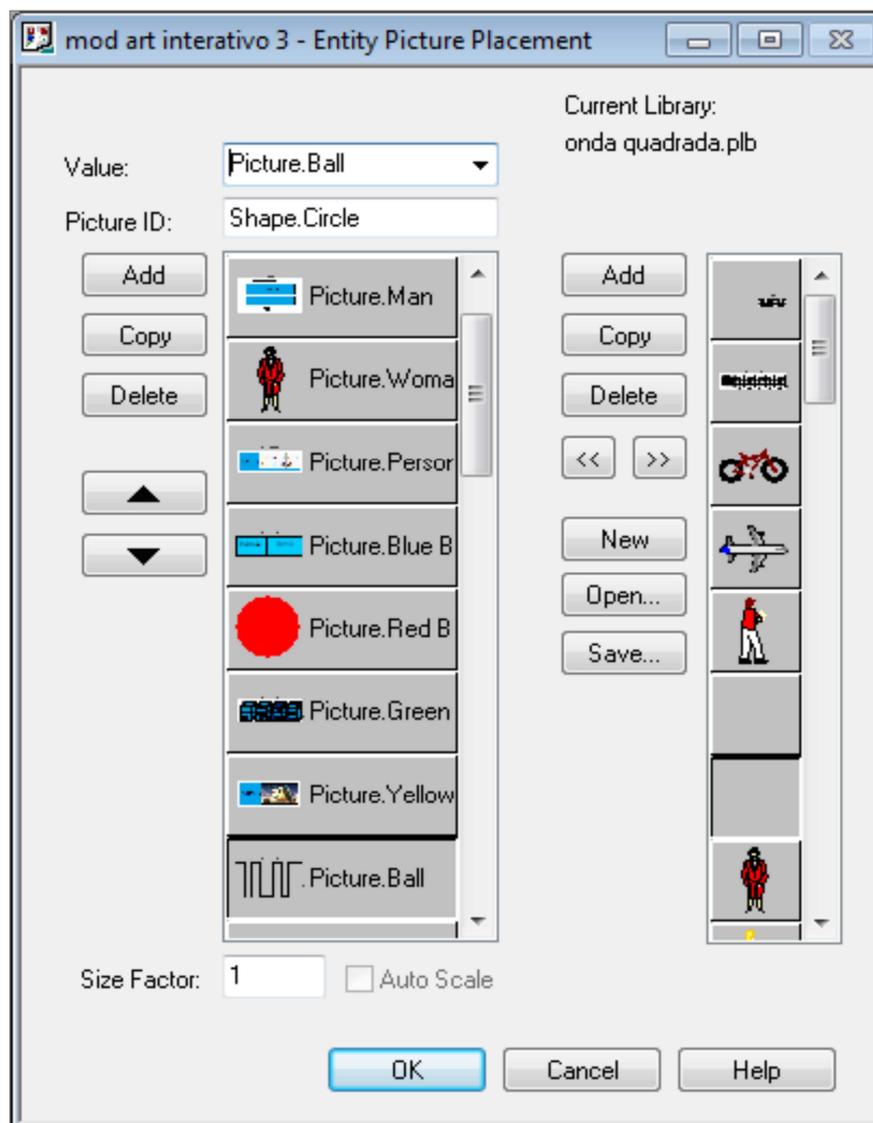


Figura 18- Janela do *Entity Pictures* com imagens inseridas na biblioteca

Antes de organizar as *Stations* na área de trabalho do Arena, foram inseridas imagens de fundo. Essas imagens representam as camadas do Modelo OSI, equipamentos presentes em cada camada e serviços de alguns protocolos. Elas têm a função de auxiliar a animação, sendo uma referência fixa para as entidades que se movimentam através das *Stations*.

As imagens inseridas na tela do Arena, antes de adicionar as *Station*, podem ser vistas na Figura 19.

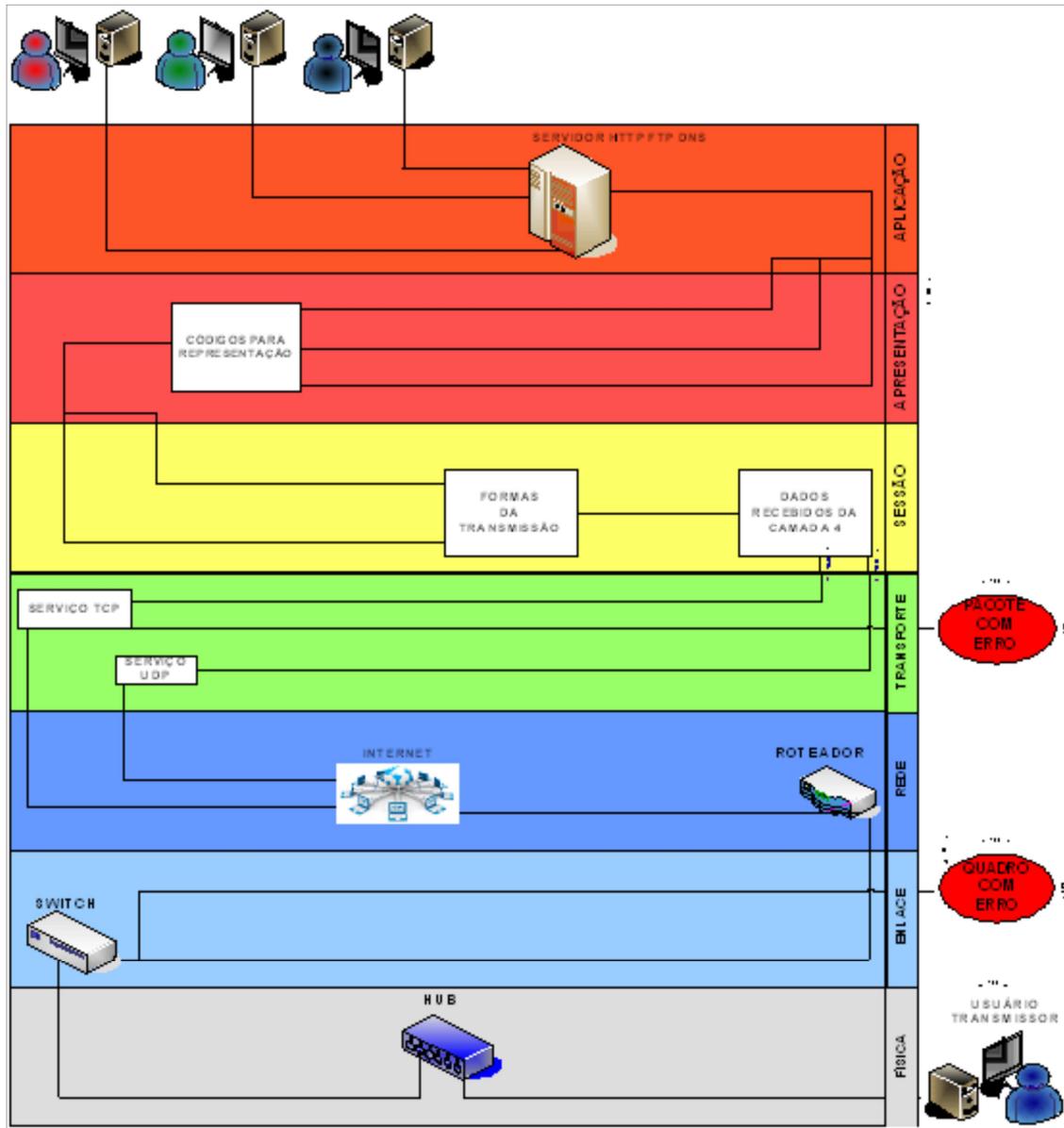


Figura 19- Imagens de fundo inseridas no Arena para auxiliar a animação

A Figura 19 apresenta as sete camadas do Modelo OSI: Física, Enlace, Rede, Transporte, Sessão, Apresentação e Aplicação. Na entrada da Camada Física pode ser visto o usuário Transmissor. Ainda na Camada Física, observa-se a figura de um *Hub*, representando um equipamento que trabalha neste nível. Na Camada de Enlace, o equipamento representado foi o *Switch*, além de um ponto de descarte

para quadros com erros. Na Camada de Rede estão representados o roteador e a Internet. A Camada de Transporte é representada juntamente com os protocolos TCP e UDP, além de um ponto de descarte para pacotes com erro. A Camada de Sessão possui uma figura de um quadro que recebe os dados da camada inferior e outro que representa as formas de transmissão. A Camada de Apresentação apresenta um quadro com códigos de representação. Já a Camada de Aplicação possui a figura de um servidor para os serviços dos protocolos HTTP, FTP e DNS.

A animação do modelo foi dividida em duas partes a fim de proporcionar melhor visualização. A parte "a" refere-se à simulação das quatro primeiras camadas do Modelo OSI. Já a parte "b", representa a simulação das três últimas camadas deste modelo.

As Figuras 20 e 21 apresentam a parte "a" e "b" da animação, respectivamente.

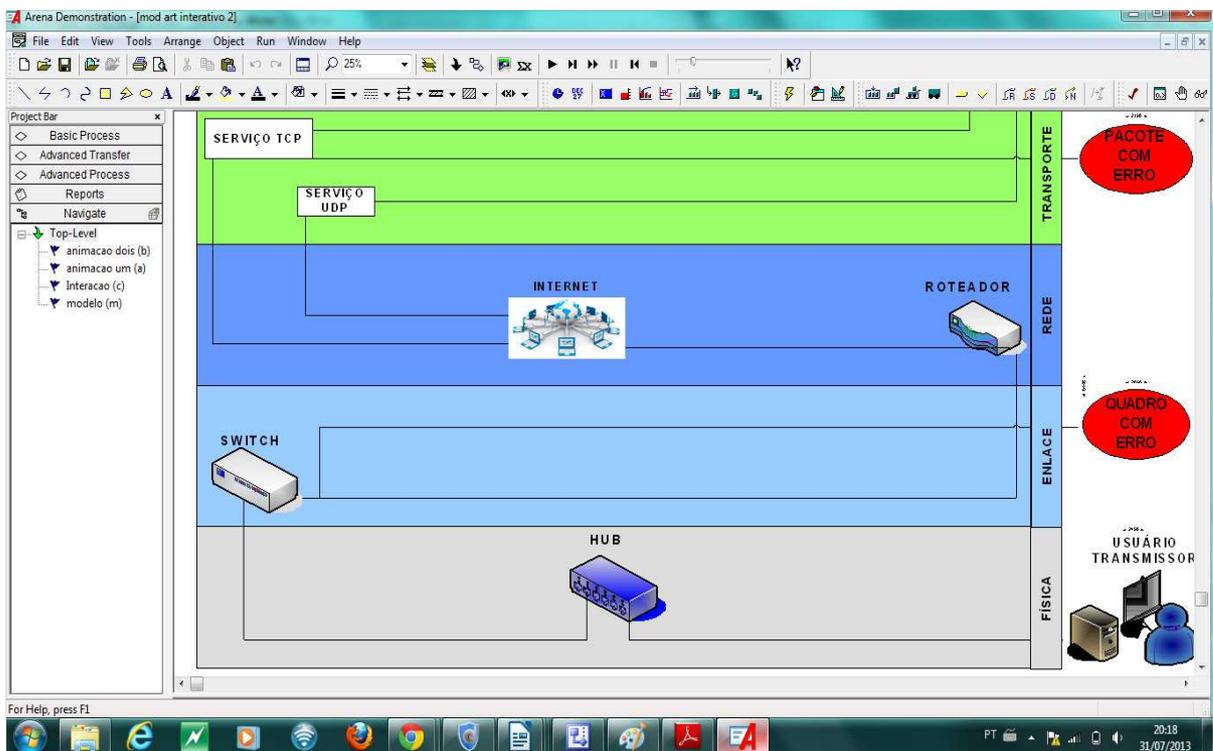


Figura 20- Animação parte "a", representando as quatro primeiras camadas

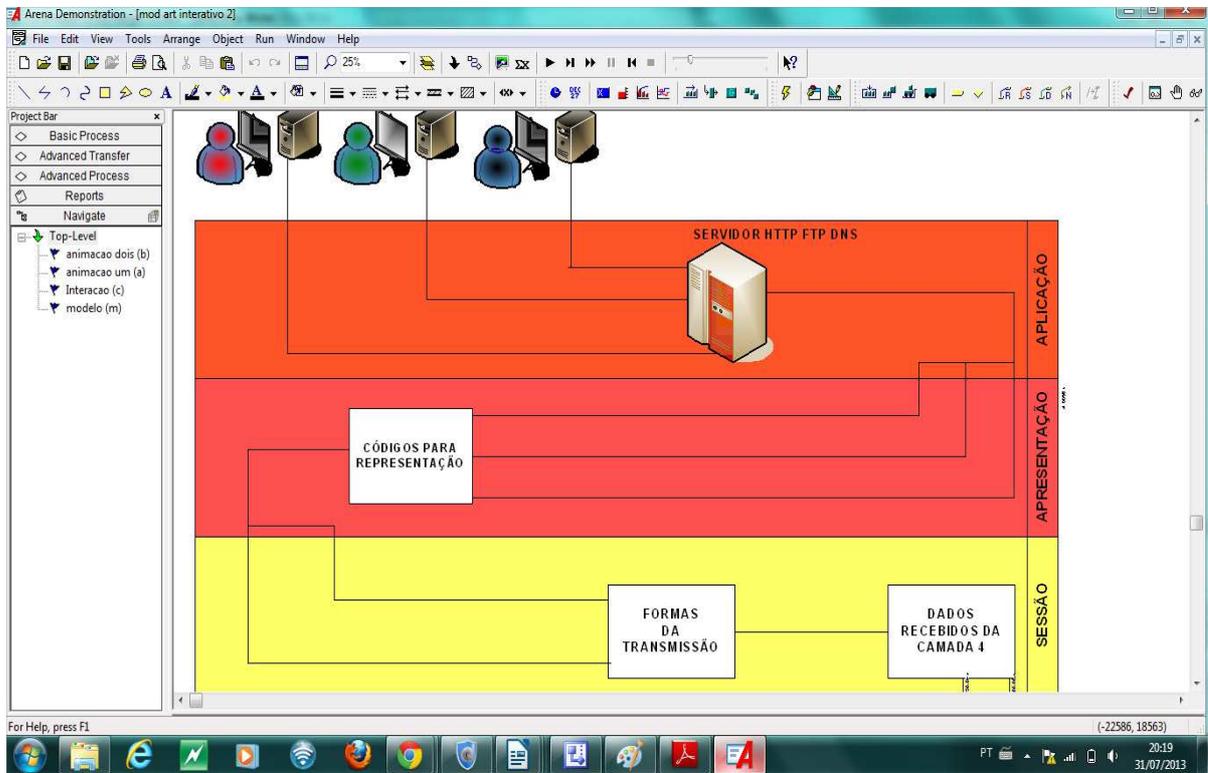


Figura 21- Animação parte "b", representando as três últimas camadas

A execução da animação foi dividida em dois instantes para cada parte do modelo, ou seja, dois instantes para parte "a" e dois instantes para parte "b". Essa divisão tem o objetivo de mostrar mais detalhes da animação.

As Figuras 22 e 23 mostram os instantes 1 e 2 da parte "a", respectivamente.

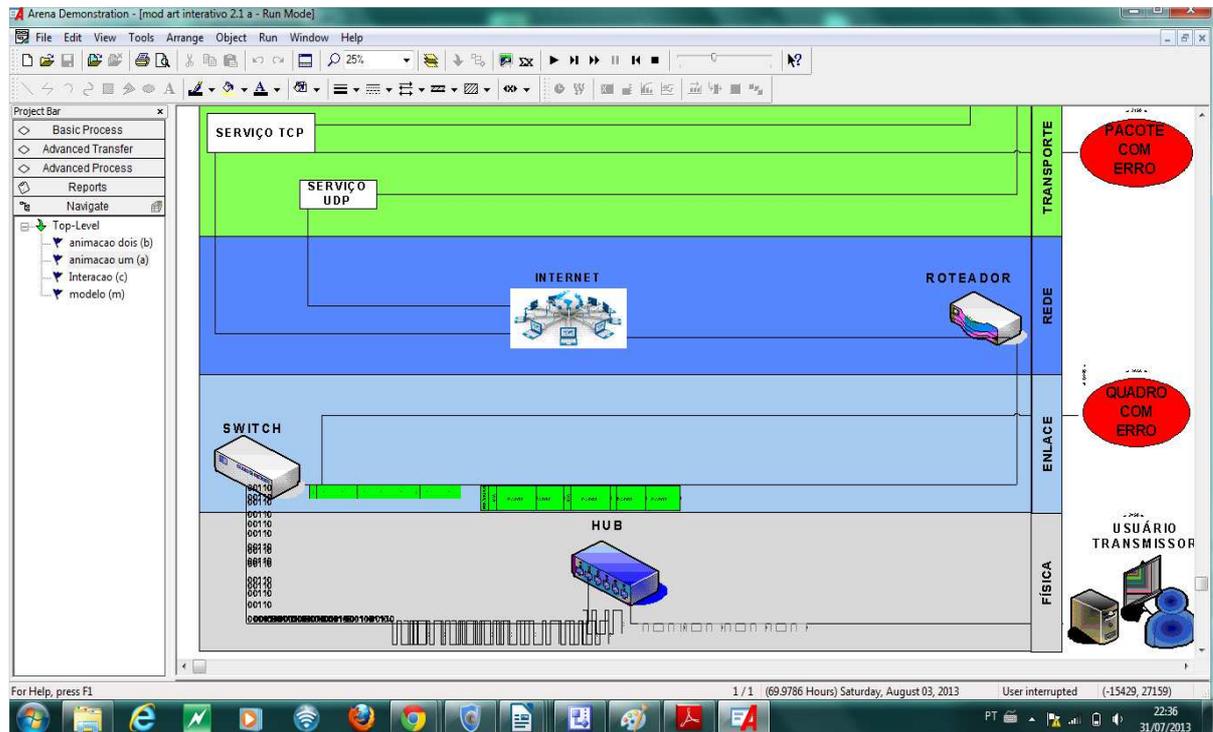


Figura 22- Instante 1 da animação da parte "a" do modelo de simulação

A Figura 22 apresenta o instante da animação que representa a chegada da informação na Camada 1 do modelo. Também pode ser observada a mudança de estado da informação de entrada ao passar pelo *Hub*, sendo amplificada e representada por bits "0"s e bits "1"s. Por fim, também é representado a formação dos quadros na Camada 2.

Na Figura 23 é possível notar um quadro com erro sendo encaminhado para o ponto de descarte. Já na Camada 3, verifica-se a presença de pacotes formados pelo roteador e encaminhados pela internet. Na internet são oferecidos dois tipos de serviços para encaminhar os dados ao destino: o serviço não orientado a conexão (representado pelo envelope) e o serviço orientado a conexão (representado pelo pacote).

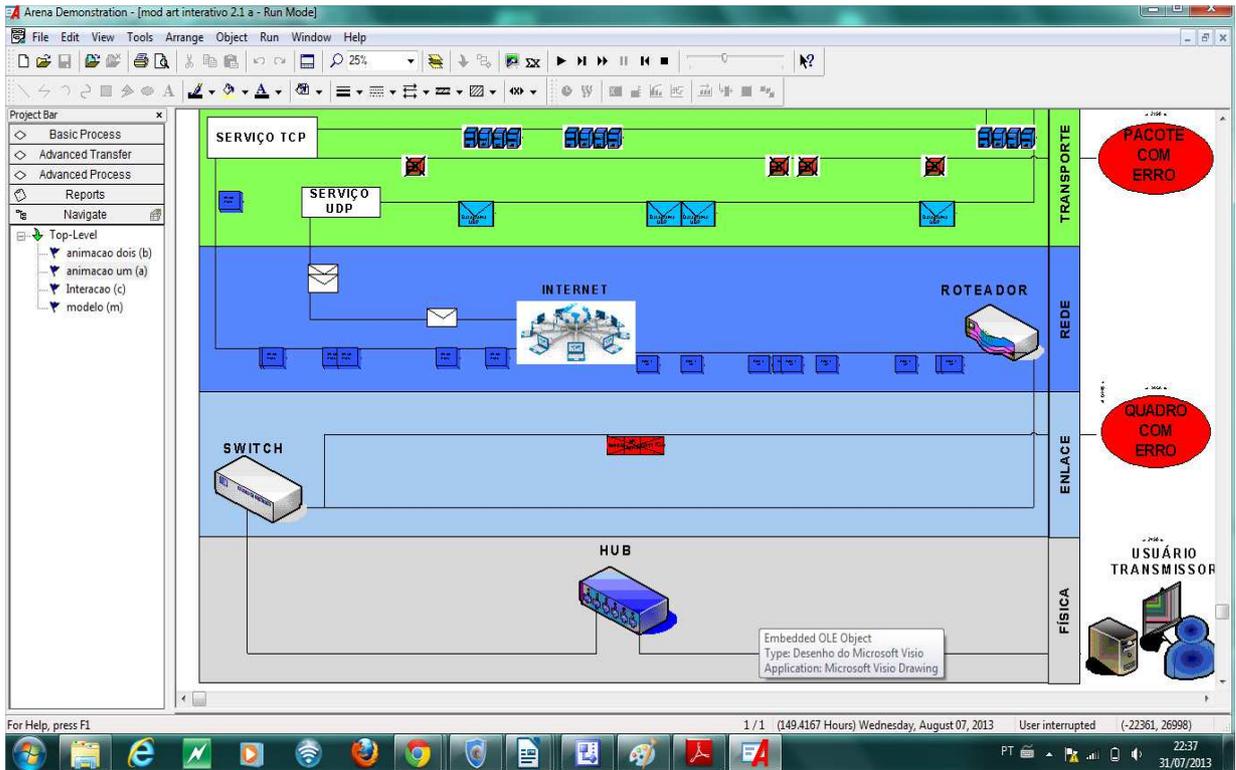


Figura 23- Instante 2 da animação da parte "a" do modelo de simulação

Da mesma forma, a parte "b" também teve sua animação demonstrada em dois instantes, como mostram as Figuras 24 e 25, respectivamente.

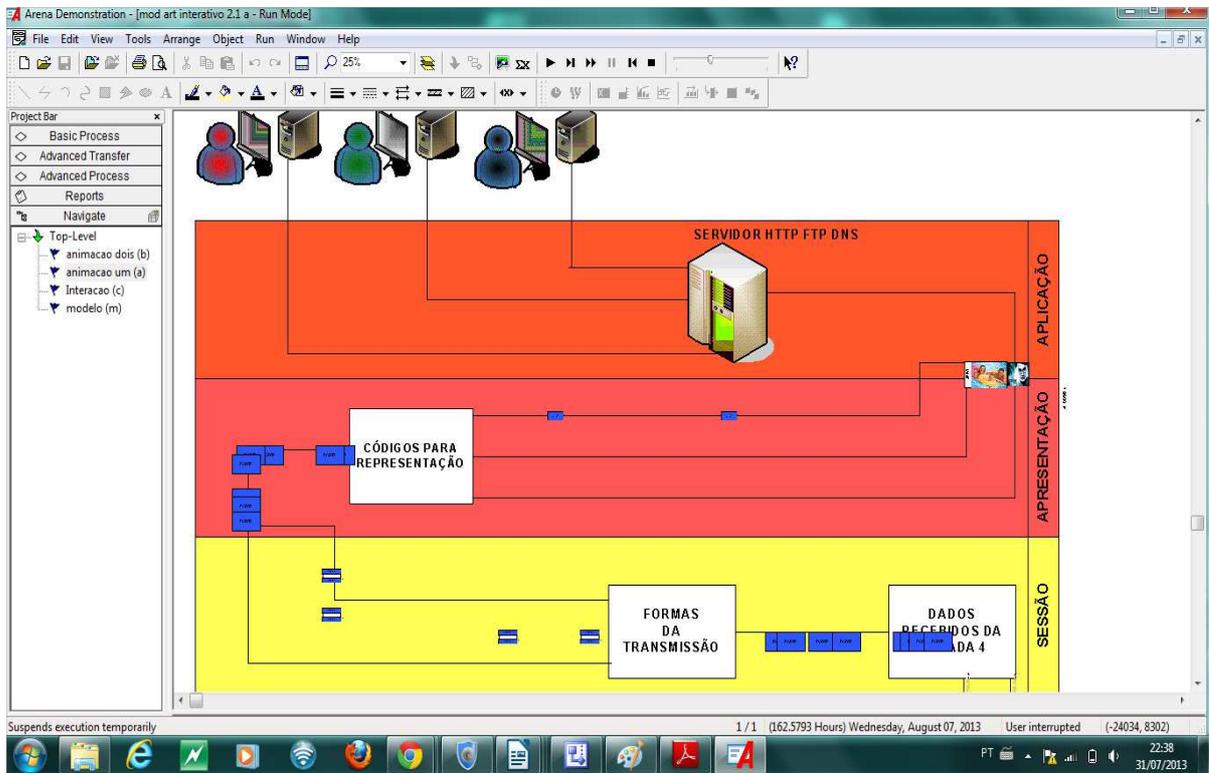


Figura 24- Instante 1 da animação da parte "b" do modelo de simulação

A Figura 24 mostra o instante da animação em que a Camada 5 recebe os dados da Camada 4, define a forma de transmissão (*Half* ou *Full Duplex*) e envia para a Camada 6.

Na Figura 25 são apresentadas as representações de texto, imagem e vídeo na Camada 6. Já na Camada 7, essas representações são recebidas e encaminhadas ao servidor que entregará a informação ao usuário final. Esta entrega será feita pelo protocolo HTTP, FTP ou DNS.

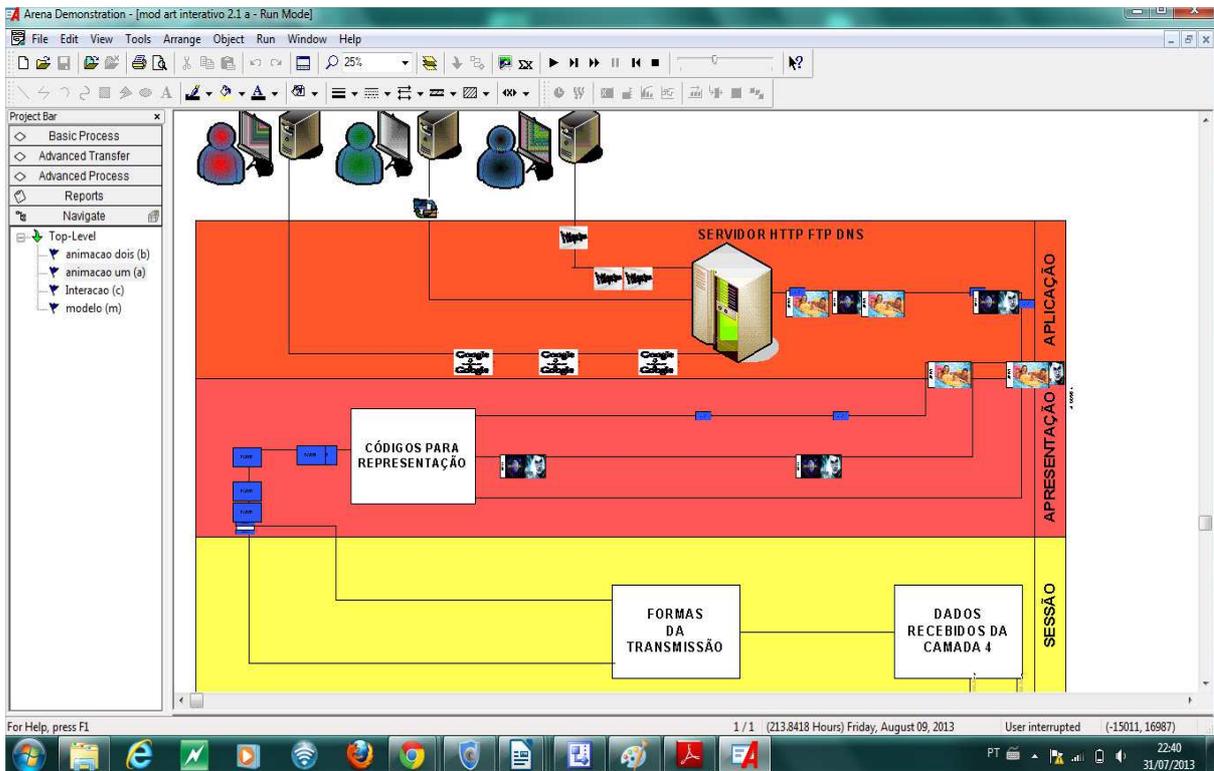


Figura 25- Instante 2 da animação da parte "b" do modelo de simulação

Com a animação construída se faz necessário verificar se o modelo já se encontra no estado adequado para ser implementado em sala de aula. Esta etapa de teste será apresentada na próxima sessão.

4.1.5 Testes com o Modelo

A etapa de testes iniciou-se com um questionário que teve o objetivo de verificar se o modelo de simulação representa, de forma coerente, os conceitos propostos em seu objetivo. Ele também foi utilizado para avaliar a qualidade das imagens do modelo, a forma de interação com o aluno e a mídia mais adequada para sua exposição em sala de aula.

Neste contexto, o questionário foi composto, inicialmente, pela exposição dos objetivos do modelo de simulação. Em seguida, foram feitas afirmações baseadas nas propostas do modelo e uma questão sobre a mídia mais adequada para visualização da animação em sala de aula.

A aplicação dos questionários foi feita para três professores das áreas contempladas pelo conteúdo abordado no modelo e, também para cinco alunos que já haviam estudado este conteúdo nos cursos Técnico de Telecomunicações e Eletrônica na modalidade Proeja.

A exposição dos objetivos foi feita para que os alunos e professores, que responderam o questionário, pudessem conhecer os itens que o modelo pretendia abordar. Com relação às afirmações a respeito da proposta do modelo, estas foram criadas a fim de verificar a opinião dos respondentes. Desta forma, cada afirmativa foi julgada, considerando as opções de acordo com a escala de Likert.

Sobre a questão da avaliação da mídia mais adequada para exibição do modelo, esta teve o objetivo de considerar a opinião de quem está sentado em sala de aula e visualizando a animação. As mídias utilizadas para este teste visual foram: computador com tela de Led de 17 polegadas, notebook com tela de Led de 14 polegadas, televisor com tela de LCD de 42 polegadas e projetor multimídia. Estas mídias foram ordenadas pelos respondentes de acordo com a melhor visualização do modelo em sala de aula.

O questionário de avaliação da qualidade do modelo, que também solicita a opinião do aluno e professor sobre o modelo, pode ser visto no Apêndice D.

A Figura 26 mostra os resultados sobre a capacidade do modelo em representar o conteúdo proposto (itens 1-a, 1-b, 1-c e 1-d), a respeito da qualidade da animação (itens 2-a e 2-b) e, sobre a interação com o simulador (itens 3-a e 3-b).

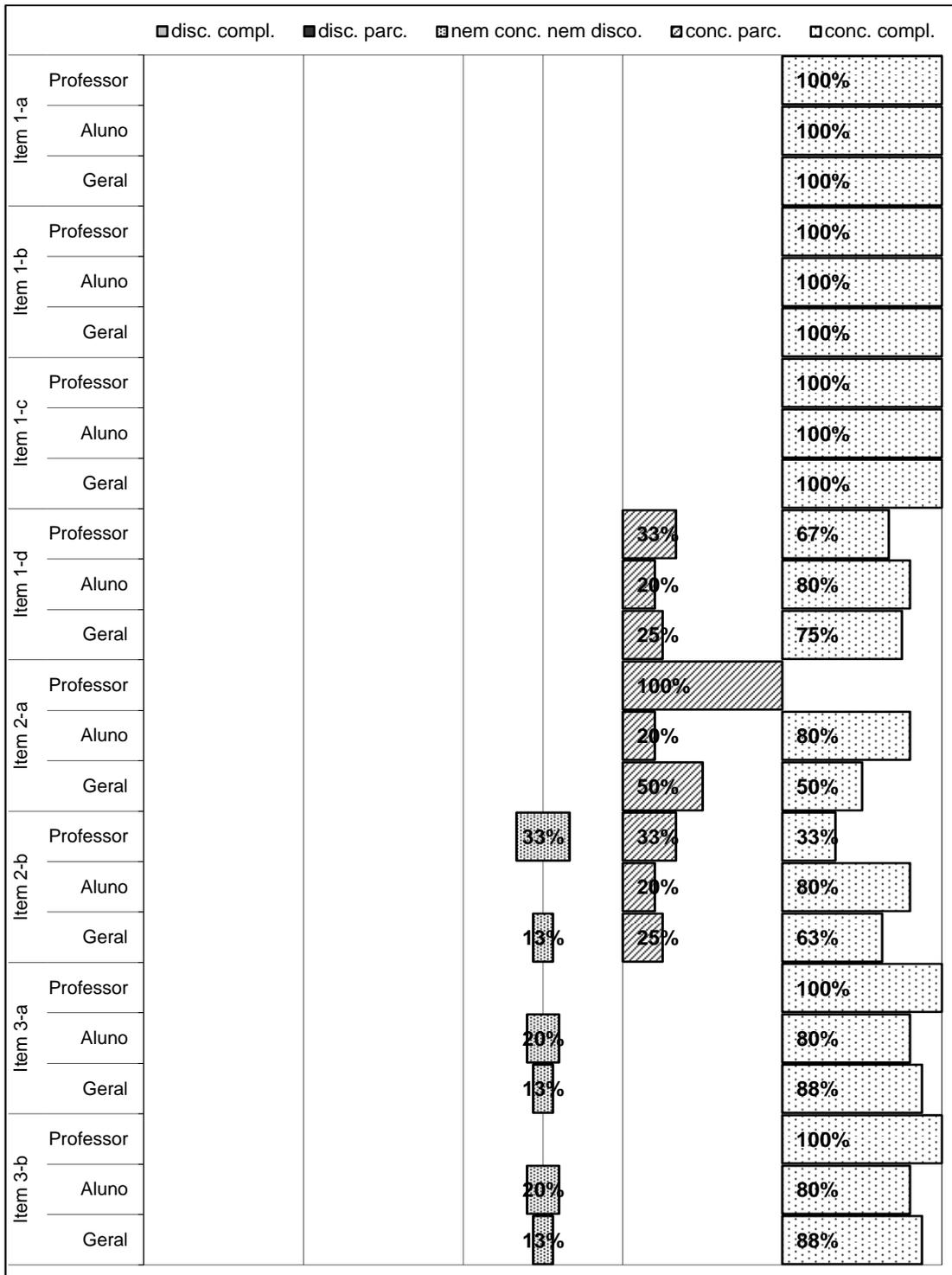


Figura 26- Avaliação da qualidade do modelo na etapa de teste

Pela Figura 26, nota-se que os itens que tiveram mais de 60% de concordância completa, tanto por parte dos professores quanto por parte dos alunos foram os itens 1-a até 1-d e os itens 3-a até 3-b. Esses itens, respectivamente,

avaliaram a capacidade do modelo em representar o conteúdo proposto e capacidade de interação do aluno com o simulador. Além disto, nos três primeiros itens (1-a, 1-b e 1-c), 100% dos professores e alunos concordaram completamente com essas afirmativas. No item 2-a e 2-b, onde se avaliou a qualidade das imagens da animação, 80% dos alunos concordaram completamente e 20% concordaram parcialmente nos dois itens. Já na opinião dos professores, 100% concordaram parcialmente sobre a qualidade das imagens no item (2-a). O item 2-b teve o mesmo percentual de votos dos professores (33,3%) concordando completamente, concordando parcialmente e não concordando e nem discordando sobre a percepção dos detalhes da imagem.

De forma geral, é possível concluir que todos os itens foram bem avaliados. Contudo, os itens que tiveram menor concordância completa foram os itens 2-a e 2.b. Desta forma, percebe-se a necessidade de ajustes nas imagens da animação antes de sua implementação.

Sobre a avaliação da mídia mais adequada para a qualidade das imagens, a Figura 27 mostra a opinião dos três professores, dos cinco alunos e o resultado total.

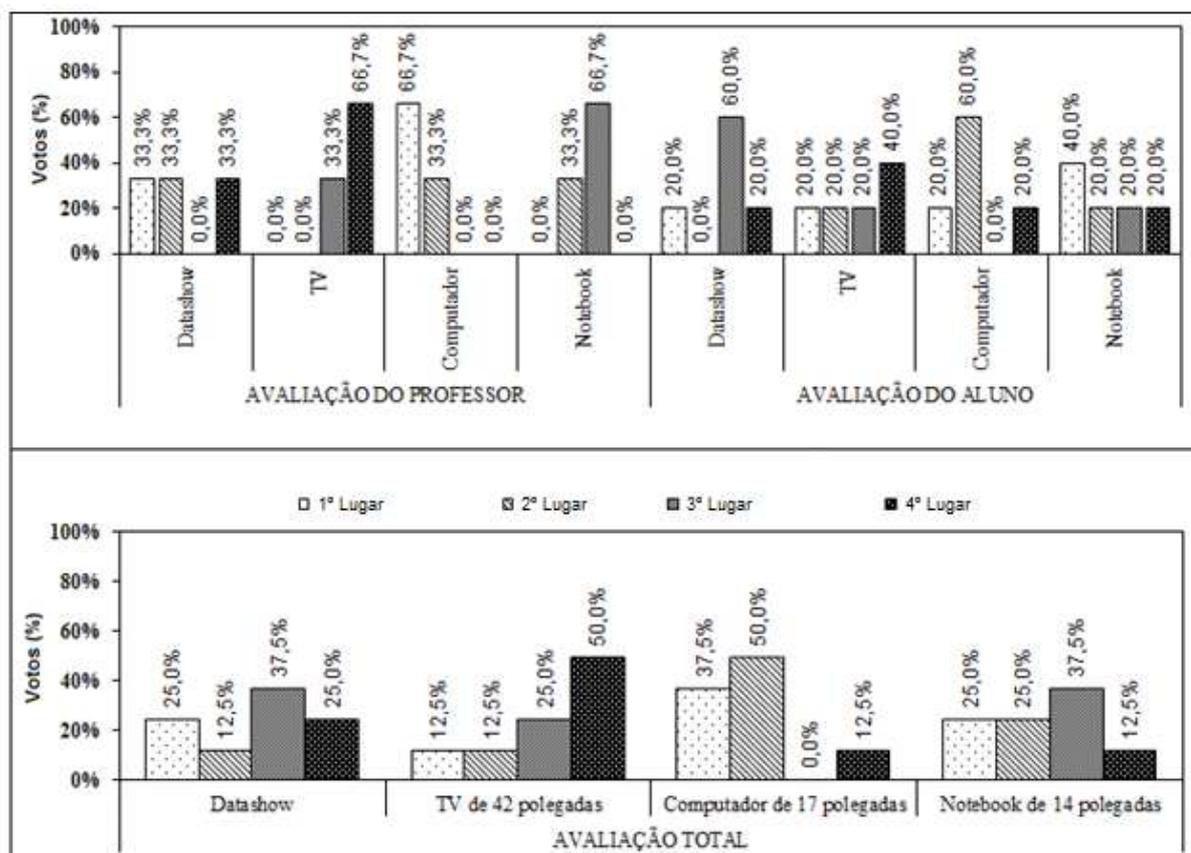


Figura 27- Avaliação da mídia mais adequada na opinião de professores, alunos e geral

Observando a Figura 27 é possível notar que, na opinião dos professores, em primeiro lugar como a mídia mais adequada para visualização do aluno ficou o computador com 66,7% dos votos. Com a mesma porcentagem o *notebook* ficou em segundo lugar e a TV em quarto lugar. Já o *datashow*, recebeu três votos diferentes, um para o primeiro lugar, outro para o segundo e o último para o quarto lugar. Não havendo, portanto conclusão sobre esta mídia na opinião dos professores.

Com relação à opinião dos alunos, a mídia mais adequada para reproduzir o modelo com nitidez foi *notebook*, ficando em primeiro lugar com 40%. O computador ficou em segundo lugar com 60% dos votos. O *datashow*, com 60% dos votos, foi indicado o terceiro colocado entre as mídias. Já a TV, com a mesma porcentagem do *notebook*, ficou em quarto e último lugar.

Por fim, na soma de votos dos alunos e professores, o computador ficou em primeiro lugar com 37,5% e também recebeu a maior porcentagem dos votos para segunda colocação, ficando com 50% dos votos. Em terceiro lugar, juntamente com

o *datashow*, ficou o notebook, com 37,5%. Em quarto e último lugar ficou a TV, sendo considerada inadequada com 50% dos votos.

Estes resultados mostram que a proximidade da mídia em relação aos alunos influenciou nos votos. Pois, o computador seguido do *notebook*, tiveram melhores avaliações, se comparado à mídia de exposição coletiva como *datashow* e TV.

Sobre a avaliação do conhecimento, após a aula teórica auxiliada pelo modelo, os resultados confirmaram a eficácia do uso da simulação na aprendizagem. Para esta avaliação foram utilizados os mesmos cinco alunos que responderam o teste qualitativo sobre o modelo. Esse grupo de alunos está matriculado nos Cursos Técnicos de Eletrônica e Telecomunicações do IFF Campos-Centro.

A avaliação de conhecimento iniciou-se com a aplicação de um teste antes de iniciar a aula. Este teve o objetivo de quantificar o conhecimento que os alunos já poderiam possuir sobre o conteúdo. Após a resolução deste teste, os alunos assistiram à mesma aula com exposição teórica do conteúdo auxiliada pelo modelo e em seguida interagiram com o software de simulação. Ao término da aula, os alunos foram avaliados novamente, respondendo ao mesmo teste que pode ser visto no Apêndice E.

Os resultados da avaliação 1 (antes da aula) e da avaliação 2 (após a aula), assim como a variação percentual do desempenho dos alunos em relação às duas avaliações são mostradas na Tabela 5.

Tabela 5- Comparação dos resultados dos cinco alunos nas avaliações antes e após a aula

Aluno	Nota da Avaliação 1 (0-100%)	Nota da Avaliação 2 (0-100%)	Variação percentual
1	33,3%	77,8%	134%
2	22,2%	77,8%	250%
3	33,3%	88,9%	167%
4	33,3%	100,0%	200%
5	55,6%	100,0%	80%
Média	35,54%	88,90%	150%

Na Tabela 5, é possível observar que a aula auxiliada pelo simulador didático contribuiu para aprendizagem dos cinco alunos. Isto porque, os alunos, que já

possuíam algum conhecimento adquirido em aulas teóricas anteriores, após terem aulas com o auxílio do simulador, tiveram uma variação percentual média de 150% em relação ao conhecimento adquirido anteriormente. A média destes alunos, após terem aulas com aula com o simulador, aumentou de 35,54 para 88,90%.

Antes de seguir para a próxima etapa foram realizados alguns ajustes, atendendo às necessidades observadas nos resultados da avaliação qualitativa. Desta forma, algumas figuras da animação foram ampliadas, assim como a fonte dos textos também foram aumentadas. Além disto, foram utilizadas cores mais claras nas caixas de texto e na imagem de fundo da animação.

4.1.6 Documentação e Implementação

Com o término da etapa de testes e ajustes no modelo, foi detectado que o mesmo encontrava-se pronto para ser implementado. Antes de sua efetiva implementação se faz necessário documentar todas as etapas e detalhes que envolveram sua construção. Para isto, formou-se um documento de construção do modelo. Este documento foi composto pelo modelo conceitual e o passo a passo da construção do modelo computacional. Desta forma, outros professores, que vierem a se interessar pelo simulador e/ou passarem a ministrar as disciplinas que envolvem o estudo das camadas do modelo OSI, poderão utilizá-lo e modificá-lo caso achem necessário.

A implementação do modelo trata-se de sua utilização em sala de aula para alunos que, de acordo com o conteúdo programático da disciplina, devem aprender o conteúdo. Neste contexto, o modelo de simulação foi inserido no cotidiano escolar de alunos dos cursos técnicos de nível médio das áreas de Eletrônica, Informática e Telecomunicações de duas instituições públicas da rede federal de ensino e uma instituição privada. Todas as instituições citadas estão localizadas no município de Campos dos Goytacazes, estado do Rio de Janeiro, Brasil.

4.2 ANÁLISE QUALITATIVA DO MODELO

A análise qualitativa iniciou-se com as respostas aos questionamentos levantados no item 3.5. Esta análise, que revelou as características do modelo, assim como seus pontos positivos e negativos apontados pelo professor, pode ser vista no Quadro 5.

Quadro 5- Levantamento para análise qualitativa do modelo

Questionamentos	Características do Modelo
Em que ambiente o modelo foi construído?	Ambiente de SED - Arena14
Quem programou o modelo?	O professor da disciplina- Autor
Qual o tipo de licença utilizada?	Versão para estudante que é livre de custos
O modelo permite Interatividade?	Sim. Através da interface do Excel
O modelo permite alteração?	Sim
O modelo permite ajustes visuais?	Sim
Qual o grau de detalhamento do modelo?	7 em uma escala de 0 à 10
Qual o tempo gasto na programação?	16 horas
Qual foi o tempo de treinamento necessário para construção do modelo?	20 horas
Qual foi o grau de dificuldade da construção do modelo?	3 em uma escala de 0 à 10
O modelo atendeu as expectativas do professor, no que se refere a representação ao conteúdo?	Sim

O Quadro 5 mostra que o modelo foi construído em um ambiente de simulação discreta Arena 14, utilizando sua versão livre. O modelo, cujo tempo de construção foi de 16 horas, foi construído pelo próprio professor da disciplina com treinamento de 20 horas. O modelo apresenta um bom grau de detalhamento e baixa complexidade de construção. Além disso, permite ser alterado a qualquer momento, disponibiliza interface para interatividade com os alunos e, no que se refere à representação do conteúdo, atendeu a expectativa do professor.

4.3 AVALIAÇÃO DO MODELO EM AULA

Este item apresenta uma avaliação do modelo sobre diferentes aspectos, durante sua implementação. Inicialmente, avaliou-se a qualidade do modelo sobre a percepção dos alunos. Posteriormente, foi avaliada a aprendizagem dos alunos com o emprego do simulador em aula. Por fim, avaliou-se o efeito do método em relação ao grau de dificuldade das questões.

4.3.1 Avaliação da qualidade do modelo

Buscando melhorar ainda mais o modelo e saber as opiniões dos alunos em relação à sua qualidade, foi aplicado, para os mesmos 148 alunos da implementação, o mesmo questionário avaliativo usado na etapa de teste.

Os resultados desta avaliação, mostrados no Apêndice F, revelaram que, em todas as afirmativas do questionário, a porcentagem de alunos que concordaram completamente foi significativamente maior em relação aos que escolheram outra opção.

Sobre a capacidade do modelo em representar o conteúdo proposto 64,9% dos alunos concordaram completamente e 0,0% discordou completamente. A respeito da capacidade de representar as funções realizadas em cada camada, 70,3% dos discentes concordaram completamente e 0,0% discordaram totalmente. Sobre o modelo permitir visualizar o processo de encapsulamento e desencapsulamento, 41,9% concordaram completamente e 0,0% discordaram totalmente. Na visualização da atuação dos protocolos em cada camada, 59,6% concordaram totalmente e 0,0% discordaram totalmente. Sobre as imagens da animação estarem boas, 58,19% concordaram completamente e 1,4% discordaram completamente. Sobre a capacidade de permitir visualizar detalhes das figuras, 54,1% concordaram completamente e 0,0% discordaram completamente. No que se refere à capacidade de interação com o modelo, 56,8% dos alunos concordaram completamente e 1,4% discordaram completamente. No último, em relação à

extração de informações a partir da interação com o modelo, 68,9% concordaram completamente e 0,0% discordaram completamente.

Os resultados da avaliação da qualidade do modelo durante a implementação indicaram a necessidade de ajustes no modelo para melhor representar o processo de encapsulamento e desencapsulamento.

Por fim, realizou-se um levantamento sobre as mídias que possibilitam uma melhor visualização dos modelos pelos alunos. O resultado desta pesquisa pode ser visto na Figura 28.

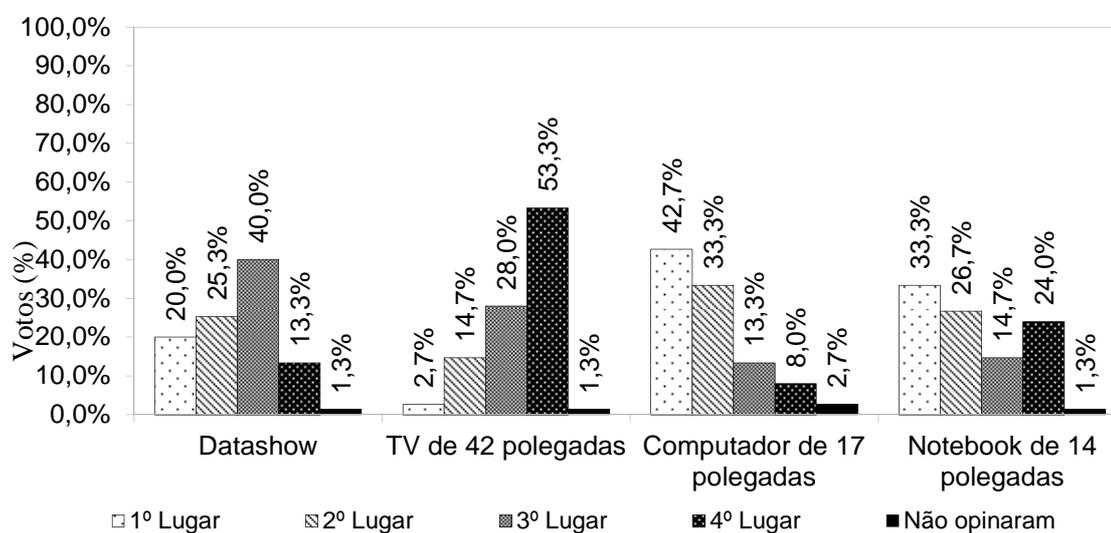


Figura 28- Resultados sobre a mídia mais adequada para exibição das imagens do modelo, na opinião dos alunos

De acordo com a Figura 28, a mídia que recebeu maior porcentagem dos votos para o primeiro lugar na exibição do modelo foi o computador com 42,2%. Para a segunda colocação, o computador recebeu a maior parte dos votos com 33,3% e o *notebook* ficou com 26,7%. O *datashow* ficou em terceiro colocado com 40% dos votos. Por fim, como a mídia mais votada para o quarto e último lugar foi a televisão com 53,3%.

Analisando e ordenando estes resultados, pode-se concluir que, na opinião dos alunos que tiveram aulas com o simulador, o computador ocupa o primeiro lugar, em relação à exibição com melhor qualidade das imagens. Em segundo lugar ficou o

notebook, seguido pelo datashow e pela TV, respectivamente.

Esta análise mostra que os resultados obtidos na etapa de teste ficaram significativamente próximos ao da etapa de implementação. Isto porque, de forma geral, os alunos julgaram as mídias de acordo com a visualização individual, ou seja, não consideram a qualidade da reprodução do modelo em aula para a turma.

4.3.2 Aprendizagem dos alunos com o modelo

Durante a implementação, com o objetivo de identificar o efeito do uso da simulação em sala de aula na aprendizagem dos alunos, foi realizada a avaliação quantitativa. Esta análise contou com a participação de 148 alunos de instituições e cursos citados anteriormente.

As Figuras 29, 30, 31 e 32 mostram, respectivamente, o modelo sendo exibido em uma das turmas testadas, os alunos assistindo a rodada do modelo, a interação dos discentes com o simulador e a realização da prova sobre os conceitos representados no modelo.

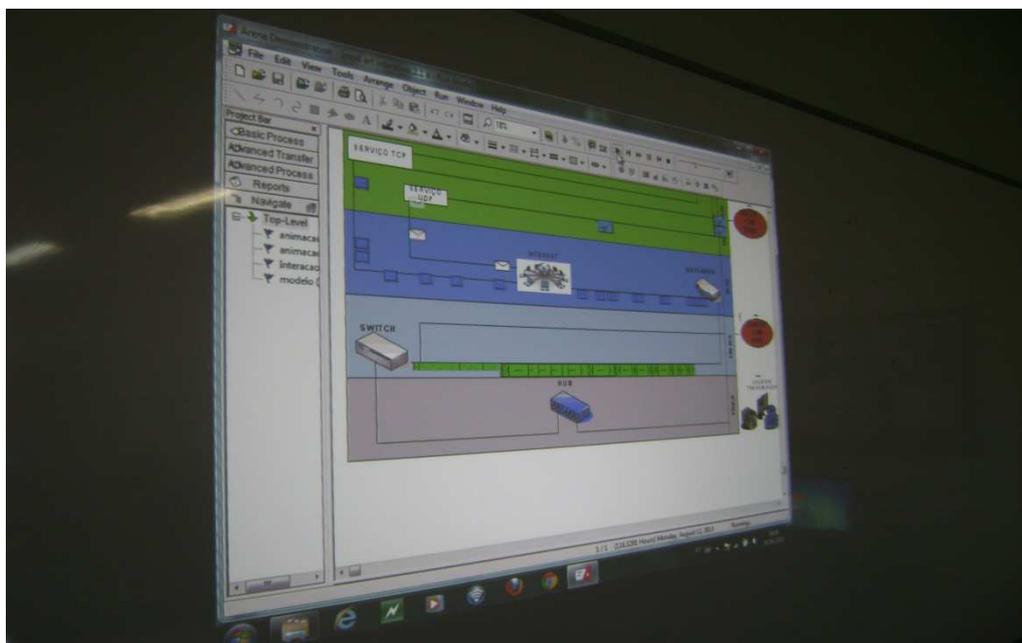


Figura 29- Modelo exibido no quadro com o auxílio do datashow

A Figura 29 mostra a reprodução do modelo em sala de aula para uma das

treze turmas onde o simulador foi implementado.



Figura 30- Alunos assistindo a aula teórica com o auxílio do simulador

A Figura 30 mostra um grupo de alunos assistindo a exibição do modelo durante a aula.



Figura 31- Alunos interagindo com o modelo através do computador

A Figura 31 mostra outra turma, onde o modelo foi implementado, interagindo com o simulador através do computador.



Figura 32- Alunos durante a avaliação

A Figura 32 mostra os alunos durante a realização das provas que foram aplicadas logo após a exposição do conteúdo em sala de aula.

A avaliação utilizada na análise quantitativa foi a mesma utilizada na etapa de teste. Ela foi composta por nove questões de múltipla escolha estruturadas com base no grau de dificuldade, ou seja, três fáceis, três médias e três difíceis. Todas as questões abordavam o conteúdo ministrado em sala de aula e abordado pelo simulador. Esta avaliação foi aplicada nos quatro grupos diferentes obtidos a partir do delineamento fatorial 2^k .

O Quadro 6 mostra a organização e descrição desses quatro grupos.

Quadro 6- Divisão dos grupos de acordo com o experimento feito em sala de aula

Grupos de alunos	Aula Teórica	Aula com o Modelo de Simulação
Grupo C - Controle	Não	Não
Grupo T - Teoria	Sim	Não
Grupo S - Simulação	Não	Sim
Grupo (S + T) - Teoria e Simulação	Sim	Sim

De acordo com o Quadro 6, o Grupo C foi composto por alunos que não foram submetidos a nenhum método de exposição do conteúdo, o Grupo T foi exposto somente a aula teórica, o Grupo S teve contato apenas com o modelo de simulação e o Grupo S + T teve aula com os dois métodos de ensino, ou seja, aula com exposição teórica e prática com o simulador.

As Figuras 33, 34, 35 e 36 apresentam os resultados sobre o desempenho dos alunos no total das questões, nas questões fáceis, nas questões médias e nas questões difíceis, respectivamente, considerando os métodos de ensino e a nota na disciplina. Esses resultados mostram a tendência das médias em cada grupo de alunos, considerando o desvio padrão.

A Figura 33 apresenta os resultados sobre o desempenho dos alunos no total da avaliação de acordo com a nota da disciplina.

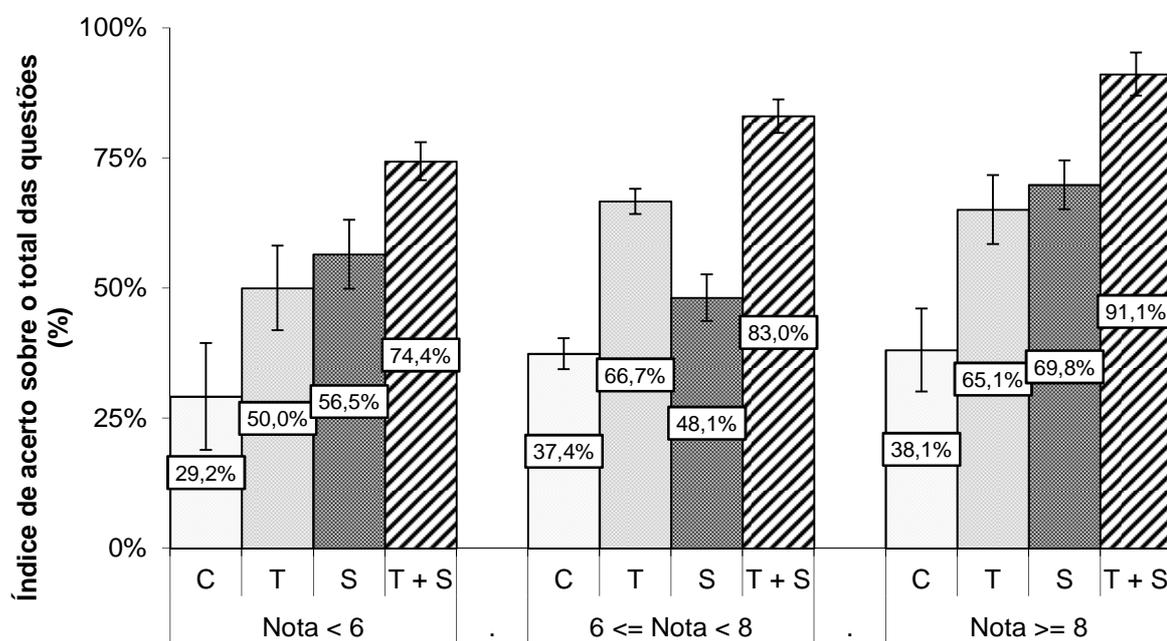


Figura 33- Avaliação do desempenho no total das questões relacionada à nota da disciplina

A Figura 33 mostra que nos alunos com nota inferior a 6 na disciplina, o índice de acerto, para aqueles que tiveram aula com os dois métodos de ensino (T+S), foi de 74%. No grupo de alunos com média entre 6 e 8, o uso da teoria somada ao simulador aumentou o índice de acerto para 83%, enquanto no uso isolado da teoria o índice de acerto foi de 67%. Nos alunos com nota igual ou superior a 8, o uso do simulador didático somado a teoria resultou no índice de acerto de 91%. Esses resultados mostram que a interação entre os dois métodos de ensino foram mais significativos nos alunos com média inferior a 60% e para aqueles que tinham média superior a 8. Além disto, neste mesmo grupo de alunos, observou-se que o uso individualizado do simulador mostrou-se mais eficiente que a teoria. Uma vez que, no grupo com nota abaixo de 6, a teoria proporcionou um índice de acerto de 50% contra 56% do simulador. Já para os alunos com média acima de 8, a teoria proporcionou 65% de índice de acerto, enquanto o uso isolado do simulador resultou em 70%

A Figura 34 apresenta os resultados sobre o desempenho dos alunos nas questões fáceis da avaliação de acordo com a nota da disciplina.

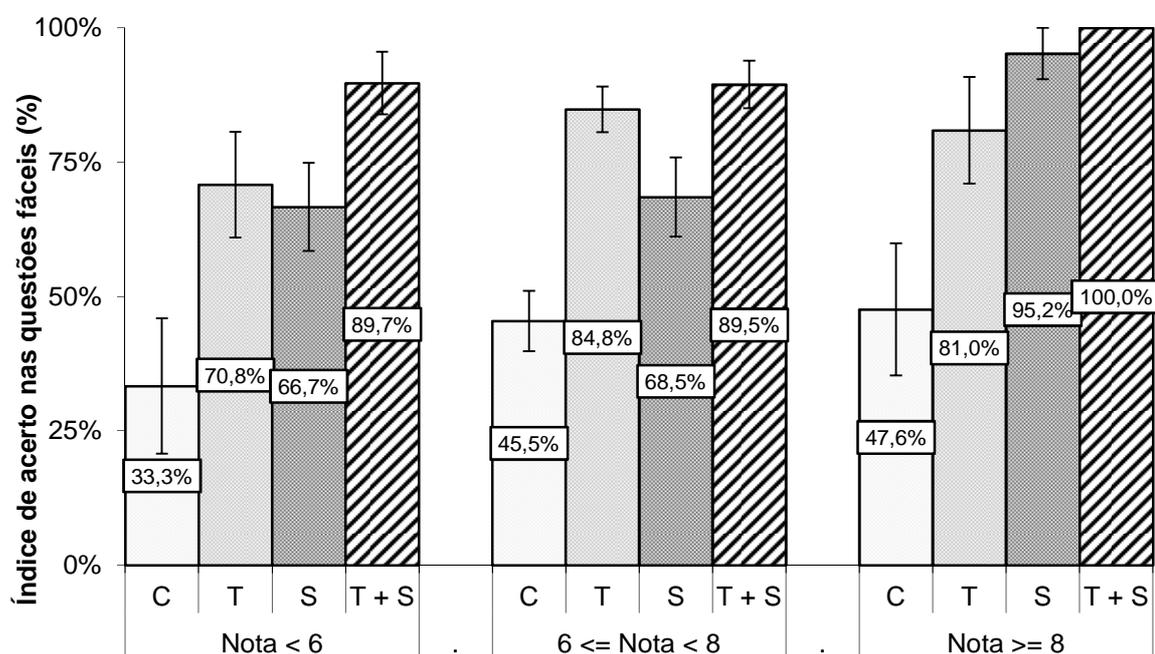


Figura 34- Avaliação do desempenho sobre as questões fáceis, relacionado à nota da disciplina

Os resultados da avaliação do índice de acerto das questões fáceis, apresentados na Figura 34, mostram que a aula teórica proporcionou melhor desempenho no grupo de alunos com notas abaixo de 6 e para aqueles com nota entre 6 e 8, se comparado a aula com o simulador. Isto porque, no primeiro grupo, o índice de acerto das questões após a aula teórica foi de 71% contra 67% de acerto após a aula com o simulador. Já nos alunos com média igual ou superior a 8, o simulador contribuiu 14% a mais do que a teoria, pois os alunos que tiveram aula somente com esta ferramenta acertaram 95% das questões fáceis, em contra partida, os alunos que tiveram somente aula teórica conseguiram obter 81% de acerto nestas questões. Além disto, com a integração dos dois métodos, todos os grupos foram beneficiados. Contudo, vale ressaltar que nos alunos com média abaixo de 6 este resultado foi ainda mais significativo, uma vez que o desempenho desses alunos foi ligeiramente maior se comparado ao grupo com média entre 6 e 8.

A Figura 35 apresenta os resultados sobre o desempenho dos alunos nas questões médias da avaliação de acordo com a nota da disciplina.

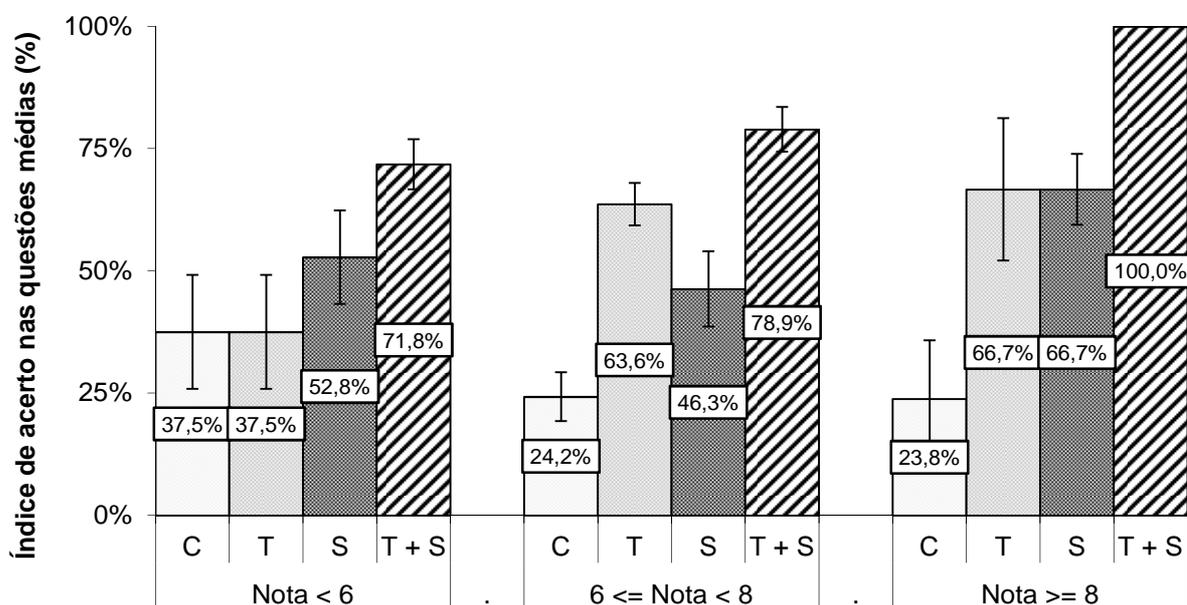


Figura 35- Avaliação do desempenho sobre as questões médias, relacionado à nota da disciplina

Em relação às questões com médio grau de dificuldade, a análise da Figura 35 mostra que os alunos com média abaixo de 6, mantiveram o índice de acerto de 38% após assistirem aula teórica, ou seja, a aula teórica não contribuiu para a aprendizagem destes alunos. No mesmo grupo de alunos, a aula com o simulador contribuiu para um índice de acerto de 53%, mostrando que os alunos tiveram um percentual de aprendizagem com este método. Além disto, quando este grupo assistiu à aula com a teoria e a simulação, o índice de acerto foi de 72%.

No grupo de alunos com médias entre 6 e 8, a teoria foi mais eficiente que o simulador, pois com ela os alunos tiveram um índice de acerto de 64%, contra os 46% obtidos após a aula com o simulador. Todavia, este desempenho aumenta quando os dois métodos se juntam durante a aula, proporcionando um índice de acerto de 79%.

Para os alunos com médias iguais ou maiores que 8, o simulador e a teoria separados contribuíram igualmente para a aprendizagem dos alunos. Isto porque, este grupo teve 67% de acerto tanto na aula teórica quanto na aula com o simulador. Já o uso dos dois métodos em aula aumentou este índice para 100%.

Em relação às questões difíceis, a Figura 36 apresenta os resultados sobre o desempenho dos alunos nas questões de acordo com a nota na disciplina.

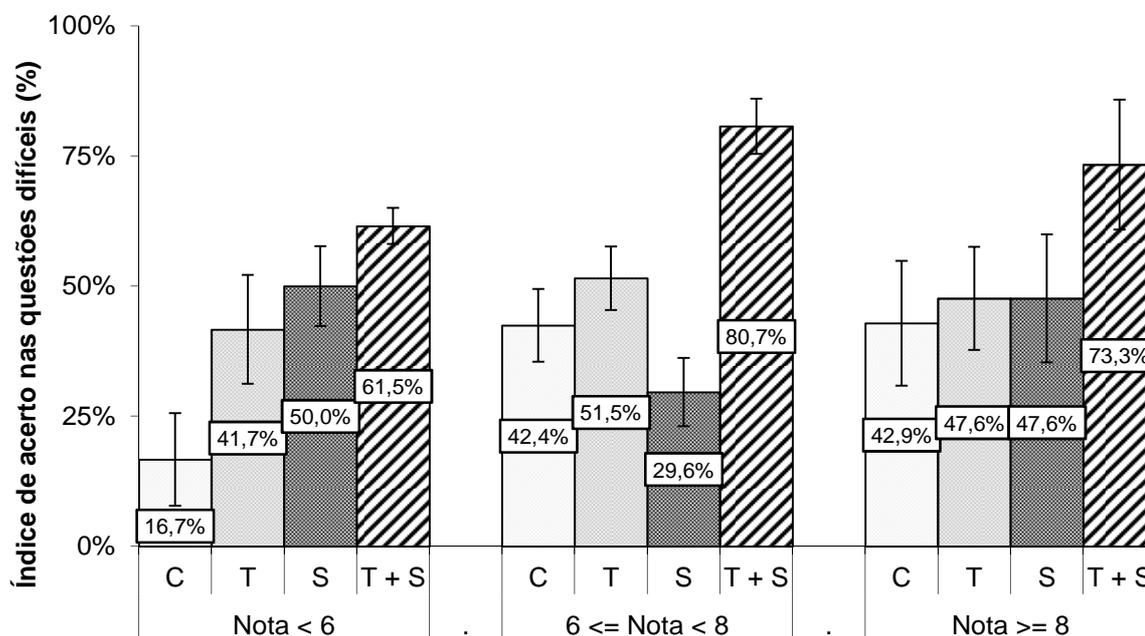


Figura 36- Avaliação do desempenho sobre as questões difíceis, relacionado à nota da disciplina

Sobre as questões difíceis, observando a Figura 36 é possível perceber que os alunos que mais se beneficiaram com o uso do simulador em conjunto com a teoria, possuem médias entre 6 e 8. Neste caso, o índice de acerto foi de 81%, contra 62% de acerto do grupo com média inferior a 6 e 73% de acerto do grupo com notas iguais ou maiores que 8.

Vale ressaltar que o grupo com média inferior a 6, teve uma evolução conforme a aplicação dos métodos. Pois este grupo teve 42% de acerto com a teoria, 50% com o simulador e 62% com os dois métodos. Desta forma, houve um ligeiro aumento em relação a nota da disciplina, conforme também ocorreu no grupo de média entre 6 e 8.

No terceiro grupo, o nível de aprendizagem sobre as questões difíceis foi igual. Uma vez que os dois métodos separados contribuíram para um índice de acerto de 48%. Além disto, se este índice for comparado aos adquiridos pelos alunos que não estudaram com nenhum método, a contribuição obtida pelas duas ferramentas separadas foi baixa. Porém, ao juntar os conceitos teóricos com a prática do simulador, o índice de acerto passa para 73%.

As Figuras 37, 38, 39 e 40 apresentam os resultados sobre o desempenho

dos alunos no total das questões, nas questões fáceis, nas questões médias e nas questões difíceis, respectivamente, considerando os métodos de ensino e o CR do aluno no curso. Esses resultados mostram a tendência das médias em cada grupo de alunos, considerando o desvio padrão.

A Figura 37 apresenta os resultados sobre o desempenho dos alunos no total da avaliação de acordo com CR no curso.

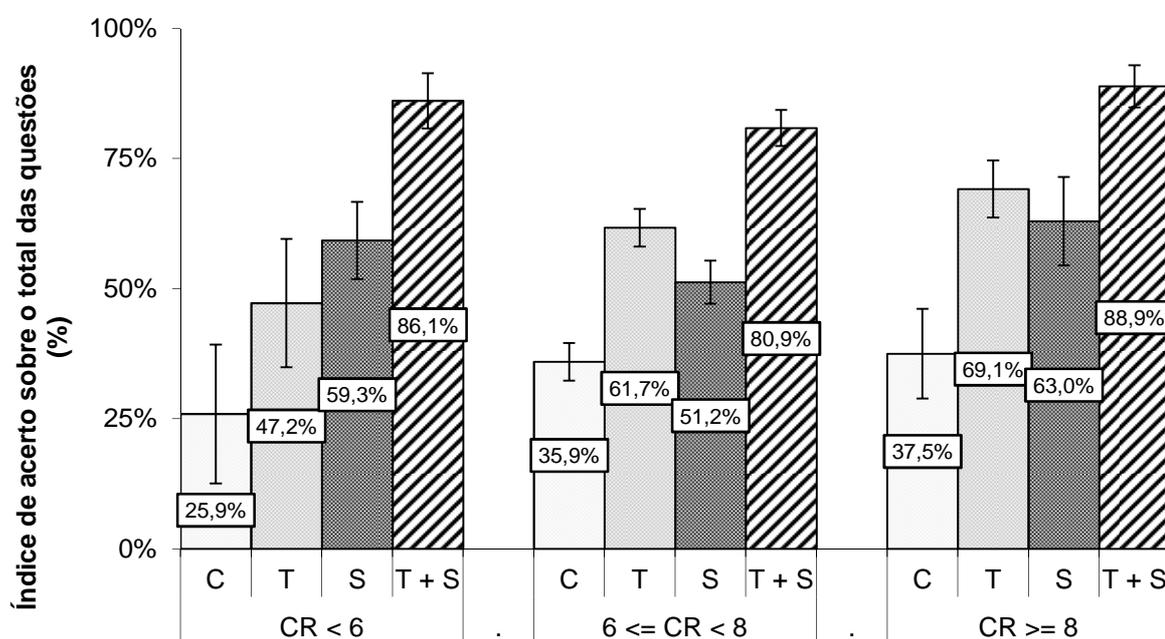


Figura 37- Avaliação do desempenho sobre o total das questões relacionado ao CR no curso

Observando a Figura 37 é possível notar que nos três grupos de alunos, separados por CR (coeficiente de rendimento no curso), o uso do simulador somado a teoria foi mais eficiente que os dois métodos isolados. Além disso, no primeiro grupo, onde os alunos tinham CR menor que 6, a aula com os dois métodos proporcionou um índice de acerto de 86%. No grupo de alunos com CR entre 6 e 8, esse índice foi de 81%. Já nos alunos com CR igual ou maior que 8, o índice de acerto foi de 89%.

Analisando o uso isolado dos dois métodos, a teoria teve melhor desempenho no grupo com média entre 6 e 8, com um índice de acerto de 62% contra 51% no uso do simulador e no grupo com CR igual ou maior que 8, com 69% de acerto com

aula teórica contra 63% com aula com o simulador. A simulação foi mais eficiente que a teoria nos alunos com CR inferior a 60%, pois resultou em 59% de índice de acerto contra 47% da teoria.

A Figura 38 apresenta os resultados sobre o desempenho dos alunos nas questões fáceis da avaliação, de acordo com o CR no curso.

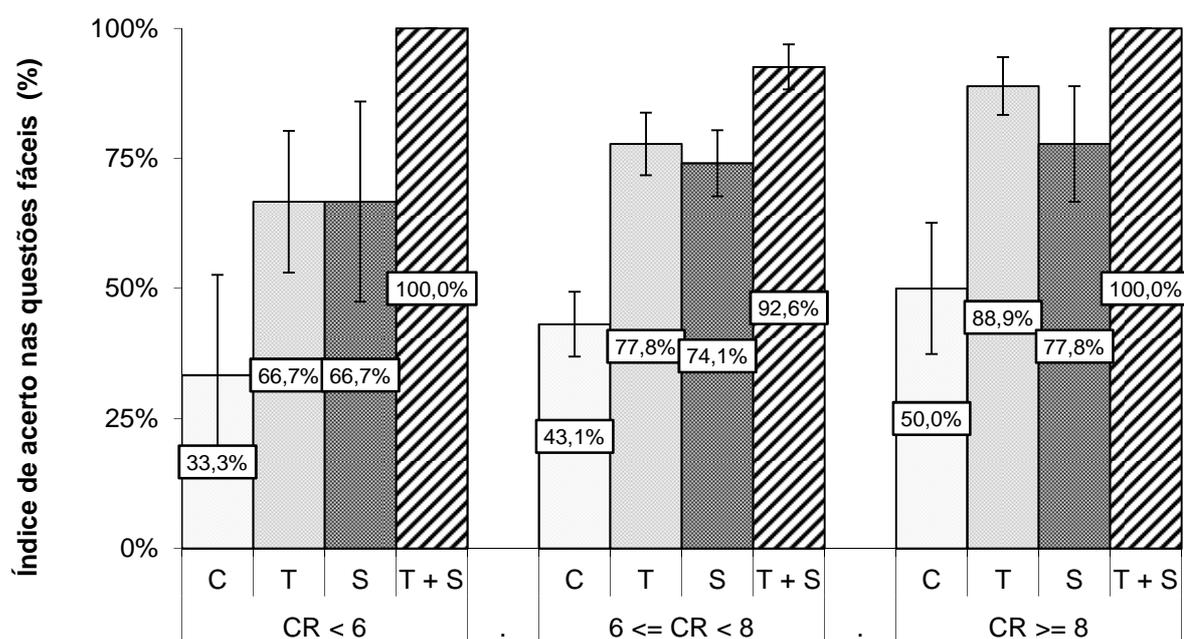


Figura 38- Avaliação do desempenho nas questões fáceis, relacionado ao CR no curso

Sobre a avaliação das questões fáceis, relacionando ao CR do aluno no curso, a Figura 38 mostra que no grupo com média inferior a 6, o índice de acerto, tanto com a aula teórica quanto com a aula com o simulador foi de 67%. Contudo, este índice sobe para 100% quando os dois métodos são somados em aula.

Já no grupo de alunos com média entre 6 e 8, a teoria foi mais significativa para a aprendizagem que o simulador, visto que ela possibilitou 78% de acertos nas questões e o simulador proporcionou 74%. Já no uso dos dois métodos, este índice sobe para 93%.

A análise do grupo e alunos com média igual ou superior a 8 revela o mesmo padrão do segundo grupo, ou seja, entre a teoria e a simulação, a primeira foi mais eficiente contribuindo para um índice de acerto de 89% contra 78% da simulação. Já na junção da teoria com a simulação, este tipo de aula permitiu um rendimento de

100%.

A Figura 39 apresenta os resultados sobre o desempenho dos alunos nas questões médias da avaliação de com o CR do curso.

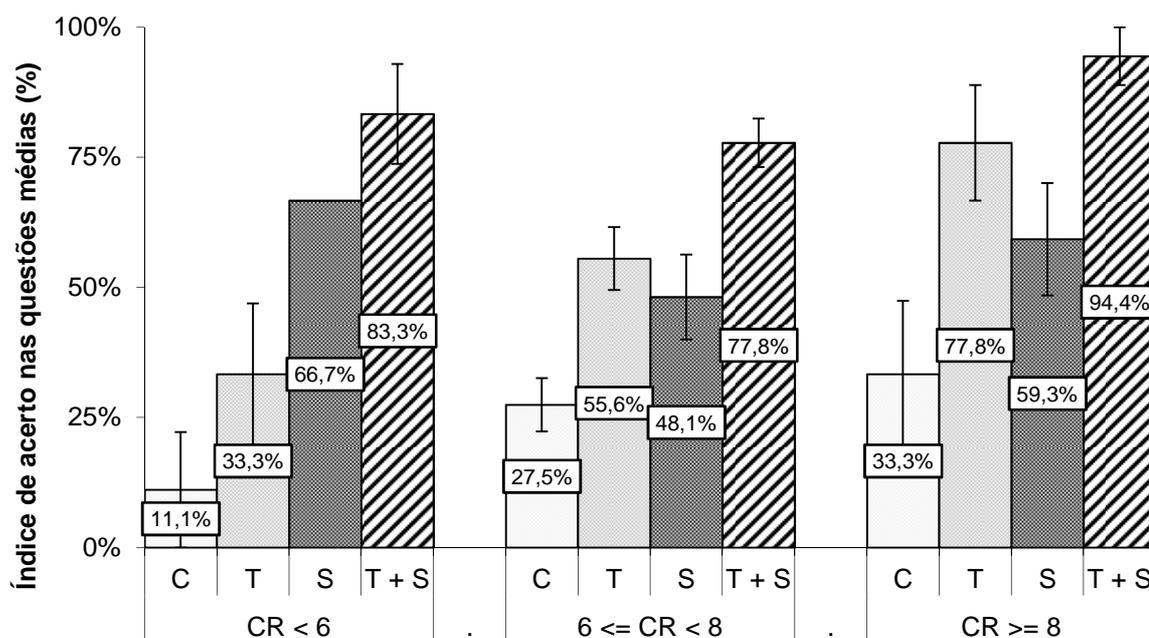


Figura 39- Avaliação do desempenho sobre as questões médias, relacionado ao CR no curso

A Figura 39 mostra que o grupo de alunos com CR abaixo de 6 foi o que teve melhor rendimento na presença do simulador. Este resultado fica ainda mais claro quando comparamos o índice de acerto após a aula teórica (33%) com os valores obtidos a partir do uso do simulador (67%) e na integração dos dois métodos (83%). Este último índice de acerto, deixa o grupo de rendimento inferior no mesmo nível dos alunos com as maiores médias. Além disto, embora este grupo tenha sido o único na avaliação das questões médias, que o simulador proporcionou maior aprendizagem que a teoria, a diferença entre estes dois métodos foi de 34%.

No grupo com CR entre 6 e 8, o índice de acerto com a aula teórica foi de 56% contra 48% com a aula utilizando o simulador. Observando o resultado do uso da simulação junto à teoria, o índice de acerto foi de 78%.

No grupo com maior média do CR, a teoria proporcionou um índice de acerto de 78% e a simulação fez cair este índice para 59%. Contudo, ao integrar os dois

métodos, este índice sobe para 94%.

A Figura 40 apresenta os resultados sobre o desempenho dos alunos nas questões difíceis da avaliação de acordo com o CR no curso.

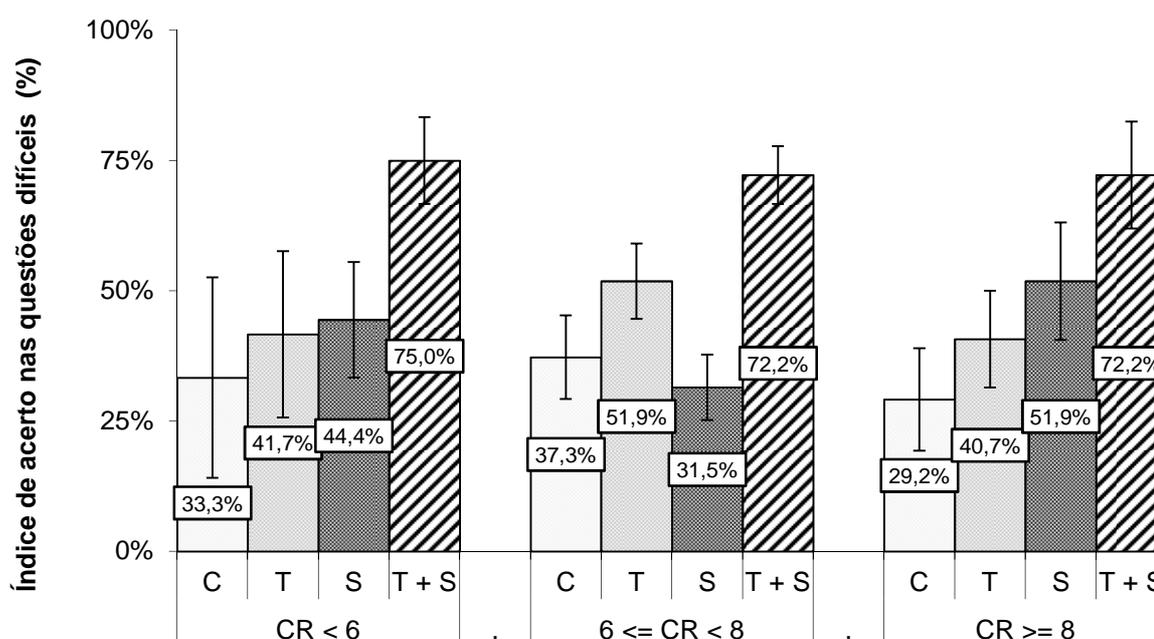


Figura 40- Avaliação do desempenho sobre as questões difíceis, relacionado ao CR no curso

Sobre a aprendizagem das questões difíceis mostrada na Figura 40, analisando o grupo de alunos com o menor CR em conjunto com os alunos de maior CR, nota-se nos dois casos o simulador levou o aluno a ter melhor desempenho na avaliação, se comparado ao aluno que assistiu somente à aula teórica. Em contrapartida, a soma dos dois métodos foi mais eficiente para o grupo com CR inferior a 6. Pois este grupo teve 75% de acerto contra 72% dos alunos com CR entre 8 e 10. Vale ressaltar que neste caso, somente o primeiro grupo teria sua média aumentada em relação ao CR.

Para o grupo com CR entre 6 e 8, a teoria foi mais eficiente, proporcionando um índice de acerto de 52% contra 31% adquirido após a aula com o simulador. Contudo, ao avaliar os alunos que utilizaram os dois métodos em sala de aula, o desempenho foi de 72%, ou seja, o mesmo obtido pelos alunos com CR entre 8 e 10.

Com o objetivo de verificar se a ordem dos métodos influencia nos resultados,

no grupo que teve aula com a teoria e o simulador, foram criados dois subgrupos. No primeiro subgrupo, a aula já foi iniciada com a exposição do simulador para expor os conceitos teóricos. Já no segundo subgrupo, os alunos tiveram primeiro a aula teórica para depois ter contato com o simulador.

A Figura 41 apresenta a comparação do índice de acerto de acordo com a ordem de utilização do método em relação às questões fáceis, médias e difíceis.

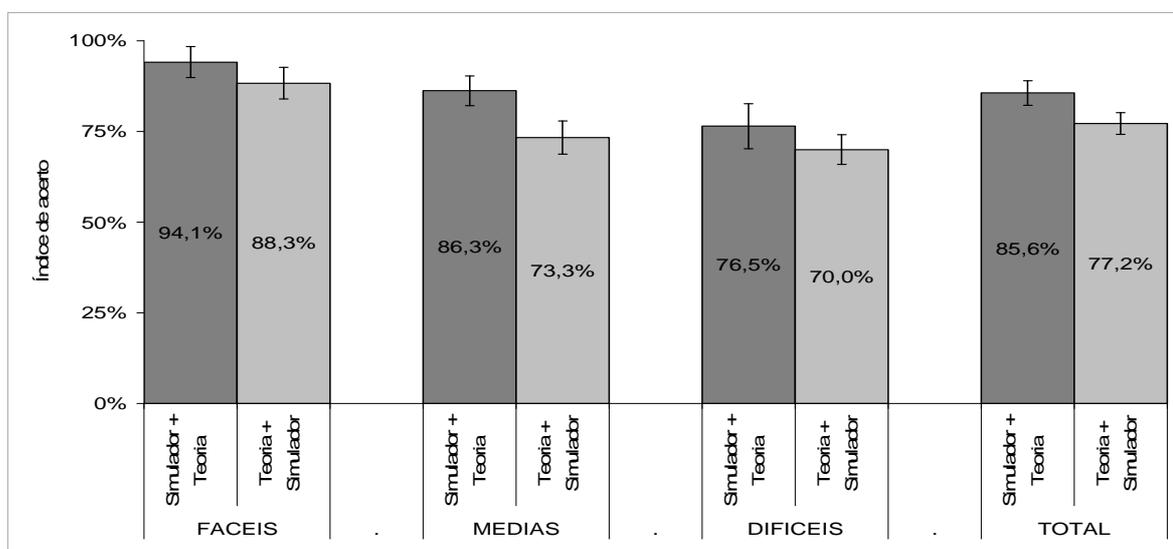


Figura 41- Avaliação do desempenho dos alunos conforme a ordem de utilização dos métodos

A Figura 41 mostra que, nas questões fáceis, médias e difíceis, assim como no conjunto das questões, a aula iniciada com o simulador proporcionou maior rendimento dos alunos. No caso das questões fáceis, o primeiro subgrupo, onde o simulador foi usado antes da teoria, teve 94,1% de acerto contra 88,3% do segundo subgrupo. Nas questões médias, o primeiro subgrupo teve 86,3% de acertos contra 73,3% do segundo. Nas questões difíceis, o índice de acerto do primeiro grupo foi de 76,5% contra 70%. Já na totalidade das questões, o índice de acerto para quem teve contato primeiro com o simulador foi de 85,6% contra 77,2% dos que tiveram contato inicial com a teoria. Esse resultado mostra que, nas questões médias, o uso do simulador no início da aula foi ainda mais significativo.

4.3.3 Efeito dos métodos sobre o grau de dificuldade das questões

A avaliação utilizada para medir a aprendizagem dos alunos foi composta por grupos de questões com três graus de dificuldade: grupo de questões fáceis, grupo de questões médias e grupo de questões difíceis. Com o objetivo de verificar os efeitos principais de cada fator (teoria e simulação), assim como avaliar o efeito de suas interações no desempenho dos alunos em cada grupo de questões, utilizou-se o *software* Minitab.

A Figura 42 mostra o efeito do uso de cada fator e a interação entre esses dois métodos sobre o desempenho no total de questões.

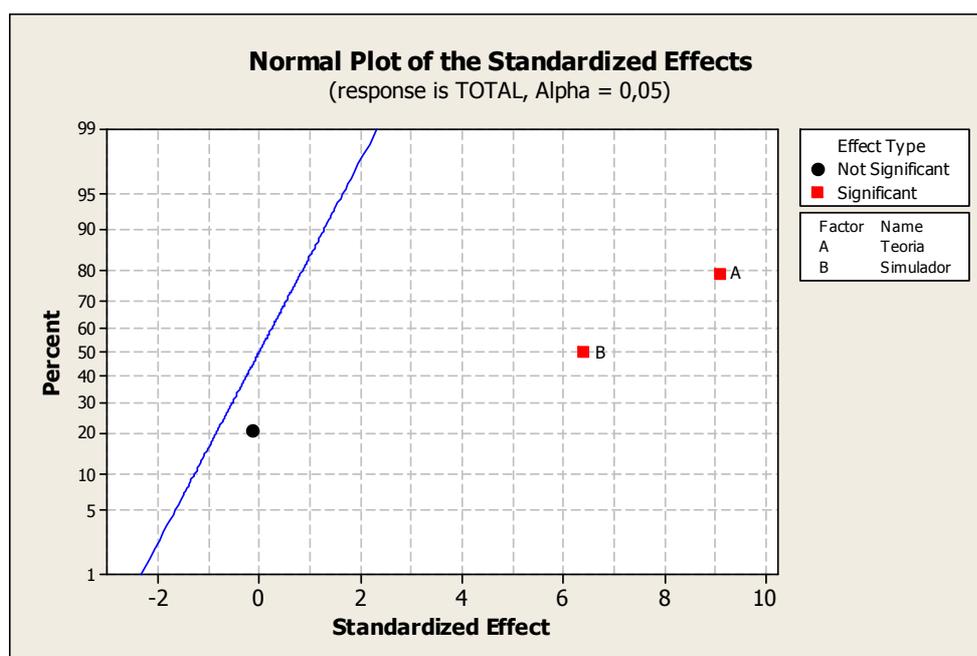


Figura 42- Efeito do uso individual e da interação entre os métodos em relação ao total de questões

A Figura 42 mostra que, para o total de questões, tanto o fator “A” (teoria) quanto o fator “B” (simulador) foram significativos para aprendizagem dos alunos. Contudo, a interação entre esses dois métodos não demonstrou influenciar no resultado final da avaliação. O gráfico de Pareto, apresentado na Figura 43 confirma os resultados apresentados na Figura 42 e identifica a teoria como o fator que possui maior significância para 95% de confiança.

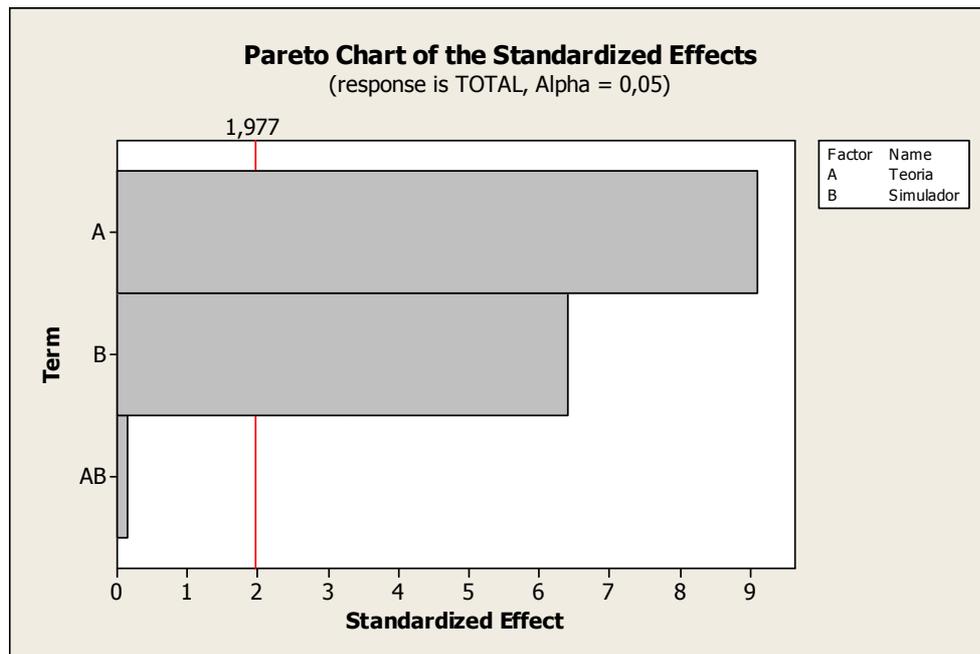


Figura 43- Gráfico de Pareto para os efeitos padronizados dos fatores e interação sobre o total das questões

A Figura 44 avalia o efeito de cada fator, no desempenho dos alunos sobre o total das questões.

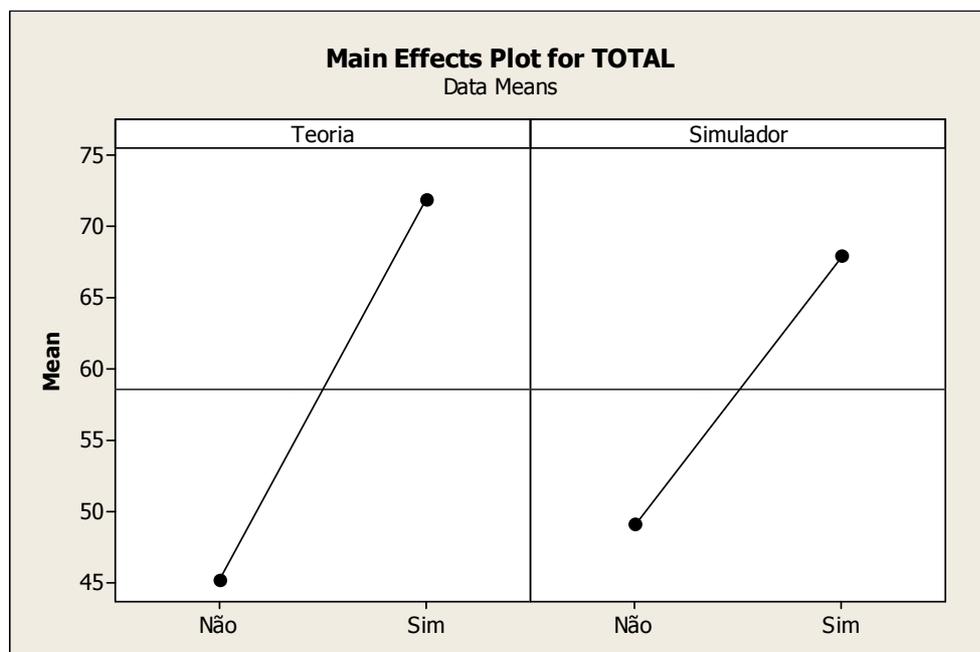


Figura 44- Principais efeitos do uso individual da teoria e da simulação no total das questões

Na Figura 44 observa-se que as chances de acerto do total das questões, para quem não teve teoria, foram menores se comparado aos que não tiveram aula com o software. No entanto, as chances de acertar as questões, para quem assistiu aula teórica foram maiores do que para os que tiveram aula com o *software*. Este resultado mostra que, embora os dois métodos tenham contribuído para a aprendizagem dos alunos, o fator teoria teve maior efeito positivo que o fator simulador.

Os efeitos da interação entre o método teórico e a simulação são apresentados na Figura 45.

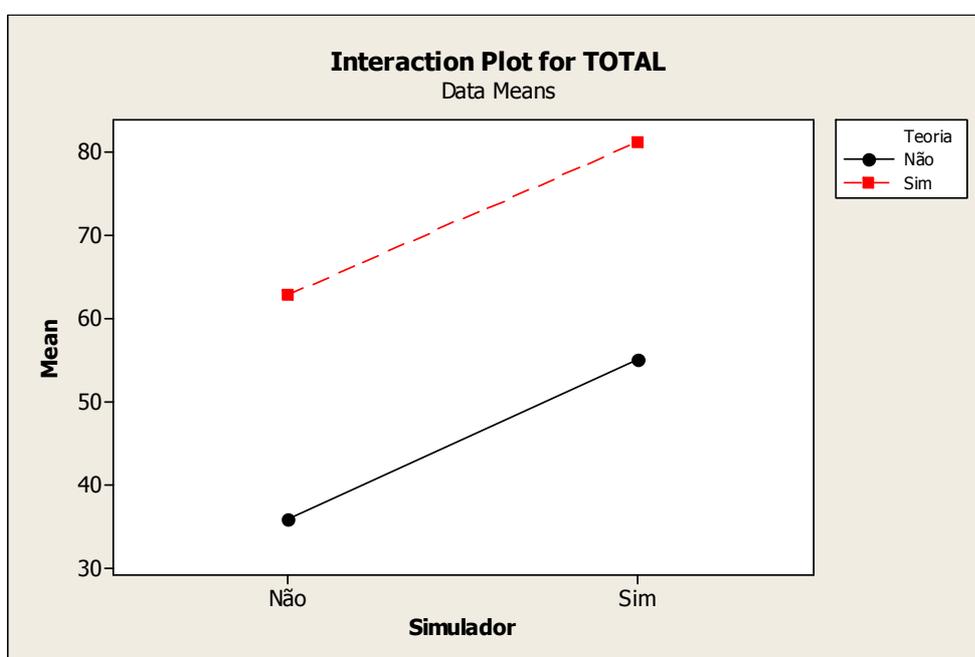


Figura 45- Efeitos da interação entre os dois métodos sobre o total de questões

Observando a Figura 45, onde se avalia o efeito da interação sobre o total de questões, nota-se que as linhas que representam a teoria e a simulação estão em paralelo. Este posicionamento mostra que não houve efeito significativo na interação entre os dois métodos. Apesar disto, a inclinação positiva das linhas mostra que os dois métodos, de forma individual e em conjunto, contribuíram para aprendizagem dos alunos.

A Figura 46 mostra o efeito do uso de cada fator e a interação entre eles, relacionados às questões fáceis.

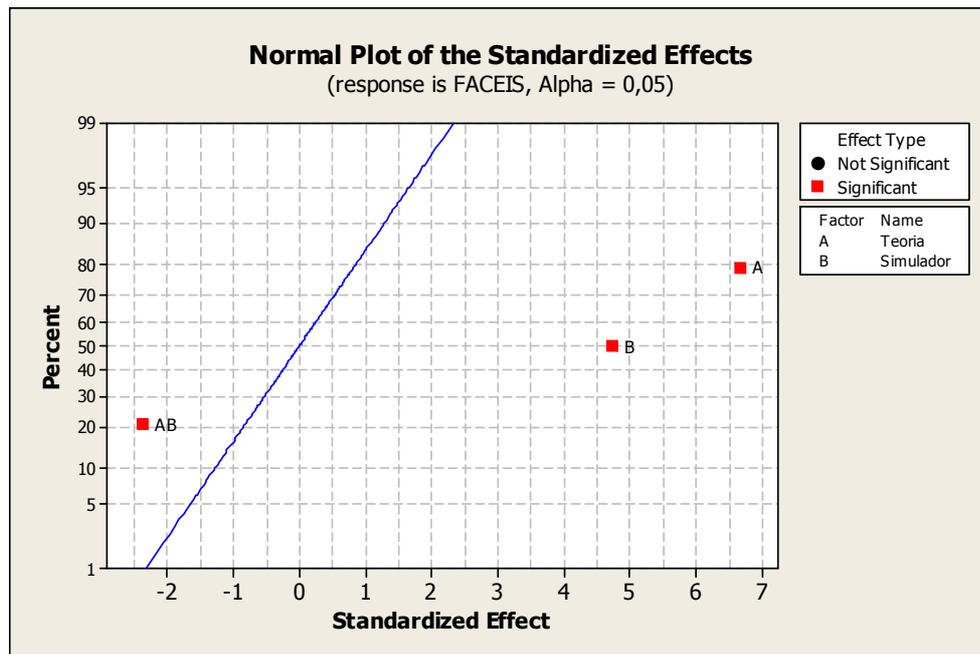


Figura 46- Efeito do uso individual e da interação entre os métodos em relação as questões fáceis

Na Figura 46, sobre o ponto de vista das questões fáceis, tanto a utilização individual de cada fator, quanto à interação entre a teoria e o simulador contribuíram de forma significativa para a aprendizagem dos alunos. Este resultado pode ser confirmado através da análise da Figura 47 que mostra a significância das três formas de apresentação do conteúdo em sala de aula, porém mais uma vez a teoria teve maior efeito significativo.

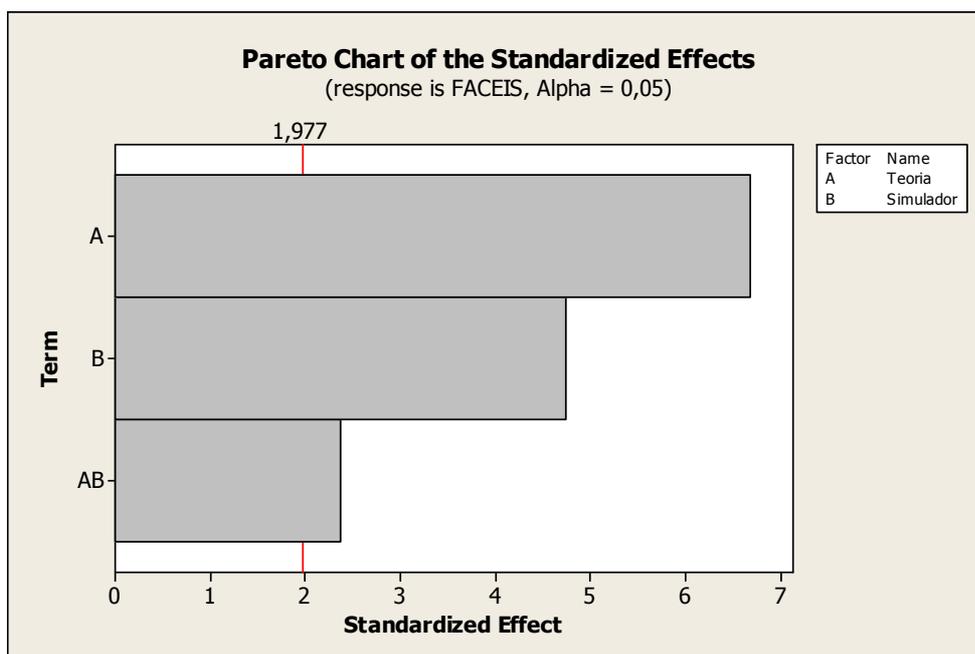


Figura 47- Gráfico de Pareto para os efeitos padronizados dos fatores e interação sobre as questões fáceis

A Figura 48 avalia o efeito de cada fator no desempenho dos alunos nas questões fáceis.

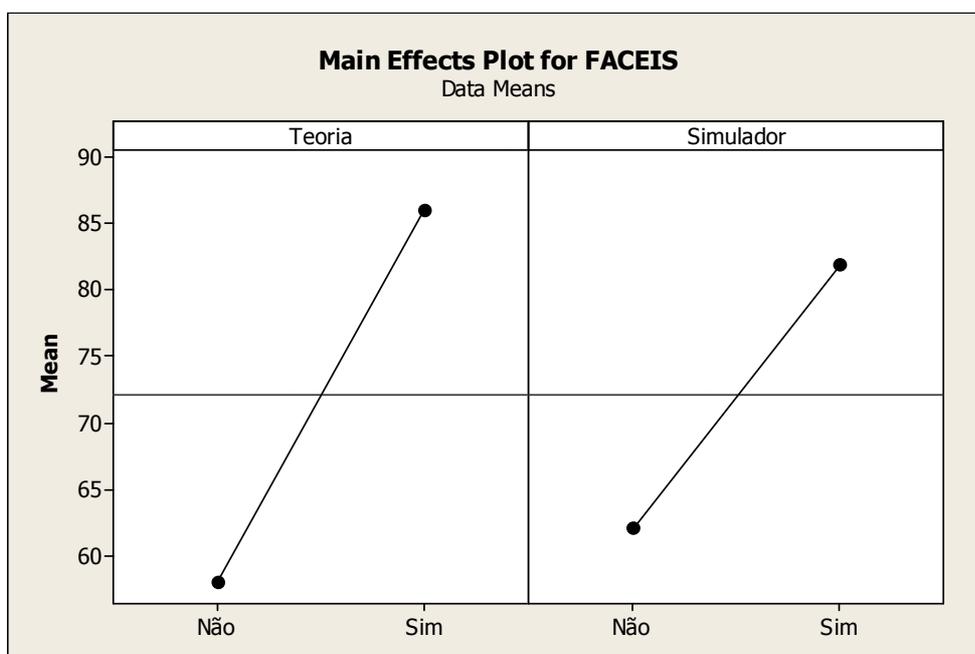


Figura 48- Principais efeitos do uso individual da teoria e da simulação nas questões fáceis

A Figura 48 mostra que a presença de cada um dos métodos de ensino contribuiu positivamente para o aumento das chances de acerto dos alunos nas questões fáceis. Porém, os alunos que não assistiram aula teórica tiveram menos chances de acerto se comparado aos que não assistiram aula com o simulador. Contudo, as chances de acerto das questões fáceis, para os alunos que tiveram aula teórica foram maiores, se comparado com as de quem teve aula com o modelo de simulação didático. Com isso, percebe-se a teoria teve maior contribuição para a aprendizagem do aluno que o simulador.

Em relação às questões fáceis, o efeito da interação entre o método teórico e a simulação é apresentada na Figura 49.

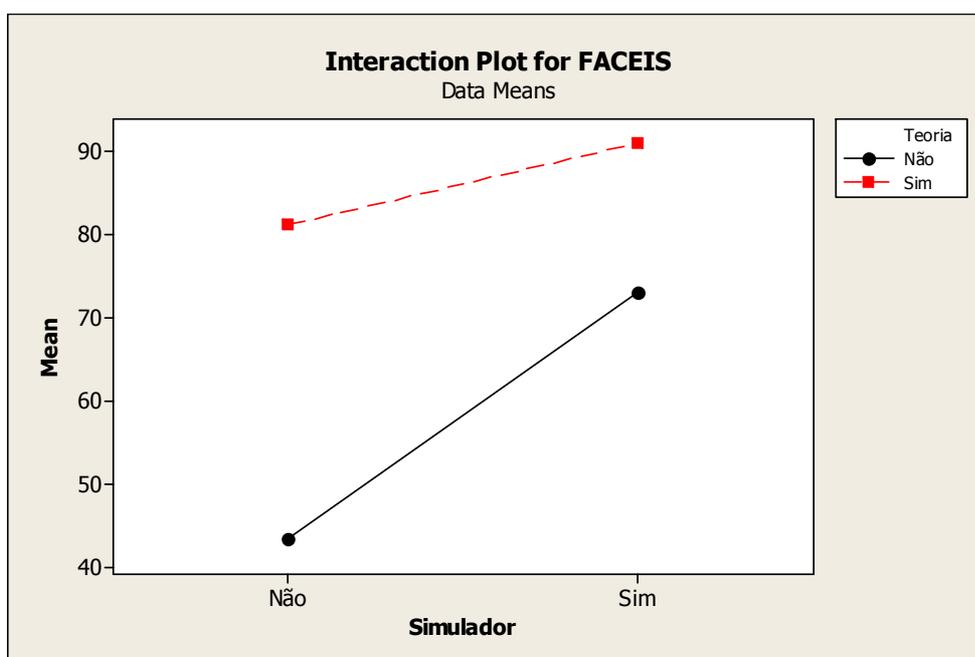


Figura 49- Efeitos da interação entre os dois métodos sobre as questões fáceis

Na Figura 49, percebe-se que as linhas não são paralelas e que tendem a se encontrar à medida que avançam positivamente. Esta característica mostra que tanto a utilização de cada método de ensino, quanto à interação entre a teoria e o simulador contribuíram para a aprendizagem das questões fáceis.

Sobre as questões de médio grau de dificuldade, a Figura 50 apresenta o efeito do uso de cada fator individualmente e da interação entre eles.

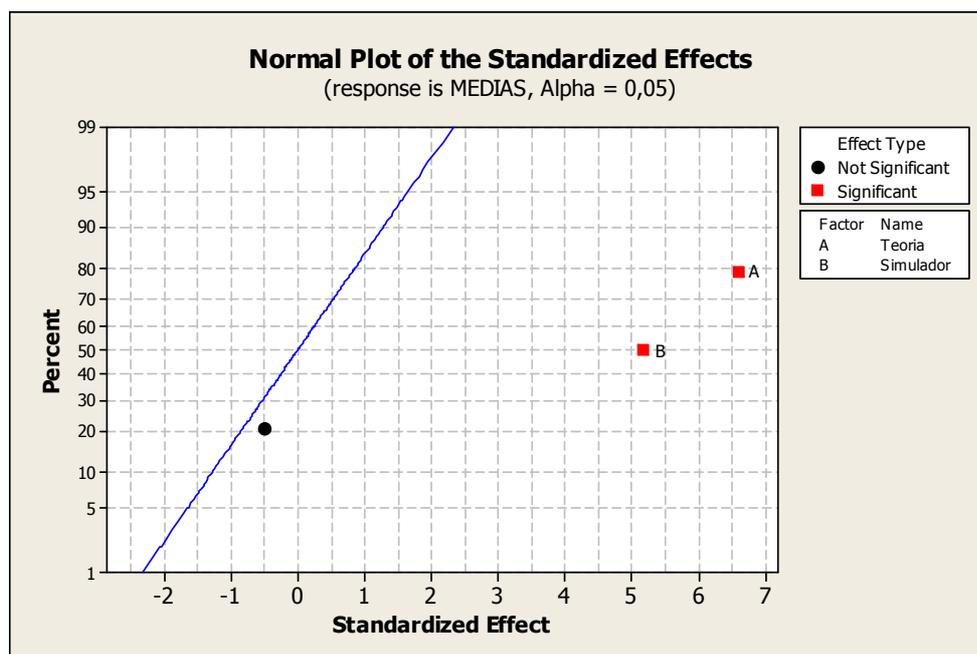


Figura 50- Efeito do uso individual e da interação entre os métodos em relação as questões médias

Sobre as questões com médio grau de dificuldade, a Figura 50 mostra que somente o uso individual da teoria e do simulador foi significativo para aprendizagem dos alunos. Na Figura 51, o gráfico de Pareto mostra que somente os fatores teoria e simulação estão à frente da linha de referência. Isto mostra que apenas os dois fatores foram significativos ao nível de 95% de confiança. Além disto, também pode ser observado nesta figura que o fator que teve maior significância foi a teoria.

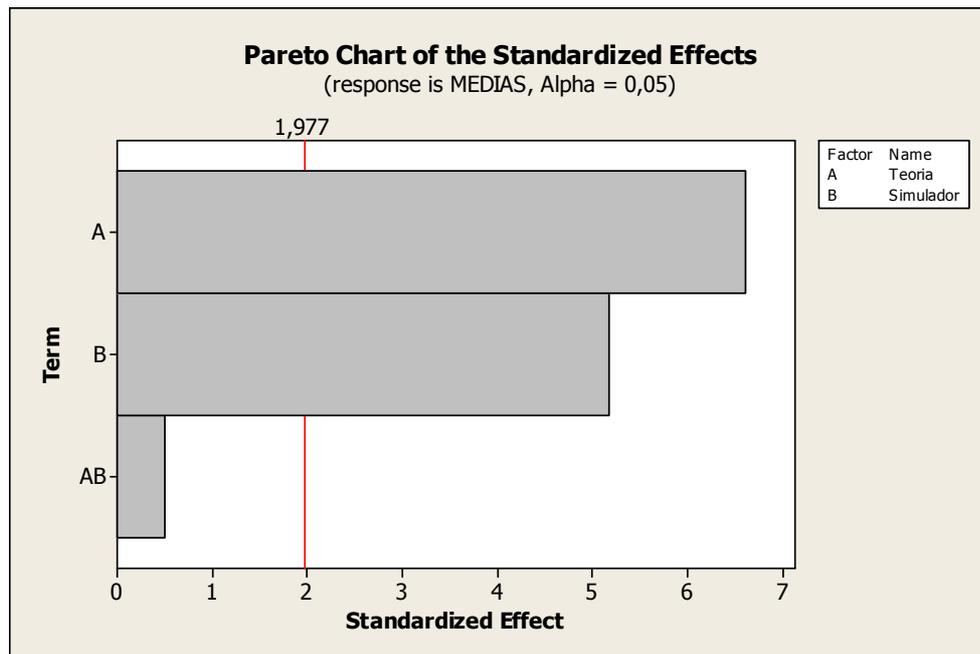


Figura 51- Gráfico de Pareto para os efeitos padronizados dos fatores e interação sobre as questões médias

Na Figura 52 é apresentada uma análise individual sobre o efeito de cada método em relação às questões médias.

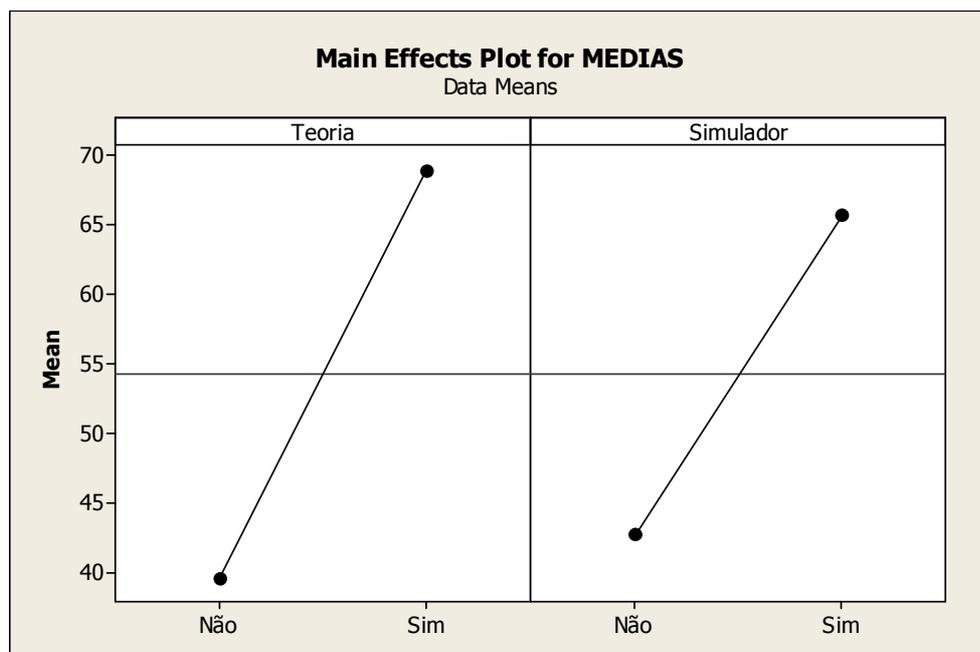


Figura 52- Principais efeitos do uso individual da teoria e da simulação nas questões médias

Observa-se, que a Figura 52 apresenta o efeito positivo produzido pelo fator teoria e pelo fator simulação. Além disto, esta figura também mostra que as chances de acertar as questões, para quem não teve teoria são menores, se comparado as de quem não teve simulação. Já para quem teve aula teórica, as chances são maiores, porém próximas, as de quem teve simulação.

A Figura 53 traz os resultados da análise de interação entre os métodos didáticos em relação às questões médias.

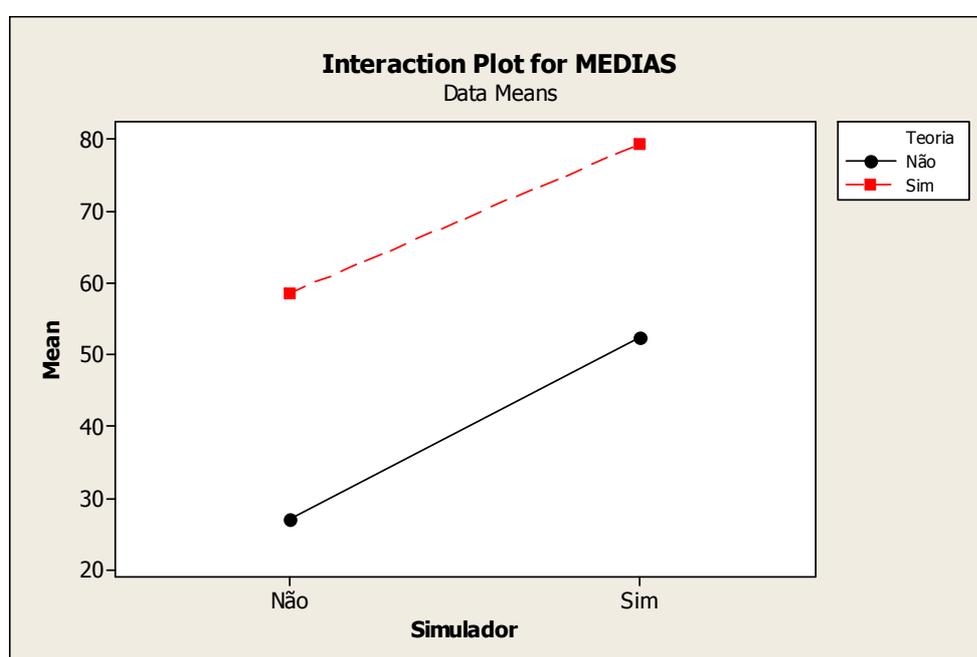


Figura 53- Efeitos da interação entre os dois métodos sobre as questões médias

Analisando o efeito da interação nas questões médias, na Figura 53, nota-se que as linhas, que representam a teoria e o simulador são paralelas, portanto, não houve efeito significativo na interação entre os dois métodos. Além disto, também pode ser observado que a presença da teoria foi mais significativa para aprendizagem, pois as médias estão mais altas que as do software. Contudo, quando a aula teórica é somada ao simulador didático, este efeito positivo aumenta.

Sobre as questões consideradas difíceis, a Figura 54 apresenta o efeito do uso individual dos dois métodos e a interação entre eles.

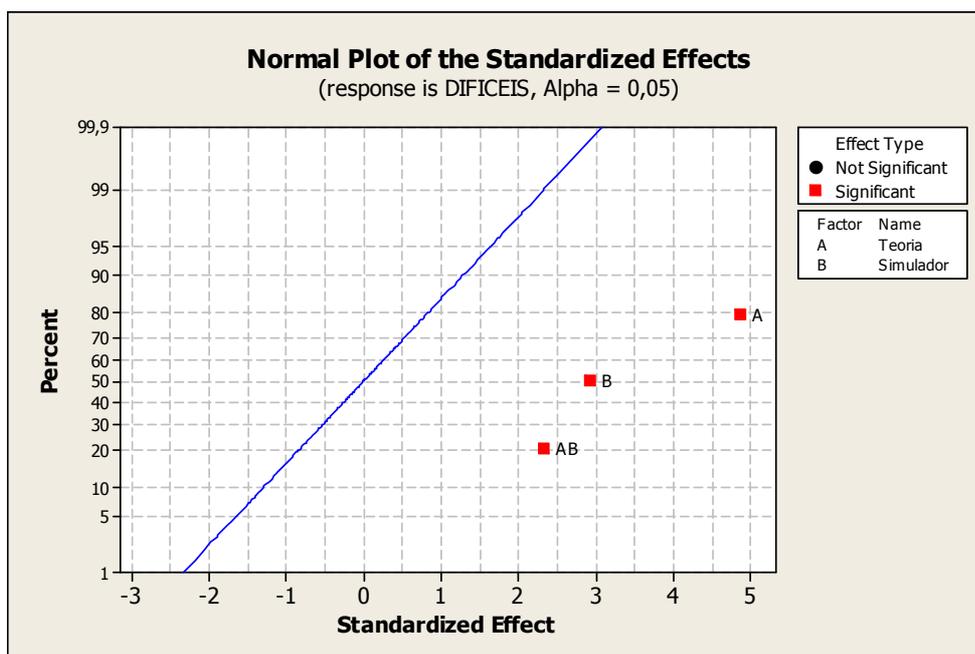


Figura 54- Efeito do uso individual e da interação entre os métodos em relação às questões difíceis

A respeito das questões difíceis, observa-se, na Figura 54, que os dois métodos de ensino, de forma isolada, contribuíram para a aprendizagem dos alunos nas questões fáceis. Além disto, a interação entre a teoria e o simulador também teve efeito significativo para o aumento dessas questões. Já na Figura 55, o gráfico de Pareto mostra que os dois fatores e a interação entre estão posicionados a frente da linha de referência. Esta localização mostra que as três formas de exibição do conteúdo foram significativas para a aprendizagem dos alunos, porém a teoria teve maior significância.

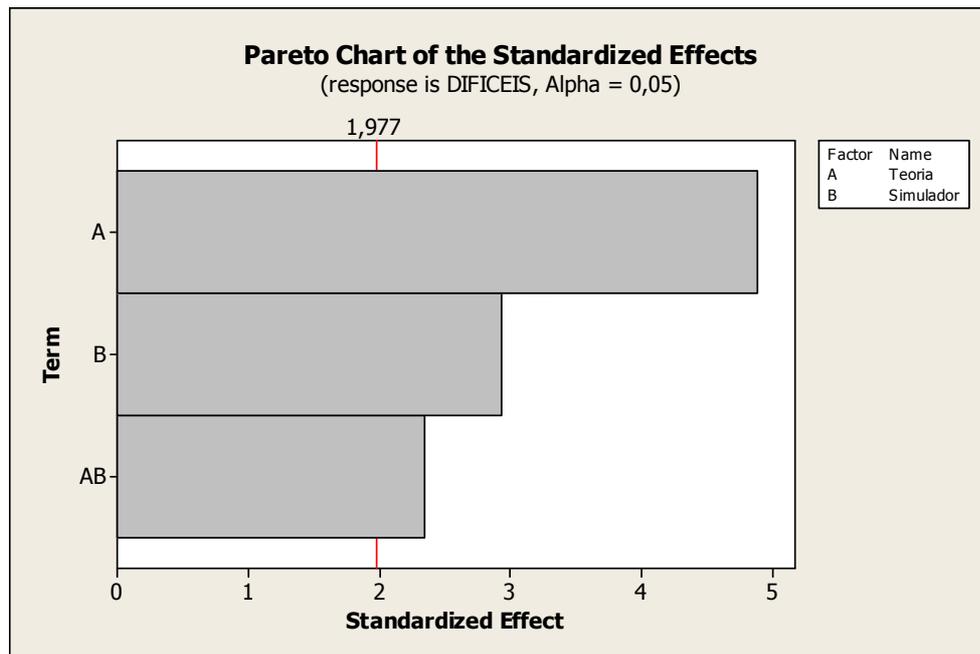


Figura 55- Gráfico de Pareto para os efeitos padronizados dos fatores e interação sobre as questões fáceis

A Figura 56 apresenta o efeito do uso individual da teoria e da simulação no desempenho dos alunos em relação às questões consideradas difíceis.

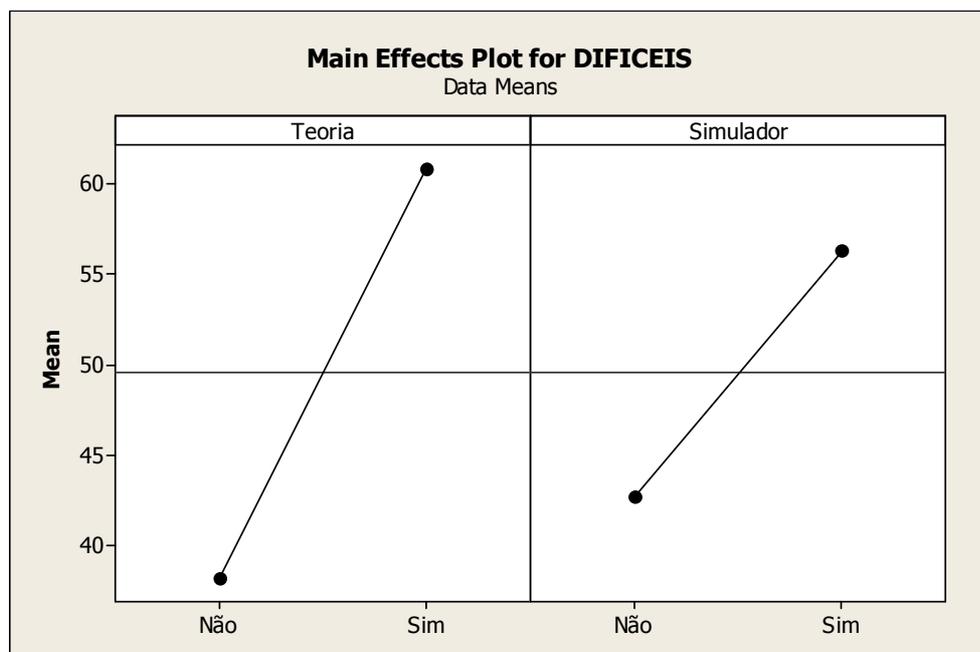


Figura 56- Principais efeitos do uso individual da teoria e da simulação nas questões difíceis

Embora a posição das retas indique que, tanto a teoria quanto a simulação contribuiu para a aprendizagem dos alunos, a Figura 56 mostra que as chances de acertar as questões, para quem não teve teoria, são consideravelmente menores se comparado às chances de quem não teve simulação. Já para quem teve aula teórica, as chances são significativamente altas, porém próximas às de quem teve simulação.

A Figura 57 mostra a análise de interação entre os métodos didáticos em relação às questões difíceis.

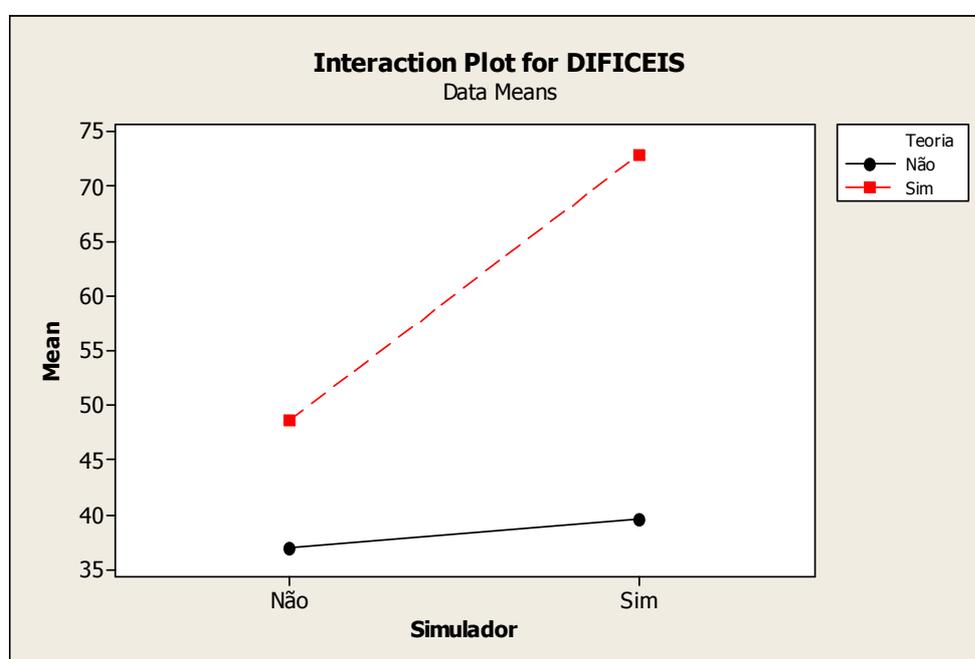


Figura 57- Efeitos da interação entre os dois métodos sobre as questões difíceis

Observando a Figura 57, nota-se que as linhas, que representam a teoria e o simulador não são paralelas. Desta forma, se comprova o efeito significativo na interação dos dois métodos. De uma forma geral, para as questões difíceis, a presença da teoria foi mais significativa, pois as médias estão mais altas que as do *software*. Contudo, apesar do uso individual do simulador ter sido menos eficaz que a teoria, a junção dos dois métodos contribuiu significativamente para o aumento das médias dos alunos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este item traz os principais resultados sobre a pesquisa desenvolvida durante este trabalho. Ele descreve os resultados obtidos com o desenvolvimento da metodologia, além de apresentar os principais resultados sobre a avaliação do modelo, no que se refere à capacidade de provocar aprendizagem e sua qualidade na percepção dos alunos. Além disto, são apontadas algumas limitações observadas durante a pesquisa. Essas limitações influenciaram nas sugestões para trabalhos futuros.

5.1 CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho mostrou o desenvolvimento de uma metodologia específica para construção de modelos de SED com aplicação didática a partir de um estudo detalhado sobre as principais metodologias consolidadas em várias aplicações da simulação em SED. Esta análise fundamentou a construção de uma metodologia com aplicação específica no campo de modelos didáticos de simulação. Esta nova metodologia, por sua vez, permitiu a construção de um modelo que pôde ser aplicado em sala de aula, como ferramenta de auxílio didático. Durante todas as etapas de desenvolvimento do modelo, observou-se que os passos propostos pela metodolo-

gia de construção de simuladores didáticos puderam ser empregados com êxito em todas as fases de sua construção.

O modelo de simulação didático construído a partir dos passos sugeridos pela nova metodologia foi implementado nos cursos técnicos de nível médio das áreas de Eletrônica, Informática e Telecomunicações. O uso desta ferramenta em sala de aula, como recurso didático associado à teoria, proporcionou um aumento da aprendizagem dos alunos destes cursos. O nível de aprendizagem dos alunos pôde ser medido a partir de testes estatísticos que identificaram, através do índice de acerto, se os rendimentos dos alunos melhoravam ou pioravam na presença e na ausência do modelo didático. Esta avaliação revelou que alunos que foram mais beneficiados pela integração da teoria com o simulador em aula, foram aqueles com médias abaixo de 6. Este resultado deixou estes discentes com um desempenho próximo aos alunos com médias iguais ou maiores que 8. Desta forma, pode-se afirmar que o uso do simulador como recurso didático foi mais eficiente nos alunos com dificuldade de aprendizagem.

Além dos experimentos realizados com os alunos na presença e ausência da teoria e da simulação, durante a implementação do modelo com a teoria, foi testado o efeito da ordem de aplicação dos métodos em sala de aula. Este teste teve o objetivo de identificar se a ordem de aplicação do método pode influenciar na aprendizagem dos alunos. Desta, identificou-se um maior rendimento nos alunos cuja aula foi iniciada com o modelo. Este resultado pode ser justificado pela motivação em aprender com um método novo e atrativo já no início da aula.

Em relação ao grau de dificuldade das questões, a interação da simulação com a teoria mostrou-se mais significativos na aprendizagem das questões fáceis e difíceis. Sobre as questões com médio grau de dificuldade, o modelo e a teoria foram mais significativos para a aprendizagem quando aplicados de forma individualizada. Sendo também observada nessas questões a maior contribuição do simulador didático (aproximadamente 22%).

A fim de verificar a qualidade do modelo e adequá-lo cada vez mais às necessidades dos alunos, realizou-se uma avaliação sobre a capacidade do modelo em traduzir os conceitos propostos pelo professor, sobre a qualidade das imagens da animação e por fim, avaliou-se a interação do aluno com o modelo. Esta avaliação, na etapa de testes, mostrou que o modelo necessitava de alguns ajustes nas

imagens que foram exibidas para os alunos. Essas modificações foram feitas, resultando em avaliações positivas na etapa de implementação, onde foi respeitada a mesma pesquisa de qualidade.

É importante frisar que esta nova aplicação surge a partir da utilização das versões livres de custo oferecidas pelas empresas que comercializam os *softwares* de DES. Esta característica viabiliza a construção e utilização de simuladores didáticos sem nenhum ônus para escola e para o professor. Além disto, possibilita ao aluno sua utilização fora do ambiente escolar e ao professor, a construção com pouco treinamento e tempo de construção.

Sobre a metodologia para desenvolvimento de modelos de simulação didáticos, antes de ser consolidada na área proposta, esta deverá ser validada através da construção de vários modelos, a fim de identificar se a mesma já se encontra apta a atender as particularidades de um modelo didático e as reais necessidades do professor durante a construção do método.

5.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

O presente trabalho apresentou algumas questões importantes que limitaram o desenvolvimento desta pesquisa. Essas questões se referem à análise das metodologias empregadas na construção de modelos de SED, avaliação da metodologia proposta nesta pesquisa e avaliação do modelo construído.

Sobre a análise das metodologias empregadas em SED, este trabalho limitou-se a estudar três dos principais processos de dois autores internacionais e um autor nacional, embora, existam outras metodologias apresentadas por autores brasileiros e estrangeiros que não foram analisadas durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Na avaliação da metodologia proposta, foi construído somente um modelo que testou sua aplicabilidade em todas as fases do processo de construção de simulador didático. Esta avaliação, embora tenha sido satisfatória, deveria ser feita a partir da construção de vários outros modelos que também deveriam ser avaliados, assim como foi feito no modelo apresentado neste trabalho.

Na avaliação do modelo construído, foram observadas duas limitações. A

primeira limitação está relacionada ao número de escolas onde o modelo pode ser implementado e avaliado. Foi possível apenas avaliar alunos de duas instituições públicas de ensino e uma particular. A particular possuía um número de alunos muito reduzido, se comparado ao quantitativo de discentes das duas instituições públicas. Desta maneira, para viabilizar a comparação dos resultados, esta avaliação deveria ser feita também, em outras escolas privadas, a fim de aumentar o número de alunos e deixar a amostra mais heterogênea. A segunda limitação foi a impossibilidade de comparar o modelo didático construído com um *software* ou *kit* didático que representasse os mesmos conceitos sobre o conteúdo.

5.3 TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para continuidade dos estudos realizados na área de aplicação de simulação em SED como modelos didáticos são sugeridos os seguintes estudos:

- Avaliação da metodologia proposta como processo aplicado especificamente na construção de modelos didáticos desenvolvidos em SED.
- Construção e avaliação de novos modelos aplicados em diferentes níveis de ensino, a fim de verificar em quais cenários da educação esta ferramenta se aplica.
- Testar o uso de modelos didáticos com alunos que possuem déficit de atenção, ou qualquer outra necessidade intelectual.
- Avaliar um modelo de SED construído pelo professor e um kit ou software didático similar a fim de comparar os resultados das duas avaliações no desempenho dos alunos.
- Investigar a preferência dos professores no que se refere a ministrar aulas com simuladores ou *Kits* didáticos ou aula teórica.
- Por fim, desenvolver um projeto que tenha o objetivo de capacitar docentes de diferentes áreas de ensino para construção de seus próprios modelos didáticos, além de acompanhar o resultado da implementação destes modelos em sala de aula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUTOMOD. **Simulation of production and logistics systems**. Disponível em: <<http://www.automod.se/eng/home.html>> Acesso em: 06 junho 2013.

BANKS, J. Et al. **Discrete - Event System Simulation**. 4 ed. New Jersey: Prentice Hall, 2005, 608 p.

BANKS, J. Et al. **Discrete-Event System Simulation**. 5 ed. New Jersey: Prentice Hall, 2010.

BANKS, J.; CARSON, J. S. **Discrete-Event System Simulation**. Prentice-Hall international series in industrial and system engineering. New Jersey: Prentice Hall, 1984, 514p.

Brasil. Ministério da Educação e cultura. **Proeja** . Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_contentview=articleid=12288&Itemid=562> Acesso em: 06 junho 2013.

_____. **Brasil Profissionalizado**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_contentview=articleid=12325&Itemid=663> Acesso em: 06 junho 2013.

_____. **ProInfo - Programa nacional de tecnologia educacional**. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=462>> Acesso em: 06 junho 2013.

_____. **Pronatec - Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego**. Disponível em: < <http://pronatec.mec.gov.br/index.php>> Acesso em: 06 junho 2013.

CARSON, John S. Simulation Concepts in Manufacturing and Material Handling. In: **Proceedings** of 1990 AUTOFAC90, ISBN 0-87263-389-6. Detroit, Michigan: Society of Manufacturing Engineers, 1990.

CARSON, John S. Introduction to modeling and simulation. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2004, Piscataway, New Jersey. **Proceeding...** . Piscataway, New Jersey: Intitute of Electrical and Electronic Engineers, 2004. p. 9-16.

CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso Celso. **Modelagem e simulação de eventos discretos**: teoria e aplicações. São Paulo: Bravarte, 2007.

FERREIRA, L. C. R. N. P. **Geração Automática de Modelos de Simulação de uma Linha de Produção na Indústria Eletrônica**. 2003. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Universidade do Minho/Escola de Engenharia, Braga, 2003.

FIALHO, N. N.; MATOS, E. L. M. A arte de envolver o aluno na aprendizagem de ciências, utilizando software educacionais. **Educar em Revista**, Curitiba, Brasil, n. especial 2, p. 121-136, 2010.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: Saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996. 165 p.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas**: com aplicações em arena. 2 ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

GOLDSMAN, David. A simulation course for high school students. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2007, Piscataway, New Jersey. **Proceedings...** . Piscataway, New Jersey: Institute Of Electrical And Electronic Engineers, 2007. p. 2353 - 2356.

HARRELL, Charles R. Et al. **Simulation Using ProModel®**. New York, USA: McGraw-Hill, 2000. 716 p.

HOFFLER, Tim N.; LEUTNER, Detlev. Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. **Learning and Instruction**, v. 17, n. 6, p 722-738, 2007.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE: Pesquisa Mensal de Emprego abril 2013.** Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Trabalho_e_Rendimento/Pesquisa_Mensal_de_Emprego/fasciculo_indicadores_ibge/2013/pme_201304pubCompleta.pdf > Acesso em: 05 junho de 2013.

KINCAID, J. P.; WESTERLUND, K. K. Simulation in education and training. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2009, Piscataway, New Jersey. **Proceedings...** . Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronic Engineers, 2009. p. 273 - 280.

LACERDA, R. T. O. Et al. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Revista Gestão de Produção.** 2012, vol.19, n.1, pp. 59-78. ISSN 0104-530X.

LAW, A. M. **Simulation modeling e analysis.** 4 ed. New York: McGraw-Hill, 2007.

LAW, A. M., KELTON, W. D; **Simulation Modeling and Analysis.** 3 ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation Modeling and Analysis.** 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1991.

LEAL, F. Et al. A Practical Guide for Operational Validation of Discrete Simulation Models. **Pesquisa Operacional**, V. 31(1), 2011, P. 57-77.

LISBOA, F. ; VIEIRA, G.; Simuladores De Circuito Pneumático Como Ferramenta De Ensino. **Revista E -Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial**, Florianópolis, n. esp. Metal mecânica, p. 105- 114, 2012.

MOLINA, C.E.C. Et al. Proposta de Utilização da Simulação a Eventos Discretos no Ensino da Engenharia de Produção. **PeD em Engenharia de Produção** V. 08 N. 01 p. 11-15. Itajubá, MG, 2010.

MONTEVECHI, J. A. B. Et. al. Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company. In: Winter Simulation Conference, **Proceedings...** Baltimore, MD, USA, 2010.

MONTGOMERY, D.C. **Design and Analysis of Experiments**, 6 ed, John Wiley and

Sons, Arizona, USA, 2009.

NASCIMENTO, J. R; RANGEL, J. J. D. S. **Modelos de Simulação a Eventos Discretos como Recursos Didáticos no Ensino Médio**. IN: CONGRESSO LATINO-IBEROAMERICANO DE INVESTIGAÇÃO OPERATIVA, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, Rio de Janeiro, 2012.

NASCIMENTO, J. R; **Simulação a Eventos Discretos como ferramenta para construção de Modelos Didáticos**: aplicações no ensino de Física. 2013. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – UCAM/Campos, RJ, 2013.

PARAGON. **A paragon: Apresentação**. Disponível em: <http://www.paragon.com.br/padrao.aspx?apresentacao_content_ct_1677_2065_.aspx> Acesso em: 06 junho 2013.

PEGDEN, C. D. Et al. **Introduction to simulation using SIMAN**. 2 ed. New York: McGraw-Hill, 1990.

PEGDEN, C. D. Et al. **Introduction to simulation using SIMAN**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1995.

PEIXOTO, T. A. Et. al . Ururau - Um Ambiente para Desenvolvimento de Modelos de Simulação a Eventos Discretos. **Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, v.5, 373-405, Rio de Janeiro, 2013.

PROMODEL. Technology-Enabled Predictive Analytics. **Manufacturing**. Disponível em: <<http://www.promodel.com/industries/manufacturing.asp#tabbed-nav=tab1>> Acesso em: 06 junho 2013.

_____. **Solutions**. Disponível em: < <http://www.promodel.com/solutions>> Acesso em: 06 junho 2013.

RANGEL J. J. A; Et al. Simulação a eventos discretos como recurso didático em disciplina de física no Ensino. **Modelo de S e G. Sistemas e Gestão**, v.6, 56-71, 2011. Disponível em: < <http://www.uff.br/sg/index.php/sg/article/view/V6N1A4>>, Acesso em: 26 de Fevereiro de 2013.

SAKURADA, Nelson; MIYAKE, D. I. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. **Revista Gestão**

da Produção. São Carlos, v. 16, n. 1, p. 25-43, jan.-mar. 2009.

SANTOS, M. P. **Introdução à Simulação Discreta.** 1999. 165f. Apostila – UERJ, Rio de Janeiro, 1999. Disponível em: <<http://www.mpsantos.com.br/simul/arquivos/simul.pdf>>, Acesso em: 10 de Abril de 2013.

SARGENT, Robert G. Verification and validation for simulation models. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2010, Piscataway, New Jersey. **Proceedings...** . Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronic Engineers, 2010. p. 166-183.

SARGENT, Robert. G. Verification and validation of simulation models In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2013, **Proceedings...** Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronic Engineers, 1984, p. 114–121.

SILVA, J. E. A. R. Et al. Planejamento de turnos de trabalho: uma abordagem no setor sucroalcooleiro com uso de simulação discreta. **Revista Gestão de Produção.** 2011, vol.18, n.1, pp. 73-90. ISSN 0104-530X. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2011000100006>>, Acesso em: 13 de Abril 2013.

SILVA, T. M. P; RANGEL, J. J. D. S. Discrete event simulation as didactic support to the teaching of telecommunications systems: applications in digital telephony. In: **Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference.** New Jersey: Institute of Electrical and Electronic Engineers, 2011.

SILVA, T. M. T; **Simulação a eventos discretos para construção de modelos didáticos:** aplicações de comunicação digital em telefonia. 2011.103f. Dissertação (Mestrado em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional) – UCAM/Campos, RJ, 2011.

STRACK, J. **Gps: Modelagem e simulação de sistemas.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1984.

TANENBAUM, Andrews. **Redes de Computadores.** 5 ed. Rio de Janeiro. Campus, 2003.

TELEBRAS. Telecomunicações Brasileiras. **Programa Nacional de Banda Larga – PNBL.** Disponível em: <http://www.telebras.com.br/inst/?page_id=605> Acesso em:

06 junho 2013.

TORGA, B. L. M. **Modelagem, Simulação e Otimização de Sistemas Puxados de Manufatura**. 2007. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - UNIFEI, Itajubá, 2007.

TORRES, A. L. L. **Simulação baseada em atores como ferramenta de ensino de organização e arquitetura de computadores**. 2012. 112f. Dissertação (Mestrado em Informática) – UFPB/CCEN, João Pessoa, 2012.

TORRES, GABRIEL. **Redes de Computadores- Curso Completo**. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil, 2001.

WHITE JR, K. P.; INGALLS, R. G. Introduction to simulation. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2009, Piscataway, New Jersey. **Proceedings...** . Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronic Engineers, 2009. p. 12 - 23.

APÊNDICE A - QUADRO COM AS DESCRIÇÕES E PARÂMETROS DO MODELO CONCEITUAL

Item	Descrição	Parâmetros	Item	Descrição	Parâmetros
E1	Informação de entrada	Constante; 1 por vez; Max.100	F16	Controla fluxo dos pacotes TCP	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
E2	Pacote TCP	Constante; 1 por vez;	F17	Controla erros e sequência nos pacotes TCP	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
E3	Datagrama UDP	Constante; 1 por vez	F18	Descarta pacotes com erro	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
E4	Dados do servidor FTP	Constante; 1 por vez	F19	Gerencia e controla sessão	2-way by chance; 80%
E5	Dados do servidor HTTP	Constante; 1 por vez	F20	Sessão Half	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
E6	Dados do servidor DNS	Constante; 1 por vez	F21	Sessão Full	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F1	Amplificação	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	F22	Representa dados baseado no formato	N-way by chance; 40%, 30%, 30%
F2	Define bit "1" e bit "0"	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	F23	Representa texto através do ASCII	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F3	Forma		F24	Representa	Triangular; 1 por vez;

	quadros		vídeo através do MPEG	min. 0,5; max. 1.5
F4	Define MAC	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	F25 Representa foto através do JPEG	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F5	Insera controle de erro	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	F26 Identifica o serviço	N-way by chance; 50%, 25%, 25%
F6	Inspeciona quadros	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	F27 Serviço do HTTP	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F7	Fila de acesso ao meio	Delay 2 segundos	F28 Serviço do FTP	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F8	Descarta quadro com erro	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	F29 Serviço do DNS	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F9	Forma pacotes	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	M1 Envia os bits para camada 2	Route time 30 segundos
F10	Define IP	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	M2 Envia os quadros para camada 3	Route time 2 segundos
F11	Faz roteamento baseado no serviço	2-way by chance; 75%	M3 Envia os pacotes para camada 4	Route time 10 segundos
F12	Serviço orientado a conexão	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	M4 Envia os dados para camada 5	Route time 10 segundos
F13	Serviço não orientado a conexão	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	M5 Envia os dados para camada 6	Route time 10 segundos
F14	Define o protocolo conforme F12/ F13	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	M6 Envia os dados para camada 7	Route time 10 segundos
F15	Entrega os datagramas UDP	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	M6 Envia os dados para camada 7	Route time 10 segundos

APÊNDICE B - MODELO COMPUTACIONAL PARTE I

APÊNDICE C - MODELO COMPUTACIONAL PARTE II

APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO MODELO NA PERCEPÇÃO DO ALUNO E PROFESSOR

Prezado:

O objetivo principal deste modelo de simulação é representar conceitos abordados no estudo sobre as camadas do Modelo de Referência OSI.

Os objetivos específicos do modelo são:

- ⤴ Representar as principais funções realizadas em cada camada.
- ⤴ Mostrar como ocorre o processo de encapsulamento e desencapsulamento da informação, conforme a mesma percorre as camadas do modelo.
- ⤴ Mostrar a atuação de alguns protocolos em cada camada do modelo.

1) No que se refere ao objetivo proposto no modelo, julgue as afirmações a seguir:

a) O modelo de simulação representa os conceitos propostos no objetivo.

(1) discordo completamente (2) discordo parcialmente (3) nem concordo nem discordo (4) concordo parcialmente (5) concordo completamente (N) não sei

b) O modelo permite visualizar as funções realizadas em cada camada.

(1) discordo completamente (2) discordo parcialmente (3) nem concordo nem discordo (4) concordo parcialmente (5) concordo completamente (N) não sei

c) O modelo permite visualizar o processo de encapsulamento e desencapsulamento das informações no modelo.

(1) discordo completamente (2) discordo parcialmente (3) nem concordo nem discordo (4) concordo parcialmente (5) concordo completamente (N) não sei

d) O modelo permite visualizar a atuação dos protocolos representados em cada camada.

(1) discordo completamente (2) discordo parcialmente (3) nem concordo nem discordo (4) concordo parcialmente (5) concordo completamente (N) não sei

2) Sobre a qualidade das imagens apresentadas, julgue as afirmativas a seguir:

a) As imagens do modelo são claras

(1) discordo completamente (2) discordo parcialmente (3) nem concordo nem discordo (4) concordo parcialmente (5) concordo completamente (N) não sei

b) É possível perceber detalhes da imagem durante a animação

(1) discordo completamente (2) discordo parcialmente (3) nem concordo nem discordo (4) concordo parcialmente (5) concordo completamente (N) não sei

3) No que se refere a interação do modelo, julgue as afirmativas a seguir:

a) Você conseguiu interagir com o modelo.

(1) discordo completamente (2) discordo parcialmente (3) nem concordo nem discordo (4) concordo parcialmente (5) concordo completamente (N) não sei

b) Você conseguiu extrair informação a partir da interação.

(1) discordo completamente (2) discordo parcialmente (3) nem concordo nem discordo (4) concordo parcialmente (5) concordo completamente (N) não sei

4) No que se refere a qualidade da imagem durante a exibição do modelo, enumere os itens a seguir ordenando as mídias, da mais adequada (1º Lugar) a inadequada

(4º Lugar):

- | | |
|---|--------------|
| () Computador com tela de 17 polegadas | 1 - 2º Lugar |
| () Notebook com tela de 14 polegadas | 2 - 2º Lugar |
| () TV com tela de LED de 42 polegadas | 3 - 3º Lugar |
| () Datashow ou projetor multimídia | 4 - 4º Lugar |

5) Dê a sua opinião sobre o modelo de simulação didático apresentado:

APÊNDICE E - TESTE PARA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DO ALUNO

<p style="text-align: center;">AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DO ALUNO TESTE SOBRE O CONTEÚDO SIMULADO NO MODELO</p>	<p>Grupo:</p>	<p>Nº do Questionário</p>
---	---------------	-------------------------------

Nome: _____

1) Com relação ao número de camadas do modelo OSI, marque a opção correta:

- a) Possui 6 camadas
b) Possui 8 camadas
c) Possui 7 camadas.
d) Possui 3 camadas.
e) Nenhuma das alternativas anteriores.

2) Relacione o nome de cada camada abaixo de acordo com o número de sua posição dentro do Modelo OSI:

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Camada (___) Camada de Rede | Camada (___) Camada de Sessão |
| Camada (___) Camada de Apresentação | Camada (___) Camada de Aplicação |
| Camada (___) Camada Física | Camada (___) Camada de Transporte |
| Camada (___) Camada de Enlace | |

A alternativa que apresenta a ordenação correta de acordo com as posições acima é:

- | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| a) Camadas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. | c) Camadas 3, 5, 1, 2, 6, 7 e 4. | e) Camadas 3, 4, 1, 2, 6, 7 e 5. |
| b) Camadas 3, 6, 1, 2, 5, 7 e 4. | d) Camadas 4, 5, 7, 6, 1, 3 e 2. | |

3) Faz parte das funções do modelo OSI exceto:

- a) Ao passar pelas camadas, adicionar um cabeçalho aos dados do usuário a serem transmitidos para outro sistema, modificando sua estrutura.
- b) Permitir que sistemas de protocolos e fabricantes diferentes se comuniquem.
- c) Trata a informação a medida que passa pelas camadas, prestando serviço para camada imediatamente superior.
- d) Garantir que somente redes com protocolos iguais se comuniquem.
- e) Nenhuma das alternativas

4) Sobre o processo de encapsulamento e desencapsulamento, julgue (V) para verdadeiro e (F) para falso:

- () É o processo onde as informações vão adquirindo novos formatos, a medida que passam pelas camadas do modelo OSI.
- () No encapsulamento os dados vão perdendo algumas informações de cabeçalho a medida que passa pelas camadas.
- () No desencapsulamento, os dados vão adquirindo novas informações no campo de cabeçalho a medida que passa pelas camadas do modelo OSI.
- () As informações vão ficando mais robustas conforme alcançam as camadas superiores.
- () Na primeira camada os dados estão no formato mais simples.

A alternativa que apresenta o correto julgamento dos itens acima é:

- | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| a) F, V, F, F e V. | c) V, F, F, V e V. | e) V, F, F, V e F. |
| b) V, V, F, V e F. | d) V, F, F, F e V. | |

5) Sobre o formato da PDU em cada camada do modelo OSI, associe a segunda coluna de acordo com a primeira:

- | | |
|--------------------------|---|
| (1) Bits ou sinal | () Camada Transporte |
| (2) Quadros ou frames | () Camadas Sessão, apresentação e aplicação. |
| (3) Pacote ou datagramas | () Camada Física |
| (4) Seguimentos | () Camada Enlace |
| (5) Dados | () Camada Rede |

A alternativa que representa a associação correta entre as colunas é:

- a) 4, 2, 1, 3 e 5. c) 4, 5, 1, 3 e 2. e) 5, 4, 3, 2 e 1.
 b) 3, 5, 1, 2 e 4. d) 4, 5, 1, 2 e 3.

6) Informe os nomes das camadas que realizam as seguintes funções abaixo:

() Realiza a leitura dos bits, identificando a informação, endereço MAC de origem, endereço MAC de destino e inserindo método de detecção de erro.

() Representa os dados através de códigos apropriados para que o dispositivo de destino possa compreender a informação, como foto e texto.

() Trata a informação a nível de sinal, amplificando o mesmo e diferenciando "0" e "1".

() Presta serviço diretamente para o usuário, entregando a informação através de seus aplicativos.

() Faz o roteamento dos pacotes e datagramas a partir do endereço IP, sem acompanhar os pacotes pela rede.

() Controla o diálogo entre dois hosts, podendo alterar a forma de comunicação para Half ou Full Duplex.

() Transporta os dados, garantindo que os pacotes cheguem ao destino.

A alternativa que representa a sequência dos nomes das camadas de acordo com a descrição das funções acima é:

- a) Enlace, apresentação, física, aplicação, transporte, sessão e rede.
 b) Transporte, sessão, rede, física, aplicação, enlace e apresentação.

- c) Enlace, apresentação, física, aplicação, rede, sessão e transporte.
- d) Física, apresentação, enlace, aplicação, sessão e transporte.
- e) Nenhuma das alternativas anteriores.

7) Informe a camada onde os protocolos, codificações ou códigos de representação atuam:

- | | | | |
|---|------------------|---|----------------|
| (|) HTTP, FTP, DNS | (|) JPEG e ASCII |
| (|) TCP/UDP | (|) Ethernet |
| (|) IP | (|) Manchester |

A alternativa que representa corretamente os nomes das camadas relacionados aos protocolos de atuação é:

- a) Apresentação, transporte, rede, aplicação, enlace e física.
- b) Aplicação, transporte, rede, apresentação, enlace e física.
- c) Transporte, sessão, rede, física, aplicação, enlace e apresentação.
- d) Aplicação, transporte, rede, apresentação, física e enlace.
- e) Nenhuma das alternativas anteriores.

8) Se existe a ocorrência de um aumento dos dados transmitidos em uma rede, esta pode gerar atraso conforme seu estado atual. Neste contexto, qual o termo adequado para o controle de bits enviado ao mesmo tempo na rede?

- | | | |
|---------------------------|----------------------|--------|
| a) Controle de sequência. | c) Controle de fluxo | e) NDA |
| b) Controle de erro. | d) Controle de bits. | |

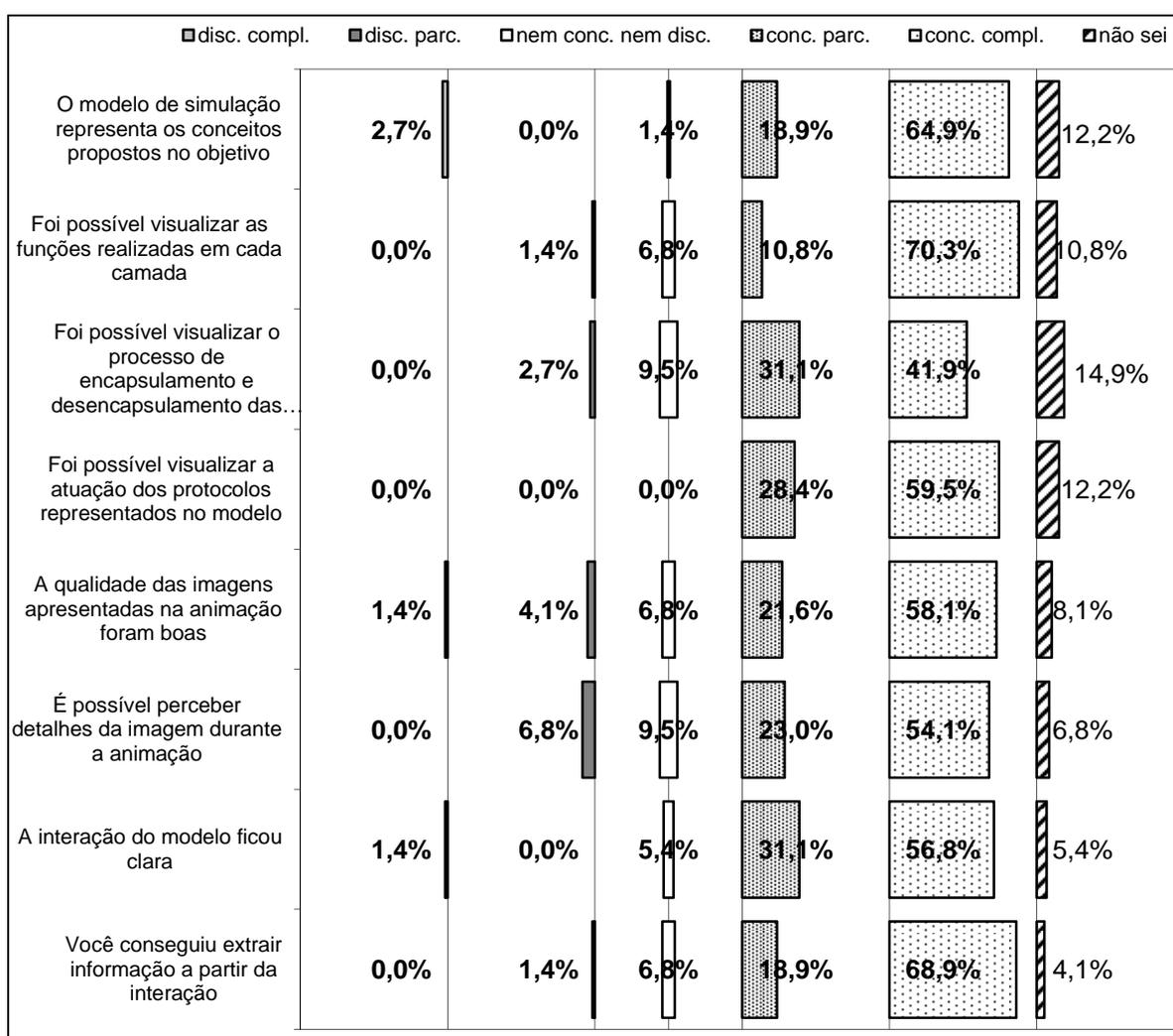
9) Marque a alternativa que apresenta um dispositivo de rede usado na camada de enlace, rede e física, respectivamente:

- | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|--------|
| a) HUB, roteador e bridge. | c) Bridge, roteador e conector. | e) NDA |
| b) Roteador, cabo e switch. | d) Switch, hub e roteador. | |

Dados Pessoais:

1. Moradia: (1) urbana (2) rural	2. Faixa etária: (1) 15 a 19 anos (2) 20 a 24 anos (3) 25 a 29 anos (4) 30 a 39 anos (5) 40 a 49 anos (6) Mais de 50 anos	3. Escola: (1) IFF (2) Escola particular (3) IFF Guarus	4. Curso: (1) Téc. de Informática (2) Téc. de Eletrônica do Proeja (3) Téc. Telecomunicações (4) Téc. de Eletrônica Integr. (5) Infor. Integrado	5. Turno que estuda: (1) Manhã (2) Tarde (3) Noite (4) Integral	6. Ocupação: (1) Só estuda (2) Trabalha e estuda.
--	---	--	---	---	---

APÊNDICE F – GRÁFICO COM RESULTADOS SOBRE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO MODELO



APÊNDICE G - PUBLICAÇÕES ORIGINADAS

ARTIGO PUBLICADO: EMEPRO 2013

Congresso:

IX Encontro Mineiro de Engenharia de Produção (EMEPRO 2013).

Título do artigo:

Simulação a Eventos Discretos como ferramenta pedagógica nas áreas de Telecomunicações e Informática

Autores:

Cíntia de Lima Rangel (UCAM-Campos / IFF) - cintiade.lima@yahoo.com.br

João José de Assis Rangel (UCAM-Campos) - joao@ucam-campos.br

Endereço para download:

www.fmepro.org/XP/XP.../XP-ArtigosResumoAprovadosOral.php?...16

ARTIGO SUBMETIDO: REVISTA PODes 2013

Periódico:

Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento (Revista PODes 2013).

Título do artigo:

Construção de Modelos de Simulação a Eventos Discretos para aplicação como recurso didático

Autores:

Cíntia de Lima Rangel (UCAM-Campos / IFF) - cintiade.lima@yahoo.com.br

João José de Assis Rangel (UCAM-Campos) - joao@ucam-campos.br

Janaína Ribeiro Nascimento (UCAM-Campos / IFF) - janaina_rn@yahoo.com.br

Resumo:

O objetivo do presente trabalho é apresentar uma proposta metodológica para ser empregada na construção de modelos de simulação a eventos discretos, a fim de serem utilizados como recursos didáticos. Apesar de existirem várias metodologias que podem auxiliar na construção de modelos de simulação, nenhuma delas apresenta, de forma direta, os elementos necessários para a construção de um modelo de simulação com fins didáticos. Três metodologias com larga aplicação e citações na área foram avaliadas, e verificados os elementos essenciais necessários para elaboração de um modelo de simulação para ser construído por um professor não especialista em simulação discreta. Dois modelos de simulação foram construídos por dois professores das disciplinas de Informática e Física como forma de testar a metodologia proposta. A versão livre de custos do software Arena foi utilizada em ambos os modelos como ambiente de desenvolvimento dos modelos de simulação. Os modelos foram aplicados em aulas das respectivas disciplinas e se mostraram adequados para auxiliar a explanação e visualização dos conceitos dinâmicos exigidos para a apresentação dos conteúdos abordados.

Palavras-chave: Simulação a eventos discretos, simuladores, recursos didáticos.

Abstract:

The aim of this paper is to present a methodology to be employed in the construction of discrete events simulation models, in order to be used as teaching resources. Although there are several methods that can assist in building simulation models, none of them has, directly, the elements needed to build a simulation model with didactic

purposes. Three methodologies with broad application and citations in the area were assessed, and verified the essential elements required for development of a simulation model to be built by a non-specialist teacher in discrete simulation. Two simulation models were constructed by two teachers of the disciplines of Informatics and Physics as a way to test the methodology proposed. The free of cost version of the Arena software was used in both models as development environment of the simulation models. The models were applied in their respective disciplines and were suitable to assist the explanation and visualization of dynamic concepts required for the presentation of the content covered.

Key words: Discrete event simulation, simulators, educational resources.

1. INTRODUÇÃO

Segundo White e Ingalls (2009), existem duas categorias de aplicação para a simulação. A primeira relaciona-se com a formação e treinamento de pessoas. Ou seja, profissionais das mais variadas áreas podem utilizar os ambientes simulados para, por exemplo, aperfeiçoarem suas habilidades práticas ou, até mesmo, aprenderem certos procedimentos que envolvam alto risco. A segunda categoria inclui a análise e projeto de dispositivos ou processos, sendo amplamente utilizada por empresas para auxiliar, principalmente, a tomada de decisão. Na segunda categoria, podem ser encontrados, com larga aplicação, os ambientes de simulação a eventos discretos (SED). Por outro lado, recentes trabalhos, como Goldsman (2007), Rangel *et al.* (2010), e Silva e Rangel (2011), demonstraram a possibilidade de utilização dos softwares empregados na construção de modelos de SED como uma ferramenta capaz de auxiliar professores em suas aulas.

Na realidade, o que foi proposto, de forma comum, por estes trabalhos citados, foi a construção de modelos de simulação de maneira simples e prática por um professor, da mesma forma que ele poderia elaborar uma planilha ou uma apresentação para enriquecer a explicação de suas aulas. Ou seja, no momento em que um professor sinta a necessidade de ter um instrumento que possa auxiliá-lo na explanação e visualização dinâmica de um determinado conteúdo de uma aula, ele possa utilizar um modelo de simulação para auxiliá-lo neste propósito. A partir desta

perspectiva, o que se vê é uma ampliação do campo da SED, quando o assunto é ensino e treinamento. Isto pode ser justificado, já que esses modelos são preparados por pessoas não especialistas em simulação e os mesmos não são empregados com propósito de análise de algum sistema tipicamente abordado na área da SED.

Ora, normalmente, modelos de simulação são elaborados por especialistas da área, após, no mínimo, meses de experiência. O que está sendo proposto agora é que modelos de simulação sejam elaborados por professores de variadas disciplinas, principalmente do ensino médio, não especialista em modelagem e simulação. Esta proposta se fundamenta a partir da facilidade de programação ou também podendo dizer de “manuseio” dos softwares atuais utilizados na construção dos modelos de simulação discreta. A palavra manuseio pode ser utilizada uma vez que o professor pode elaborar um modelo de forma simples, sem ser um especialista em programação de computadores.

Como destacado por Law (2007), os ambientes de SED oferecem uma gama de recursos para o desenvolvimento de modelos de simulação, tais como gráficos, mostradores, contadores, entre outros, além de permitir a animação gráfica. Hoje, esses ambientes são softwares de grande capacidade a ponto de permitir a construção de modelos de simulação em tempo curto e com alto grau de detalhes. Nestes ambientes, não é necessário escrever muitas linhas de código, pois o processo de criação do modelo de simulação é gráfico, visual e de maneira integrada, utilizando blocos gráficos, que representam várias funções. Ou seja, do ponto de vista da programação, é relativamente simples construir um modelo de SED. No entanto, pode-se obter uma solução de grande capacidade e complexidade em pouco tempo e a baixo custo.

Diante da perspectiva exposta, o objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta metodológica a fim de ser empregada na construção de modelos de SED para serem utilizados como recurso didático, empregando softwares nas suas versões livre de custos. A construção de um modelo de simulação é um processo que requer um planejamento de etapas. Este planejamento é necessário para que se definam claramente os objetivos do modelo idealizado e também que se minimize a ocorrência de erros. Segundo Sargent (2012), a metodologia de simulação pode ser vista como uma ferramenta composta por passos ou procedimentos que conduzam à representação adequada de um sistema através de modelos de

simulação.

2. METODOLOGIAS DE SIMULAÇÃO

Existem várias metodologias empregadas na construção de modelos de simulação a eventos discretos propostas pela bibliografia especializada na área. Porém, como já era esperado, nenhuma delas apresenta, de forma direta, os elementos necessários para a construção de um modelo de simulação com fins didáticos.

A proposta apresentada aqui foi a de avaliar, inicialmente, três metodologias com larga aplicação e citações na área, e analisar os elementos essenciais necessários à elaboração de um modelo de simulação a ser construído por um professor não especialista em simulação discreta. A escolha teve como critério referenciar duas metodologias descritas na literatura internacional e uma na nacional. Neste contexto, considerou-se como base o ano de publicação da primeira edição do livro, assim como o lançamento de novas edições. A escolha recaiu sobre as metodologias apresentadas em Banks *et al.* (2010), Law (2007), e Freitas Filho (2008), respectivamente.

Inicialmente, foi realizada uma comparação entre estas três metodologias, de modo a verificar os pontos comuns e particulares entre os passos sugeridos pelos autores. A Figura 1 traz o número e a sequência dos passos propostos nas três metodologias analisadas:

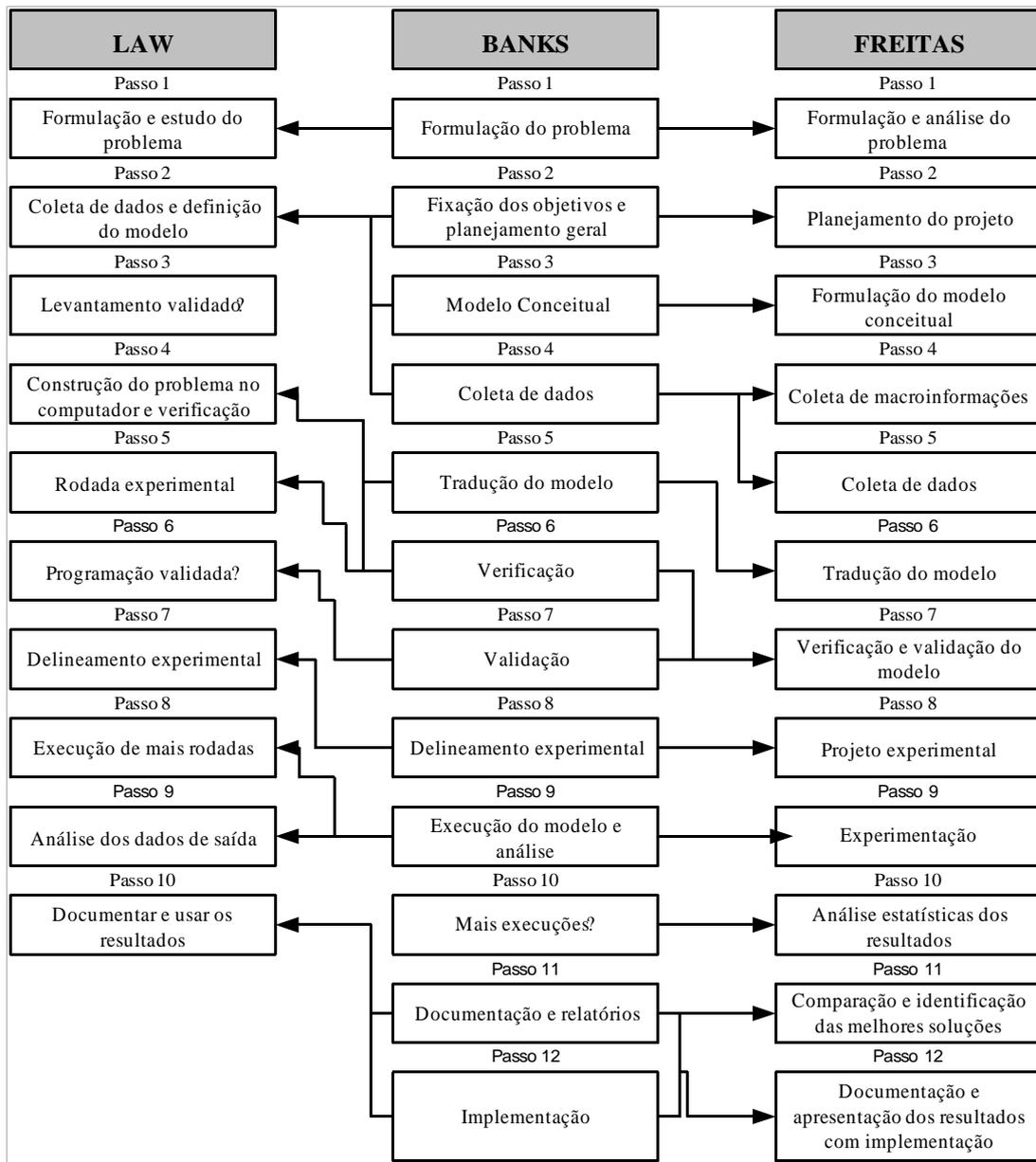


Figura 1- Comparação entre as diferentes metodologias de simulação

Observando a Figura 1, é possível notar que o número de passos sugeridos pelos autores, assim como sua sequência, podem apresentar semelhanças e diferenças. Na metodologia de Banks *et al.* (2010), foram observadas doze fases: Formulação do problema; Fixação dos objetivos e planejamento geral do projeto; Conceitualização do modelo; Coleta de dados; Tradução do modelo; Verificação; Validação; Projeto experimental; Execução do modelo e análise; Sugestão de mais execuções; Documentação e relatórios; e Implementação. Já, na metodologia de Law (2007), foram detectadas dez etapas: Formulação e estudo do problema; Coleta

de dados e definição do modelo; Questionamento sobre a validação do levantamento do sistema; Construção do problema no computador e verificação; Rodada experimental; Questionamento sobre a validação da programação; Projeto experimental; Execução de mais rodadas; Análise de dados de saída; e Documentação e uso dos resultados. Por fim, na metodologia proposta por Freitas Filho (2008), foram detectadas também doze etapas para elaboração de um modelo de simulação que são: Formulação e análise do problema; Planejamento do projeto; Formulação do modelo conceitual; Coleta de macro informações; Coleta de dados; Tradução do modelo; Verificação e validação do modelo; Projeto experimental; Experimentação; Análise estatística dos resultados; Comparação e identificação das melhores soluções; e Documentação e análise dos resultados com implementação. Para verificar as ações que são sugeridas em cada passo proposto nas metodologias, foram detalhadas todas as etapas. Desta forma, foi possível verificar se houve divergência ou concordância entre as ações tomadas em cada metodologia.

No primeiro passo, observou-se que os três autores sugeriram as mesmas funções para serem executadas. Neste passo, segundo Banks *et al.* (2010), deve ser realizada a formulação do problema, que pode ser feita tanto pelo especialista quanto pelo programador, desde que a descrição do problema seja clara e precisa. Para Law (2007), é sugerido que se definam os objetivos gerais do estudo de forma a responder questões sobre o nível de detalhamento do modelo, o tempo e os recursos necessários para o estudo. Já para Freitas (2008), este passo deverá definir claramente quais são os objetivos do modelo a ser construído e obter respostas sobre o motivo do problema ser estudado e o que se espera deste estudo. No segundo passo, nota-se que houve uma diferença em relação às funções executadas por Law (2007), pois o autor sugere que aqui sejam realizadas tarefas distribuídas nos passos dois, três e quatro, indicados na metodologia proposta por Banks *et al.* (2010). Nesta etapa, Law (2007) sugere que se faça a coleta de informações sobre o layout e o nível de detalhamento do sistema a fim de facilitar a construção do modelo conceitual, e que se realize uma coleta de dados para fins de validação. Além disto, o autor ainda propõe que se comece com um modelo simples que facilite a execução e evite possíveis erros. Na visão de Banks *et al.* (2010), nesta fase deve-se somente definir que questões a simulação deverá responder, quais os custos envolvidos no processo e qual o tempo necessário para executar

este trabalho. Na visão de Freitas (2008), este passo deve ser composto pela realização de um levantamento sobre os recursos e custos necessários à modelagem e simulação. Além disto, também deverá ser feito um cronograma das atividades desenvolvidas.

No terceiro passo, Banks *et al.* (2010) e Freitas (2008) compartilham da mesma ideia quando indicam a construção do modelo conceitual para traduzir a lógica obtida pelo levantamento das informações sobre o sistema. Já, Law (2007) propõe que neste momento seja feita a validação dos dados levantados no passo anterior.

No quarto passo, Banks *et al.* (2010) sugere a coleta do conjunto de dados que fará parte do modelo, para que o mesmo seja posteriormente validado. O autor recomenda, ainda, que esta fase se inicie o mais cedo possível, pois leva um tempo considerável em relação às outras tarefas que fazem parte da construção de um modelo de simulação. Esta mesma tarefa é dividida em dois passos, de acordo com Freitas (2008): a coleta de macro informações no passo quatro e a coleta de dados no passo cinco, onde são levantadas informações importantes sobre a alimentação do sistema modelado como a fonte de dados será usada. A estrutura ou dinâmica do sistema, a adequação do formato dos dados em relação ao modelo e os custos envolvidos neste processo. Na proposta de Law (2007), deve-se traduzir o problema para o computador utilizando uma linguagem de programação ou um software de simulação e, em seguida, fazer a verificação do modelo simulado. Neste caso, percebe-se que este passo foi composto dos passos cinco e seis de Banks *et al.* (2010).

No quinto passo, propõe-se a tradução do modelo conceitual para a forma computacional, gerando assim um modelo operacional (BANKS, 2010). Para Law (2007), esta tarefa já foi realizada no passo quatro. Ainda de acordo com o autor, a função a ser executada neste passo é a realização de testes ou experimentos com o objetivo de validar o modelo na etapa seis. Já para Freitas (2008), a tarefa do quinto passo é a coleta de dados já mencionada no parágrafo anterior.

No sexto passo, deverá ser verificado se a lógica do sistema está bem representada pelo modelo computacional e se o modelo está funcionando conforme a expectativa do programador (BANKS, 2010). De acordo com Freitas (2008), neste passo, deve-se construir o modelo computacional a partir do modelo conceitual e dos dados coletados sobre o sistema. Na visão de Law (2007), nesta etapa, deve-se

questionar se o modelo computacional está validado, analisando os resultados obtidos no modelo e comparando, sempre que possível, com outros resultados sobre o sistema simulado.

No sétimo passo, Banks *et al.* (2010) propõe a validação a fim de comparar as respostas do modelo simulado com o real, e utilizar as discrepâncias encontradas e o conhecimento adquirido para aperfeiçoar o modelo. Para Law (2007), esta etapa, que é chamada de delineamento experimental ou projeto experimental, deve ser composta pela definição do número de replicações e tempo de execução necessários ao modelo, além de números aleatórios e diferentes para cada rodada. Já, para Freitas (2008), este passo é composto pelo passo seis e sete proposto por Banks *et al.* (2010), ou seja, verificação e validação. Freitas (2008) sugere aqui que se avalie o comportamento do modelo. Se ele opera em conformidade com a proposta do analista, se a lógica está bem representada e se os resultados obtidos são coerentes com os resultados do modelo real.

No oitavo passo, tanto Freitas (2008) quanto Banks *et al.* (2010) sugerem que seja definido como cada um dos testes no modelo deve ser realizado, considerando parâmetros como: tempo de duração da simulação e número de replicações. Para Law (2007), esta etapa serve para executar mais rodadas para facilitar a análise no próximo passo.

No nono passo, Banks *et al.* (2010) sugere a execução de várias rodadas da simulação para posterior análise. Essa proposta também é sugerida por Freitas (2008) quando o mesmo indica que, nesta etapa, devem-se executar as simulações e analisar os seus resultados para que os mesmos sirvam de parâmetro para simulações futuras. Do ponto de vista de Law (2007), o nono período determina que os dados de saídas devem ser analisados, comparando o desempenho de determinadas configurações do sistema e com sistemas alternativos.

No décimo passo, Law (2007) finaliza sua metodologia de construção de um modelo de simulação, pois utiliza os passos onze e doze da proposta de Banks *et al.* (2010) com a documentação e utilização dos resultados em projetos atuais e futuros. Para Banks, a décima etapa deve questionar a necessidade de rodadas ou testes adicionais. Já, Freitas (2008) sugere uma análise estatística dos resultados, de modo que se interpretem os dados, a fim de verificar a necessidade de mais replicações, pois o aumento do número de replicações pode alcançar melhores resultados.

No décimo primeiro passo, Banks *et al.* (2010) propõe levantar a documentação e relatórios sobre o modelo de simulação, tendo, na documentação, a finalidade de descrever os processos utilizados na programação para que outros analistas possam manipular o modelo ou construir outro similar. Além disto, a documentação também pode ser vista como um guia para orientar os usuários interessados no modelo a alterar seus parâmetros com objetivo de otimizar os resultados na saída do modelo. Já, para Freitas (2008), esta etapa que é chamada de “comparação e identificação das melhores soluções”, é uma fase onde se faz um confronto com outros resultados obtidos em sistemas alternativos ou equivalentes para que se identifique a melhor resposta ou a mais adequada.

Sobre o décimo segundo e último passo, Banks *et al.* (2010) afirma que o sucesso da fase de implementação depende de uma boa execução dos passos anteriores, do envolvimento do analista durante a construção e testes no modelo e, como consequência, se o usuário compreende os resultados do modelo. Para Freitas (2008), a última fase concentra a documentação e apresentação dos resultados e a implementação. Onde, primeiramente, se faz a descrição de todas as características necessárias ao desenvolvimento do modelo, assim os métodos utilizados na análise dos resultados e suas conclusões. Em seguida, é feita uma exposição de todo o resultado para o grupo que fez parte do desenvolvimento do modelo. Por fim, o projetista irá relatar a parte interessada na simulação do sistema para que a mesma possa tomar decisões baseada nos resultados apresentados.

3. METODOLOGIA PARA CONSTRUÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS

A metodologia proposta neste trabalho para ser utilizada na construção de modelos de simulação com fins didáticos sugere a realização de seis etapas ou “passos”, apresentadas na Figura 2. Estas etapas são as seguintes: Formulação e análise do conteúdo; Análise de viabilidade e definição dos objetivos; Modelo conceitual; Modelo computacional com animação; Testes com o modelo; e Documentação e implementação.

Ressalta-se que a metodologia foi proposta considerando que o professor precisará receber um treinamento básico e introdutório de aproximadamente 20 horas sobre a utilização de um software de SED. No caso específico deste trabalho,

a pesquisa foi conduzida com o software de simulação Arena. No entanto, dada a semelhança existente entre os softwares empregados para a construção de modelos de SED, não se espera que haja uma diferença significativa em relação ao tempo de treinamento exigido se outro software for utilizado.

Na etapa de Formulação e análise do conteúdo, deve ser realizado um levantamento sobre a necessidade de abordar o conteúdo através de software de SED; outro levantamento sobre a natureza (discreta ou contínua) do modelo; e, no caso de ser um sistema contínuo, se é possível discretizá-lo em um modelo de SED.

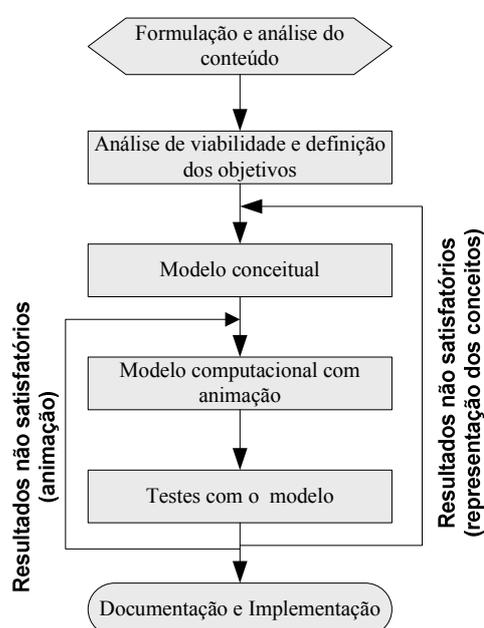


Figura 2 – Metodologia de simulação de modelos didáticos

Na análise de viabilidade e definição dos objetivos, é recomendado que se faça uma reflexão sobre a viabilidade do uso do modelo de SED em sala de aula. Para isto, são feitos os seguintes questionamentos: se o ambiente de sala de aula oferece recurso adequado para a execução do programa e visualização dos efeitos de animação e, caso o modelo seja interativo, se existe um ambiente (sala de aula ou laboratório de Informática) com um número suficiente de computadores que possa servir de interface entre o aluno e o modelo computacional. Após esta primeira análise, o próximo passo é definir os objetivos do modelo, ou seja, quais pontos do conteúdo a ser modelado o professor deseja representar. Isto é importante, pois existe conteúdo com uma abordagem muito extensa e complexa. Deste modo, se o programador insistir em representar todos os conceitos presentes

em um conteúdo complexo, poderá resultar em erro. Neste contexto, o programador deve utilizar a simulação para representar os pontos considerados mais relevantes por ele. Sendo assim, o modelo irá se apresentar numa forma mais simplificada, podendo facilitar o entendimento do aluno.

A construção do modelo conceitual tem o objetivo de traduzir os conceitos do sistema que se pretende modelar, dando a ele uma estrutura que irá orientar e facilitar sua transição para a modelagem computacional. Isto ocorre porque o modelo conceitual evidencia o contexto do sistema, a integração das partes envolvidas e o formato lógico do modelo.

Na construção do modelo computacional, o professor irá traduzir o conteúdo teórico modelado na forma conceitual para um software de SED. Após a construção do modelo computacional, será utilizado o recurso de animação para materializar os conceitos abstratos modelados no SED. Também pode ser utilizado o recurso de interatividade no modelo, proporcionando que o aluno interaja diretamente com o simulador.

Os testes com o modelo são realizados com o propósito de verificar a qualidade e a eficácia do modelo. Inicialmente, se analisa a capacidade do modelo em representar os conceitos e a lógica do conteúdo teórico proposto. Também é verificado se as etapas representadas no modelo conceitual estão coerentes com as programadas no modelo computacional. Além disto, é testada a qualidade visual da animação construída a partir do modelo. Esta primeira fase de testes pode contar com a colaboração de outros professores que ministram o conteúdo, e, até mesmo, levar em consideração a opinião do aluno. Desta forma, os testes visuais poderão resultar em modelos de melhor qualidade.

Para avaliar a eficácia do modelo, o professor poderá fazê-lo de duas formas: testando o modelo em um pequeno grupo de alunos, a fim de confirmar a contribuição do modelo de simulação didático no processo de aprendizagem, para depois implementá-lo em sala de aula; e testando a eficácia do modelo em sala de aula, no dia a dia com os alunos. Assim, ele poderá verificar se a ferramenta construída por ele contribui ou não para a aprendizagem dos seus alunos.

A avaliação da eficácia do modelo é justificada pelo fato de que toda ferramenta de ensino usada em sala de aula tem o objetivo de elevar ou gerar novos conhecimentos aos alunos. Desta forma, a legitimidade de qualquer método, seja a própria fala do docente, um vídeo, uma imagem ilustrativa ou uma prática de

laboratório, só será confirmado quando sua aplicação estimular a aprendizagem dos alunos.

É sugerida, para melhor avaliação do modelo, a aplicação de um pré-teste antes da exposição do aluno ao simulador. Desta forma, o professor poderá comparar os resultados que antecedem e sucedem à aplicação do simulador. Isto porque, após o simulador, o mesmo teste poderá ser repetido, a fim de verificar o que o aluno aprendeu.

Se o resultado dos testes for considerado insatisfatório, será recomendado o retorno à etapa de construção do modelo conceitual.

A etapa de documentação e implementação do modelo se inicia com um relatório composto pelo modelo conceitual e o passo a passo da tradução para a forma computacional, através do ambiente de SED. A documentação tem o objetivo de relatar detalhes do seu desenvolvimento, objetivando sua reprodução por outro programador ou uma futura modificação. Logo após, este modelo poderá ser implementado em sala de aula pelo professor que o construiu, ou por outros professores que ministram os conteúdos simulados no modelo. A implementação é o que dá sentido à metodologia apresentada neste trabalho, pois se caracteriza pela aplicação do modelo em sala de aula como recurso didático reconhecido pela etapa de testes.

4. TESTES E AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

Este item apresenta dois modelos de simulação construídos para serem utilizados como recursos didáticos. O primeiro refere-se a um modelo de simulação para auxiliar em uma explanação dinâmica de uma aula em Curso Técnico de Nível Médio em disciplina de Informática. O assunto abordado diz respeito ao tópico sobre Camadas OSI (*Open Systems Interconnection*) ou, em Português, Interconexão de Sistemas Abertos, que é uma forma padrão de interligação de computadores. O segundo modelo aborda conceitos de Óptica Geométrica, como a Lei da Refração ou Lei de Snell. Este também é um assunto comumente ensinado em aulas de Ensino Médio no escopo de uma disciplina de Física.

Os modelos de simulação aqui apresentados foram elaborados de acordo com a metodologia proposta neste trabalho para a construção de modelos didáticos

(item 3). Ressalta-se ainda que os modelos foram construídos pelos respectivos professores de cada uma das disciplinas citadas, Informática e Física, no caso. Assim, pôde ser exposta a proposta em dois assuntos típicos de ensino médio, sendo eles de natureza distinta, ou seja, o modelo OSI discreto e o outro contínuo.

Foram utilizados em ambos os modelos, como ambiente de desenvolvimento dos modelos de simulação, a versão livre de custos do software Arena. Esta versão pode ser obtida livremente na página da Internet da empresa Paragon, que comercializa o software no Brasil e na América do Sul (<http://www.paragon.com.br/livropaulofreitas>).

4.1 Modelo para Aula de Informática no Ensino Médio: Modelo OSI

A arquitetura chamada OSI é um modelo de referência que divide as etapas envolvidas na comunicação entre redes, em sete camadas. Cada camada define uma funcionalidade que é implementada por protocolos e equipamentos de redes. Este é um tópico normalmente ensinado em cursos introdutórios de Redes de Computadores e, normalmente, não há muitos recursos disponíveis que possam auxiliar a explanação de um professor.

4.1.1 Formulação e análise do conteúdo

Na formulação e análise do conteúdo, o professor deve observar a amplitude e o grau de dificuldade exigida pelo assunto a ser explanado. Esta decisão deve considerar o fato de se tratar de um conteúdo que apresenta conceitos muito abstratos, difíceis de ilustrar. Além disto, até o presente momento, não foi encontrado nenhum simulador que represente as mudanças na informação associada às funções de cada camada do modelo OSI.

4.1.2 Análise de viabilidade e definição dos objetivos

Na análise de viabilidade e definição dos objetivos, foi constatado pelo professor que a instituição de ensino, na qual o mesmo deseja implementar o

modelo como recurso didático, possui infraestrutura adequada. Isto quer dizer que há computadores, televisores e projetores multimídia para exibição do modelo. Além disso, na definição dos objetivos, foi escolhido representar as principais funções executadas pelas sete camadas do modelo OSI, assim como a mudança que a informação vai adquirindo ao passar por essas camadas, associadas ao encapsulamento e desencapsulamento. Desta forma, o modelo a ser construído poderá proporcionar ao aluno a visualização das funções das sete camadas deste modelo associadas a alguns protocolos que atuam em cada uma delas.

4.1.3 Construção do modelo conceitual

Para a construção do modelo conceitual, pode ser utilizada a linguagem IDEF-SIM proposta por Montevechi *et al.* (2010). Foram construídos dois modelos, onde o primeiro representa a parte geradora de sinal ou bits e o segundo representa as etapas e funções do Modelo OSI.

O primeiro modelo, ou seja, a parte responsável por receber os bits gerados por uma Planilha *Excel* e enviá-los ao sistema pode ser visto na Figura 3:

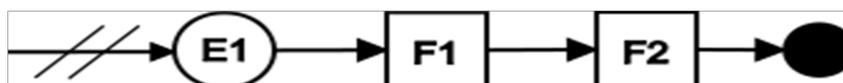


Figura 3 - Modelo conceitual do processo de geração de bits

O modelo conceitual do processo de geração de bits é a parte inicial que alimenta o modelo didático. Ele é responsável por receber os bits do *Excel*, onde o professor e/ou alunos poderão digitar a quantidade de bits de entrada do modelo. A descrição dos itens presentes nesta parte inicial do modelo conceitual pode ser vista no Quadro 1:

Quadro 1: Descrição dos itens presentes no modelo conceitual do processo de geração de bits

Item	Descrição	Parâmetros
E1	Gerador de sinal - bits de entrada	Constante; 1 por vez; Máximo: 1
F1	Criação de variável	Nome: variável b
F2	Recebe variável do Excel	Recebe variável b

Observando o Quadro 1, verifica-se a presença de uma entidade chamada "Bits de entrada". Para receber os bits gerados no Excel, foram realizadas as funções F1 e F2, onde o F1 cria a variável b, que representam os bits do Excel, e o F2 recebe esta variável para inseri-la no sistema. Por fim, este processo de geração de bits é encerrado pelo finalizador de geração de bits.

A segunda parte do modelo conceitual que define conceitos e funções de cada camada do Modelo OSI assim como a tabela que trazem as dos itens do modelo podem ser vistos nos Apêndices A e B, respectivamente.

De acordo com o Apêndice A, a entrada do sistema mostra a entidade informação (E1), que na camada 1 será amplificada pelo processo (F1) e terá seu formato binário definido pelo processo (F2).

Os bits da camada 1 transportados pelo (M1) até a camada 2 que irá formar quadros a partir do processo (F3), inserir neste quadro os endereços MAC de origem e destino usando o processo (F4) e adicionando técnicas de controle de erro no processo (F5). Com o quadro da camada 2 completo, o processo de inspeção de erro será executado pelo (F6). Conforme o resultado desta inspeção, o quadro será descartado (F8) e quadros corretos seguirão sua trajetória, obedecendo à fila (F7) para o acesso ao meio até a próxima camada.

Os quadros da camada 2 serão transportados pelo (M2) até a camada 3, onde passarão pelo processo de empacotamento (F9), definição de endereço IP (F10) e roteamento (F11) baseado no tipo de serviço. Após a definição do serviço, será encaminhada para o serviço orientado a conexão (F12), a saída do pacote para circuito virtual (E2) e para o serviço não orientado a conexão (F13), a saída do datagrama (E3).

A camada 4 irá receber do M3 as entidades E2 e E3 que passarão pelo decisor de transporte de protocolo de datagrama do usuário - *User Datagram Protocol* (UDP) ou protocolo de controle da transmissão - *Transmission Control Protocol* (TCP) (F14), encaminhando os datagramas (E3) para o transporte UDP (F15) e os pacotes (E2) passarão pelos processos do protocolo TCP como o controle de fluxo (F16), controle de sequência e erro (F17) e descartará pacotes com erro através do (F18).

A camada 5 recebe os dados pelo M4 e através do controle de sessão F19 decidirá se a comunicação entre dois dispositivos será *Half* (F20) ou *Full Duplex* (F21), de acordo com o fluxo da rede (preferência *Full Duplex*).

A camada 6 recebe os dados da camada 5 por meio do M5 e irá traduzir o conjunto de dados para seu formato original (F22) utilizando-se do código de compressão de imagens paradas - *Joint Photographic Experts Group* (JPEG) (F25), do código de compressão de imagens em movimento - *Moving Picture Experts Group* (MPEG) (F24) ou através do Código Padrão Americano para o Intercâmbio de Informação - *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII) (F23), para o caso de representação de textos.

A camada 7 pegará a informação do M6 representada pela camada 6 e a entregará ao destino através do servidor adequado utilizando um identificador de serviço do usuário (F26), que poderá ser o servidor de protocolo de transferência de Hipertexto - *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) (F27) para comunicação com a *web*, servidor de protocolo de transferência de arquivo - *File Transfer Protocol* (FTP) (F28) ou um servidor de domínio de nomes - *Domain Name System* (DNS) (F29).

4.1.4 Construção do modelo computacional

O computador utilizado no desenvolvimento do modelo computacional foi um *notebook* com as seguintes características: Windows 7, processador Intel Core i5, 2,4GHz, *display* de LED com 14 polegadas e resolução de 1366 x 768 pixels, memória RAM de 4096 MB DDR3 e HD 500 GB. Não foi preciso utilizar nenhum recurso adicional no desenvolvimento do modelo.

O Quadro 2 descreve as características principais do modelo computacional apresentado neste trabalho.

Quadro 2: Características do modelo de simulação

Características	Software de simulação a eventos discretos
Software de simulação	ARENA 14
Desenvolvedor	Professor da disciplina
Tipo de licença	Gratuita (versão livre de custos)
Interatividade	Permite
Alteração	Permite
Grau de dificuldade de programação	Baixo
Tempo de desenvolvimento	15 horas
Carga horária de treinamento	20 horas

O Quadro 2 mostra que o modelo de simulação foi desenvolvido pelo próprio professor da disciplina, utilizando a versão livre do Arena. O modelo construído em Arena, também permite sua alteração a qualquer tempo. O grau de dificuldade para sua construção foi considerado baixo, pois o docente que realizou a programação teve um treinamento de 20 horas e, mesmo assim, foi capaz de desenvolver um modelo didático e interativo com 15 horas de programação.

A parte inicial do modelo de simulação a eventos discretos, ou seja, a parte geradora de bits utilizou os módulos *Create*, *Assign*, *Readwrite* e *Dispose*. Já os módulos utilizados na segunda parte do modelo, onde são representados os conceitos e funções de cada camada do Modelo OSI, foram: *Create*, *Assign*, *Station*, *Router*, *Process*, *Decide* e *Dispose*.

Os detalhes da organização e programação dos módulos do software Arena podem ser vistos em Rangel e Rangel (2013).

Após a construção do modelo de SED, foi construída sua parte interativa, onde os alunos e professores podem inserir a quantidade de bits de entrada do modelo. A Figura 4 apresenta a tela de inserção dos bits para entrada do modelo:

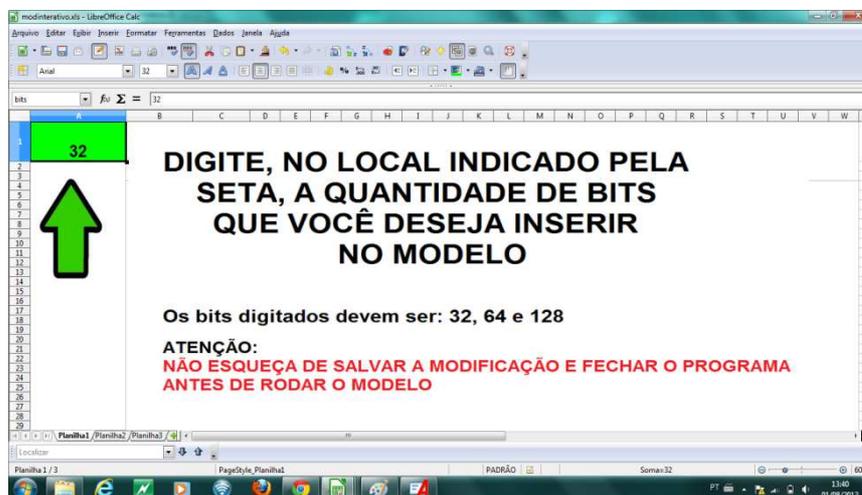


Figura 4 - Tela do Excel para inserção de dados

No que se refere à visualização do efeito que a alteração dos bits provoca no modelo, foi criada a tela de resultado no Arena. Esta tela mostra o valor correspondente a quantidades de bits do modelo e o tempo necessário que os bits levam para sair do sistema. A Figura 5 apresenta a tela do Arena com um painel de tempo e outro de quantidades de bits, antes da rodada do modelo.



Figura 5 - Tela do Arena para visualização do tempo de saída de acordo com bits de entrada

O objetivo da tela, mostrada na Figura 5, é expor aos alunos a quantidades de bits que eles escolheram e o tempo que esta quantidade de bits leva para sair do modelo, considerando todas as camadas que estes bits irão percorrer.

Após a conclusão do modelo, foi utilizada a ferramenta de animação disponibilizada pelo software Arena. É através do recurso de animação que os alunos poderão visualizar os conceitos e funções simuladas no modelo de simulação a eventos discreto criado pelo professor.

Para melhor compreensão e visualização das figuras, a animação foi dividida em duas partes, onde a parte "a" mostra a simulação das quatro primeiras camadas e a parte "b", a simulação das três últimas camadas.

Na parte "a" da animação são representados os equipamentos e funções das camadas Física, Enlace, Rede e Transporte como mostram as Figura 6 e 7:

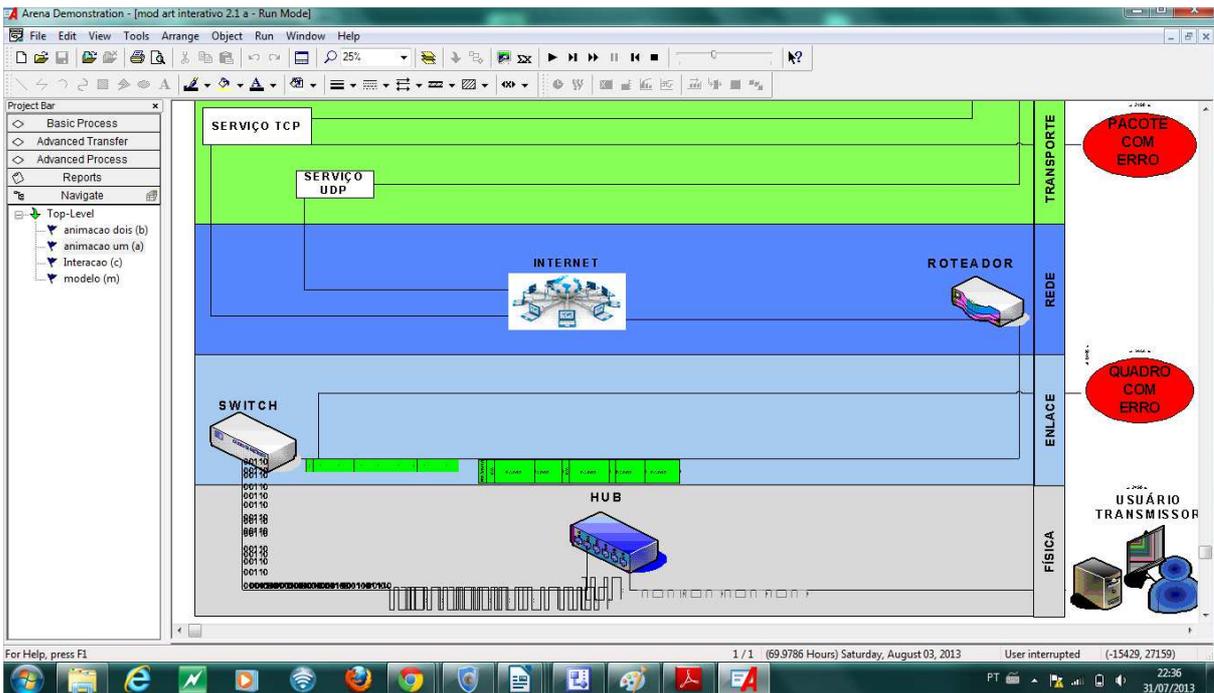


Figura 6 - Instante 1 da animação da parte "a" do modelo de simulação

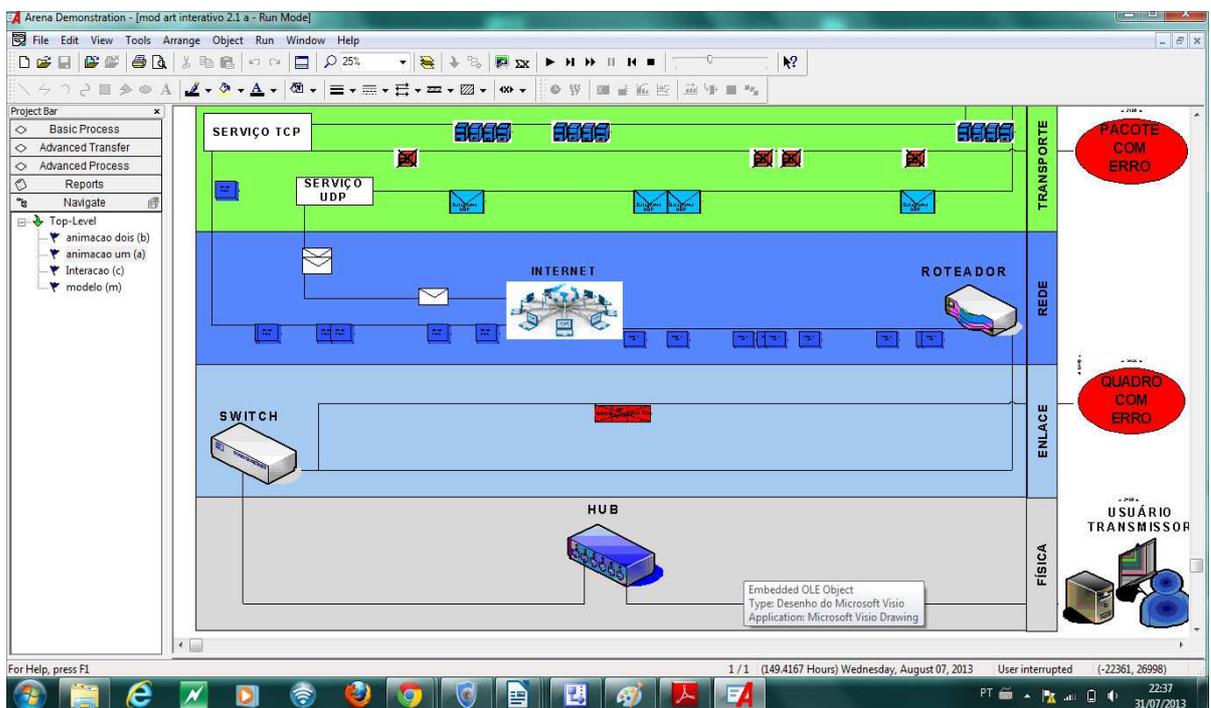


Figura 7 - Instante 2 da animação da parte "a" do modelo de simulação

A animação da Camada Física mostra a figura de um Hub representando um equipamento que trabalha neste nível. Além disto, é mostrado o sinal de entrada gerado pelo transmissor sendo amplificado e transformado em bit.

Na Camada de Enlace, o equipamento representado foi o Switch, além de um ponto de descarte para quadros com erros. A animação desta camada mostra os quadros sendo gerados com endereço MAC de destino e origem, além de código de detecção de erro. Os quadros sem erro estão representados pela cor verde e os com erro estão representados pela cor vermelha.

Na Camada de Rede estão representados o roteador e a Internet. Nesta camada são mostrados os pacotes que foram formados com endereço IP em azul e os datagramas em branco.

A Camada de Transporte é representada juntamente com os protocolos TCP e UDP. O protocolo UDP irá transportar, através do serviço não confiável os datagramas recebidos da camada de Rede. Já o TCP será responsável pelo transporte confiável dos pacotes. Desta forma, pacotes identificados pela cor vermelha contém erro e serão descartados. Já os pacotes da cor azul são enviados para a próxima camada.

Na parte "b" da animação são representadas os equipamentos e funções das camadas Sessão, Apresentação e Aplicação, como mostram as Figura 8 e 9:

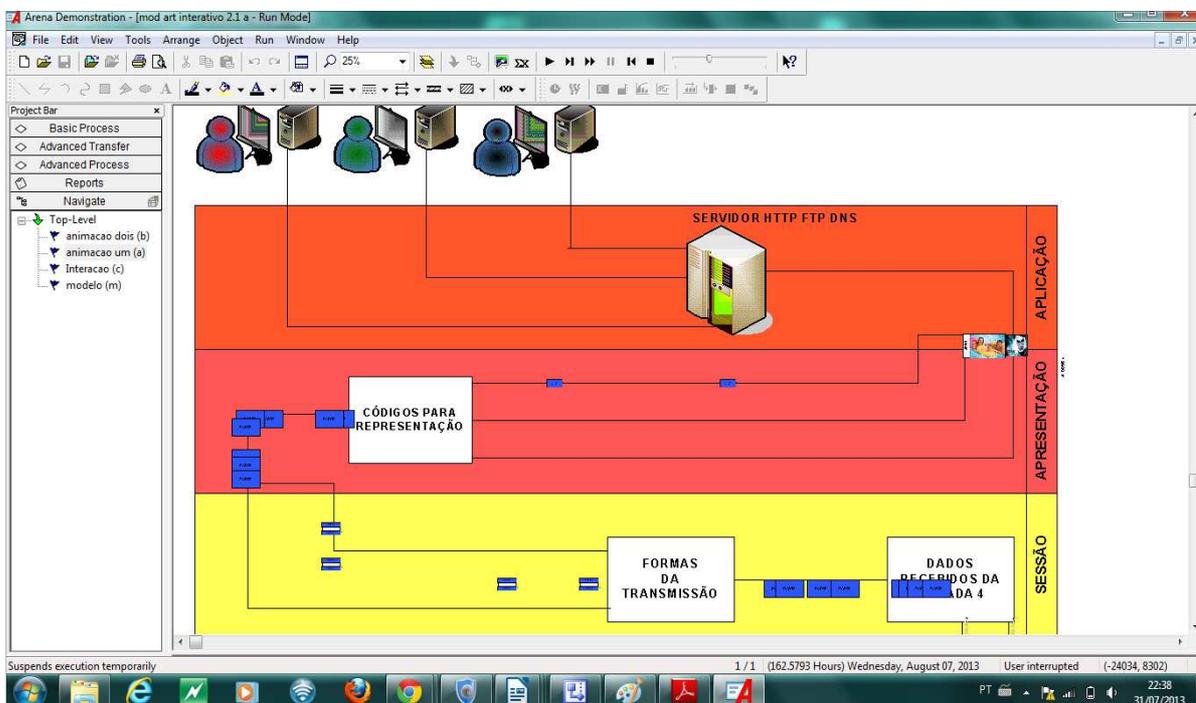


Figura 8 - Instante 1 da animação da parte "b" do modelo de simulação

Na representação da camada de Sessão, é mostrada a recepção dos pacotes da camada de Transportes, que são transmitidos pelo modo Full ou Half Duplex.

A camada de Apresentação mostra os dados sendo decodificados em imagens, vídeos e texto utilizando os códigos JPEG, MPEG e ASCII, respectivamente.

Já, a camada de Aplicação mostra um servidor HTTP, FTP e DNS entregando os serviços aos três destinatários.

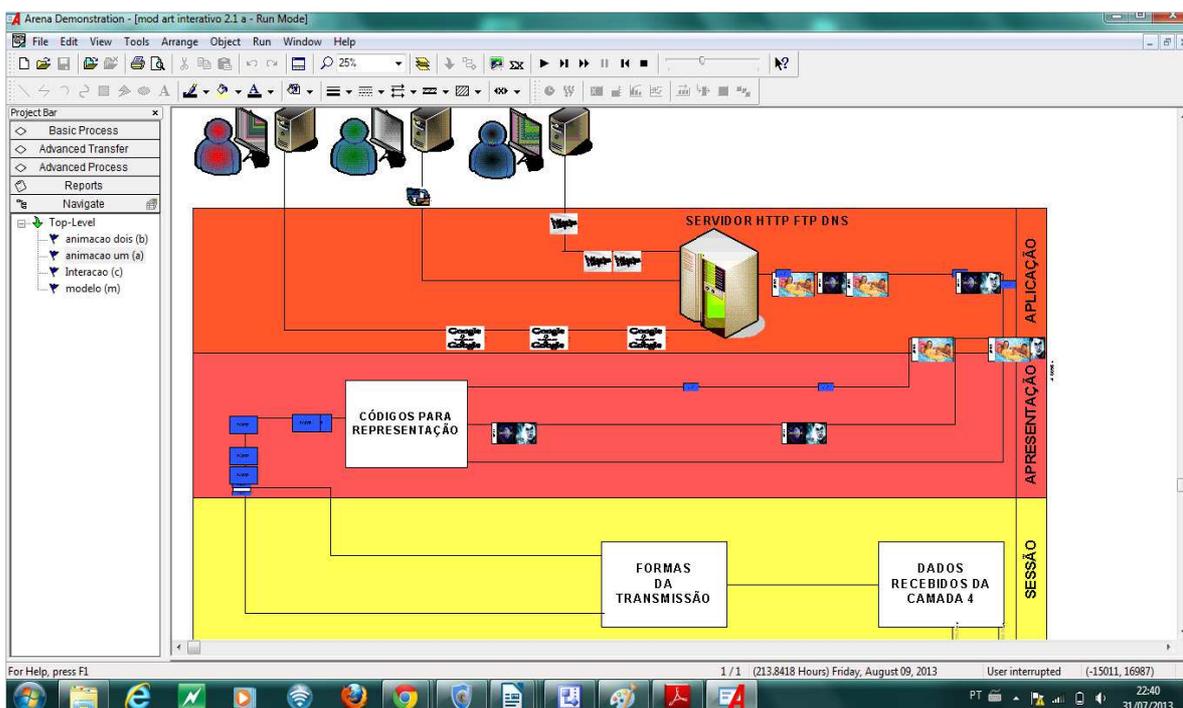


Figura 9 - Instante 2 da animação da parte "b" do modelo de simulação

4.1. 5 Testes com o modelo

Com o término de construção do modelo e sua animação, iniciou-se a etapa de testes. Sua realização contou com a colaboração de três professores e cinco alunos que responderam um questionário sobre a capacidade do modelo em representar o que foi proposto e a qualidade da representação. Além disto, também foi feita uma pesquisa de opinião sobre a mídia mais adequada para exibir o modelo em sala de aula.

Os testes com os alunos demonstraram que o modelo se encontrava pronto para ser implementado. Isto porque três dos cinco alunos concordaram totalmente que todos os itens citados foram representados de forma clara pela animação do

modelo de simulação. Já, sobre os outros dois alunos, o primeiro concordou parcialmente sobre o item quatro, o segundo concordou parcialmente sobre o item cinco e seis e, sobre o item sete e oito, nem concordou nem discordou.

Com relação à mídia mais adequada para exibição do modelo, os alunos ranquearam as quatro mídias usadas nos testes, de acordo com o Quadro 3:

Quadro 3: Ranking das mídias mais adequadas para aula, na percepção do aluno

Alunos	Mídias utilizadas para exibição do modelo de simulação em sala de aula			
	Projektor multimídia	TV de 42 polegadas	Computador de 17 polegadas	Notebook de 14 polegadas
Aluno 1	2	1	3	4
Aluno 2	3	4	1	2
Aluno 3	1	2	3	4
Aluno 4	1	2	4	3
Aluno 5	1	2	3	4

O Quadro 3 mostra que os alunos acreditam que a mídia mais adequada para a exibição do modelo em sala de aula é o projetor, seguido da TV de 42 polegadas, computador de 17 polegadas e notebook de 14 polegadas.

4.1.6 Documentação e Implementação

A etapa de teste com o modelo confirmou que o mesmo já estava pronto para ser implementado. Contudo, antes de sua implementação, é necessário documentar todas as etapas realizadas em sua construção, de modo que outros professores possam usá-lo e modificá-lo, caso achem necessário. Este documento, que é composto pelo modelo conceitual e o passo a passo da construção do modelo computacional, está disponível na coordenação dos cursos onde o modelo foi implementado.

4.2 Modelo para Aula de Física no Ensino Médio: Reflexão e Refração de Luz

O modelo procurou abordar alguns conceitos da Óptica Geométrica. Dentre eles, a Lei da Refração ou Lei de Snell, mostrada na equação (1). A referida lei expressa a diferença de caminho em termos do ângulo de projeção dos raios de luz e sua relação com os índices de refração de cada meio, n_1 e n_2 , e θ_1 e θ_2 , respectivamente.

$$N_1 \operatorname{sen} \theta_1 = N_2 \operatorname{sen} \theta_2 \quad (1)$$

O índice de refração de um meio é definido, conforme mostrado na equação (2), como uma relação entre a velocidade de propagação no vácuo e a velocidade de propagação naquele meio.

$$N_{\text{meio}} = \frac{V_{\text{vácuo}}}{V_{\text{meio}}} \quad \text{onde} \quad V_{\text{vácuo}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \quad (2)$$

4.2.1 Formulação e análise do conteúdo

É importante ressaltar aqui que conceitos apresentados por matéria desta natureza, muitas vezes, se tornam abstratos para os estudantes, quando não relacionados a uma prática laboratorial. Entretanto, a grande maioria das escolas públicas brasileiras não possui a infraestrutura necessária para a realização de tais demonstrações de forma prática. Esse problema pode ser amenizado com a utilização dos simuladores desenvolvidos nos ambientes SED. Os modelos de SED podem ser instalados e utilizados, por exemplo, nos laboratórios de Informática, que hoje podem ser encontrados mais facilmente nas diversas escolas brasileiras.

4.2.2 Análise de viabilidade e definição dos objetivos

A construção desses modelos necessita apenas de um computador com a versão gratuita do software (ambiente de simulação) instalado. Segundo o censo escolar de 2011, atualmente, a maioria das escolas públicas de ensino médio

regular, no Brasil cerca de 91,8%, possui um laboratório de Informática. Esses laboratórios podem ser utilizados na construção e apresentação dos modelos em sala de aula.

A utilização desses modelos se apresenta como uma alternativa para promover a aproximação dos alunos com a concretização do conhecimento teórico. Na Física, por exemplo, os conceitos apresentados muitas vezes se tornam abstratos para os alunos, quando não relacionados a uma prática laboratorial. Muitas vezes, as escolas não possuem um laboratório de Física para a realização de experimentos reais. Esse problema pode ser amenizado com o uso da simulação. É possível construir um modelo de simulação animado que mostre o desencadear do fenômeno em estudo, possibilitando que o aluno compreenda melhor o assunto.

É importante ressaltar que os modelos de simulação se apresentam como uma ferramenta complementar das aulas teóricas e não substituem as aulas práticas.

4.2.3 Construção do modelo conceitual

A Figura 10 e o Quadro 4 apresentam, respectivamente, o modelo conceitual e os parâmetros para serem utilizados na aula de Física. A entidade (L) gerada pelo modelo representa a onda de luz. O atributo neste modelo é o ângulo de incidência escolhido pelo aluno em uma interface através de uma planilha eletrônica. Além disso, na própria planilha, o ângulo limite também pode ser definido. A trajetória da luz é escolhida através de 3 funções “ou” (X1, X2 e X3), que direcionam a entidade de acordo com o ângulo de incidência, comparando-o com o ângulo limite. A onda de luz segue uma trajetória particular dependendo do atributo escolhido.

Em X1, se o ângulo incidente (atributo) escolhido for menor do que o ângulo limite, a entidade seguirá para R1. Caso o ângulo incidente seja igual ao ângulo limite, a entidade irá para R2. Agora, se o ângulo for maior do que o ângulo limite, a entidade seguirá para R3. Posteriormente, todas as entidades, independente da trajetória percorrida, chegarão em R4 (Mudança de meio). De R4, as entidades novamente percorrerão trajetórias diferentes, dependendo do ângulo de incidência.

Em X2 e X3, se o ângulo incidente for menor do que o ângulo limite, a entidade será duplicada e seguirá para R5 (raio refletido) e para R8 (raio refratado).

Se o ângulo for igual ao ângulo limite, a entidade será duplicada e seguirá para R6 (raio refletido) e para R9 (raio refratado). Porém, se o ângulo incidente for maior do que o ângulo limite, a entidade seguirá apenas para R7 (raio refletido). Neste caso, acontece a reflexão total da luz e, conseqüentemente, não existe raio refratado.

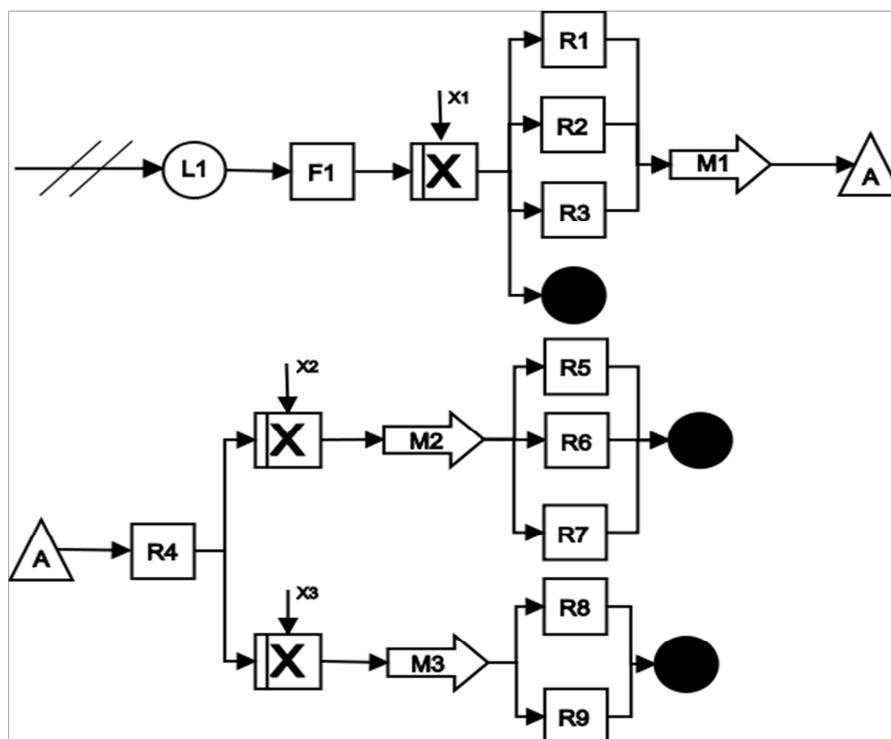


Figura 10 – Modelo conceitual

Quadro 4: Parâmetros do modelo conceitual

Item	Descrição	Parâmetros
L1	Entidade onda de luz	Constante, 1 hora; 2 por vez
F1	Fila onda de luz	Quantidade: 1
X1	Função ou	Se ângulo < L segue para R1 Se ângulo = L segue para R2 Se ângulo > L segue para R3
R1 A R3	Raios incidentes	Quantidade: 3
M1	Movimentação para R4	Quantidade: 1
R4	Meio – mudança na trajetória do raio / mudança de meio (água □ ar)	Quantidade: 1
X2	Função ou	Se ângulo < L segue para R5 Se ângulo = L segue para R6 Se ângulo > L segue para R7
X3	Função ou	Se ângulo < L segue para R8 Se ângulo = L segue para R9
R5 A R7	Raios Refletidos	Quantidade: 3
R8 E R9	Raios Refratados	Quantidade: 2
S1 a S3	Saídas	Quantidade: 3

Os detalhes da organização e programação dos módulos do software Arena podem ser visto em Nascimento e Rangel (2012).

4.2.4 Construção do modelo computacional

O computador utilizado no desenvolvimento do modelo computacional foi um *notebook* com as seguintes características: Windows 7, processador Intel Core i5, 2,4GHz, *display* de LED com 14 polegadas e resolução de 1366 x 768 pixels, memória RAM de 4096 MB DDR3 e HD 500 GB.

O Quadro 5 descreve as características principais do modelo computacional apresentado neste estudo:

Quadro 5: Características do modelo de simulação

Características	Software de simulação a eventos discretos
Software de simulação	ARENA 14
Desenvolvedor	Professor da disciplina
Tipo de licença	Gratuita (versão livre de custos)
Interatividade	Sim
Permite alteração	Sim
Modelo dinâmico	Sim
Ajuste de visualização	Sim
Tempo de desenvolvimento	7 horas
Carga horária de treinamento	20 horas

O simulador é construído em um ambiente de simulação Arena. O software Arena é um ambiente gráfico integrado de simulação desenvolvido pela empresa Rockwell Automation, que contém todos os recursos para modelagem de processos, desenho & animação, análise estatística e análise de resultados. Neste ambiente não é necessário escrever nenhuma linha de código, pois todo o processo de criação do modelo de simulação é gráfico e visual, e de maneira integrada, utilizando blocos gráficos que representam várias funções. Porém, há a possibilidade de escrita de código como alternativa ao modo gráfico.

Além disso, cabe ressaltar que, como o desenvolvedor é o próprio professor da disciplina, este modelo é adequado às necessidades reais da sala de aula. Caso

haja o desejo de executar futuras mudanças, o próprio professor poderá fazê-las.

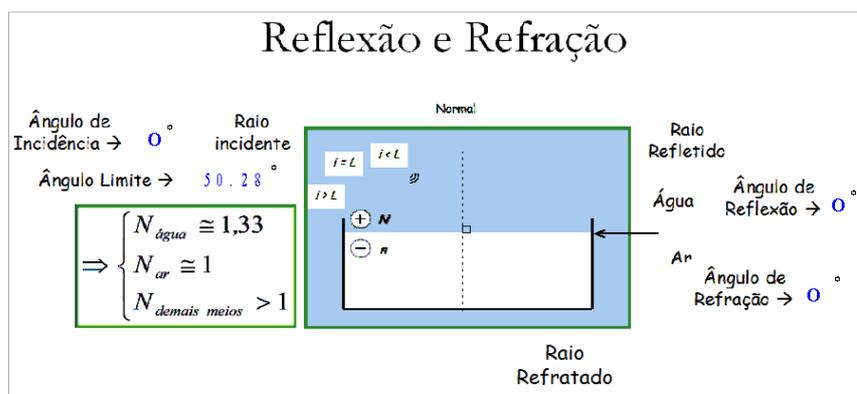
Os ambientes SED oferecem diversos recursos que, explorados, poderão dar dinamicidade a variadas disciplinas. Além disso, a utilização de simuladores em sala de aula não dependerá de encontrar essas ferramentas na Internet.

O tempo estimado para a confecção do modelo feito no ambiente SED é de aproximadamente 7 horas. Vale lembrar que o professor (desenvolvedor) recebeu apenas um treinamento equivalente há 20 horas.

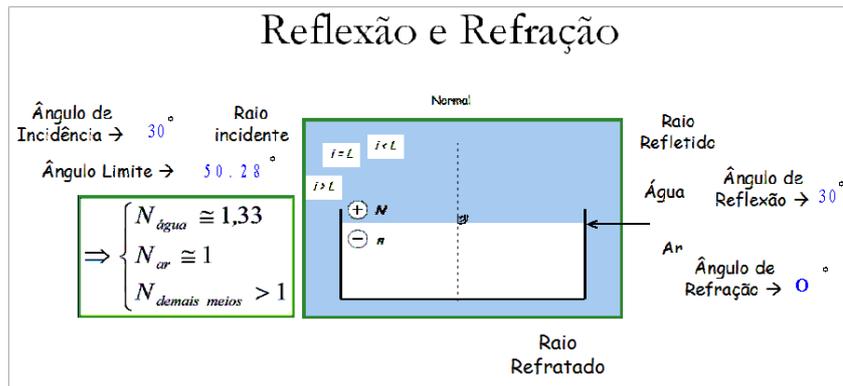
A Figura 11 (a, b, c) mostra três instantes da execução da simulação com o modelo de simulação. O exemplo mostra a trajetória da luz ao propagar-se da água para o ar.

Além de desenhar a trajetória e indicar o ângulo limite pré-definido, a animação mostra o ângulo de reflexão e refração em função do ângulo de incidência escolhido (Figura 11 - a). Como o ângulo escolhido foi de 30° (ângulo de incidência menor do que o ângulo limite), o ângulo de reflexão será de 30° (Figura 11 - b) e o de refração, de 41° (Figura 11 - c). O aluno poderá escolher ainda outros valores para o ângulo de incidência e dependendo da sua classificação (menor, igual ou maior do que o ângulo limite), o raio poderá percorrer uma trajetória diferente, variando também os ângulos de reflexão e refração, conseqüentemente.

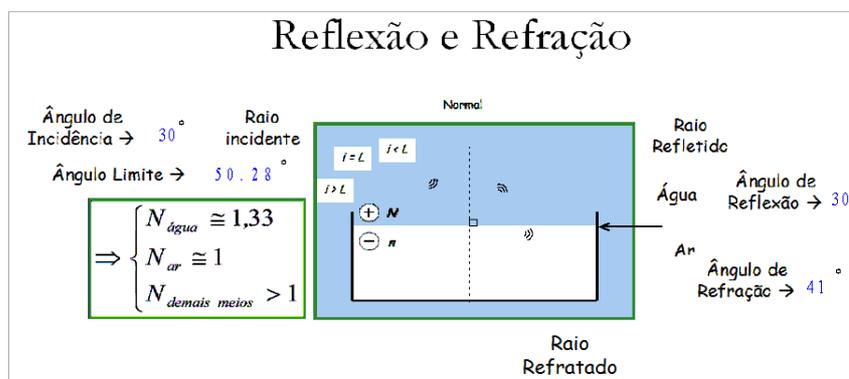
A Figura 12 mostra a tela de entrada da planilha, onde os alunos podem interagir com o modelo de simulação. Essa planilha, construída com o software Excel, funciona como uma espécie de interface, onde se podem inserir dados no modelo, como, por exemplo, o ângulo de incidência do raio de luz.



(a)



(b)



(c)

Figura 11 - Visualização de 3 instantes diferentes da execução do modelo de simulação. (a) instante inicial; (b) instante intermediário; e (c) Instante da fase final.

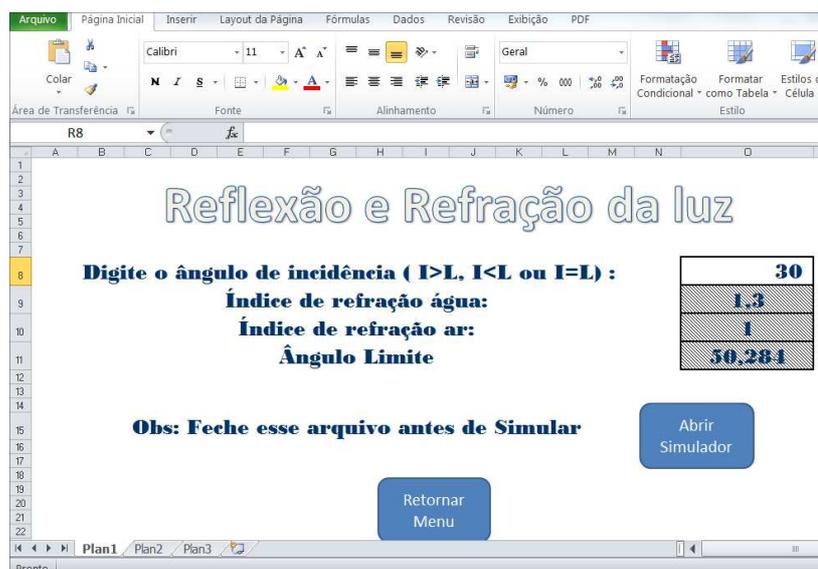


Figura 12: Planilha eletrônica responsável por fazer a interface com o simulador

4.2.5 Testes com o modelo

O modelo de simulação foi testado com os alunos da disciplina e se mostrou adequado, podendo proporcionar maior compreensão dos conceitos tratados no âmbito da referida disciplina. A avaliação contou com a colaboração de professores e alunos que analisaram a capacidade do modelo em representar o que foi proposto e a qualidade da representação. Os testes com os alunos demonstraram que o modelo se encontrava pronto para ser utilizado. Isto porque os alunos concordaram que todos os itens citados foram representados de forma clara pela animação do modelo de simulação.

4.2.6 Documentação e Implementação

Da mesma forma que o modelo anterior, a etapa de teste confirmou que o respectivo modelo já estava pronto para ser utilizado. Contudo, antes de sua aplicação foi necessário documentar todas as etapas realizadas em sua construção, de modo que outros professores possam usá-lo e modificá-lo, caso necessário. Este documento, que é composto pelo modelo conceitual e o passo a passo da construção do modelo computacional, está disponível na coordenação dos cursos onde o modelo foi implementado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a construção dos modelos de simulação para serem empregados como recursos didáticos em aulas das disciplinas de Informática e Física, em turmas de Ensino Médio, com a metodologia proposta, verificou-se que a mesma atendeu aos objetivos propostos. De certa forma, não se pode afirmar ainda que a metodologia aqui apresentada possa ser amplamente empregada com este propósito. Este trabalho buscou iniciar e apresentar uma metodologia específica para a construção de modelos de simulação com o propósito didático de auxiliar a elaboração deste tipo de modelo de simulação. A metodologia se mostrou simples e eficiente para se atingir o objetivo almejado. Os primeiros testes realizados mostraram que pode ser

um caminho a ser trilhado.

Uma questão que se levanta neste trabalho é a necessidade de realização de maior número de testes para que a metodologia possa ser mais bem desenvolvida e consolidada. Tendo em vista o fato de a metodológica aqui apresentada ainda estar em fase de desenvolvimento, é muito bem vinda a adesão de novas contribuições para a consolidação e aprimoramento da mesma. Pode ser sugerido também que seja avaliada a possibilidade de elaboração de uma espécie de tutorial para auxiliar professores nos primeiros passos com esta proposta. Outra questão que se abre é a possibilidade de investigação de novos campos, disciplinas ou tópicos onde poderia ser mais indicada a aplicação destes modelos, tanto no Ensino Médio como o Superior.

É importante ainda ser destacado que uma vez que um determinado professor receba um treinamento específico com este propósito, ele poderá elaborar inúmeros modelos, a partir daí. Na realidade, quanto mais um professor elabore os seus modelos com fins didáticos, mais ele estará apto a construir novos modelos e em tempo menor.

Em relação ao custo dos modelos de simulação empregados como recursos didáticos, destaca-se a possibilidade de utilização de versões livres de custos dos softwares de SED. Outra perspectiva que se abre é o fato de, atualmente, já existirem softwares de código aberto e livre de custos, que poderão ser amplamente utilizados para este fim. Inclusive, nesta direção, destaca-se o software Ururau apresentado em Peixoto *et al.* (2013).

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ pelo suporte financeiro para esta pesquisa.

Referências

Banks, J., Carson, J.S., Nelson, B.L. & Nicol, D.M. (2010). Discrete-Event System Simulation. Prentice Hall, 5th ed.

Freitas Filho, P. J. (2008). *Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas: com aplicações em Arena*. 2. ed. Visual Books.

Goldsman, D. (2007). A Simulation Course for High School Students. In *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, edited by S. G. Henderson, B. Biller, M.-H. Hsieh, J. Shortle, J. D. Tew, and R. R. Barton, 2353-2356. Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc.

Law, A. M. (2007). *Simulation modeling and analysis*. 4th edition. McGraw-Hill.

Montevecchi, J.A.B.; Leal, F.; Pinho, A.F.; Costa, R.F.S; Oliveira, M.L.M. & Silva, A.L.F. (2010). Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: An application in a Brazilian tech company. In: *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, p. 1624-1635.

Nascimento, J. R & Rangel, J. J. A. (2012). Modelos de Simulação a Eventos Discretos como Recursos Didáticos no Ensino Médio. In *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Rio de Janeiro. XVI CLAIO - XLIV SBPO, p. 1-10.

Peixoto, T. A.; Rangel, J. J. A. ; Matias, I. O. ; Montevecchi, J. A. B. & Miranda, R. C. (2013). Ururau - Um Ambiente para Desenvolvimento de Modelos de Simulação a Eventos Discretos. *Revista Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*, v. 5, p. 373-405.

Rangel, C. L. & Rangel, J. J. A. (2013). Simulação a Eventos Discretos como Ferramenta Pedagógica nas Áreas de Telecomunicações e Informática. In: *IX Encontro Mineiro de Engenharia de Produção - EMEPRO, 2013, Juiz de Fora - MG. EMEPRO 2013*.

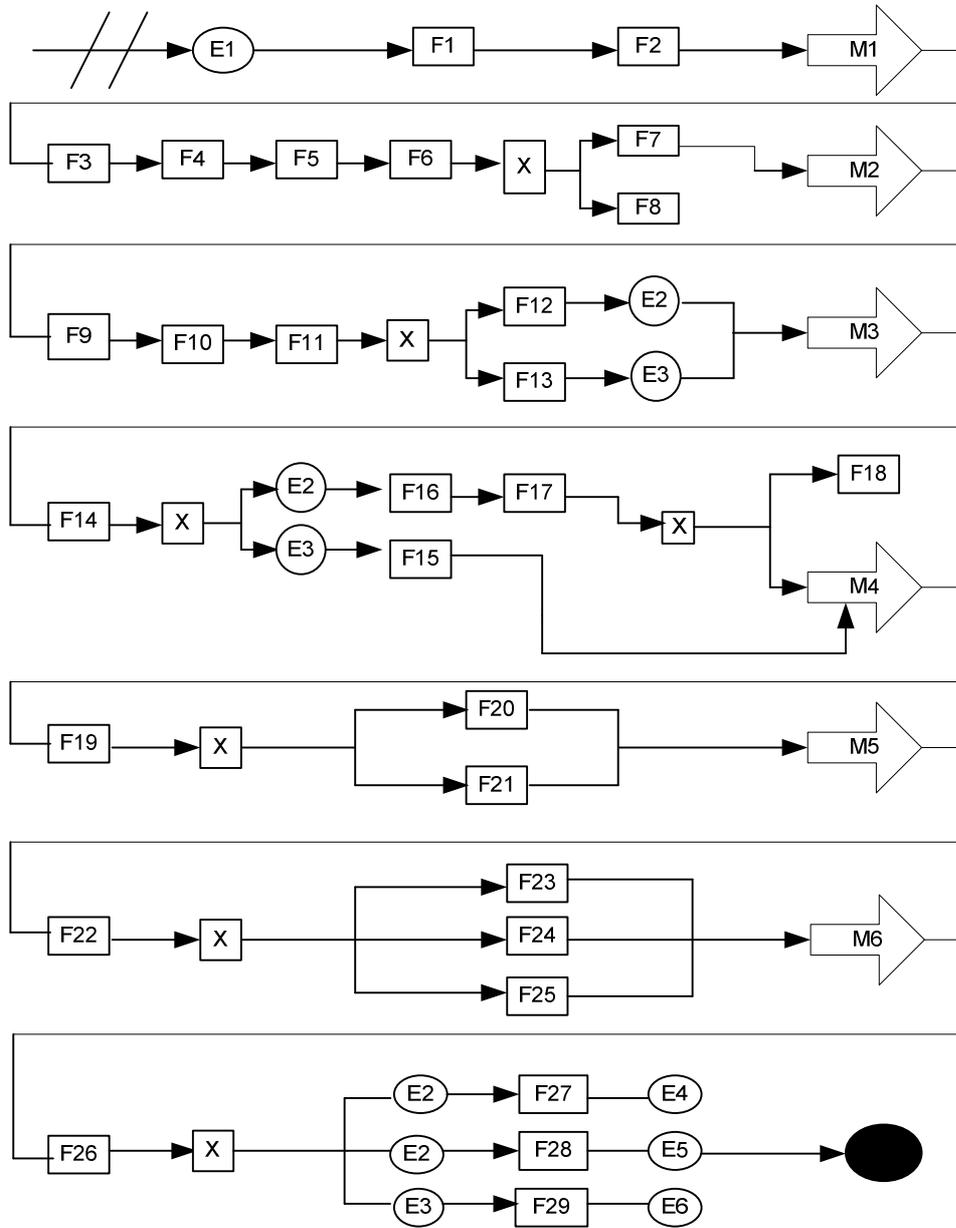
Rangel J. J. A., Teixeira a. C. T., Shimoda E. & Lisbôa R. T. (2010). Simulação a eventos discretos como recurso didático em disciplina de física no Ensino. *Modelo de S & G. Sistemas & Gestão*, v.6, 56-71.

Sargent, R. G. (2012). Verification and validation of simulation models. *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, IEEE, p. 166-183.

Silva, T. M. P & Rangel, J. J. D. S. (2011). Discrete event simulation as didactic support to the teaching of telecommunications systems: applications in digital telephony. *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, p. 3893-3903.

White JR, K. P & Ingalls, R. G. (2009). *Introduction to Simulation*. Winter Simulation Conference, Austin, TX, USA p. 12-23.

Apêndice A: modelo Conceitual de cada Camada do Modelo OSI



Apêndice B: Parâmetros do Modelo de Simulação OSI

Item	Descrição	Parâmetros	Item	Descrição	Parâmetros
E1	Informação de entrada	Constante; 1 por vez; Max.100	F16	Controla fluxo dos pacotes TCP	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
E2	Pacote TCP	Constante; 1 por vez;	F17	Controla erros e sequência nos pacotes TCP	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
E3	Datagrama UDP	Constante; 1 por vez	F18	Descarta pacotes com erro	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
E4	Dados do servidor FTP	Constante; 1 por vez	F19	Gerencia e controla sessão	2-way by chance; 80%
E5	Dados do servidor HTTP	Constante; 1 por vez	F20	Sessão Half	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
E6	Dados do servidor DNS	Constante; 1 por vez	F21	Sessão Full	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F1	Amplificação	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	F22	Representa dados baseado no formato	N-way by chance; 40%, 30%, 30%
F2	Define bit "1" e bit "0"	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	F23	Representa texto através do ASCII	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F3	Forma quadros		F24	Representa vídeo através do MPEG	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F4	Define MAC	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	F25	Representa foto através do JPEG	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F5	Insera controle de erro	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	F26	Identifica o serviço	N-way by chance; 50%, 25%, 25%
F6	Inspeciona quadros	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	F27	Serviço do HTTP	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F7	Fila de acesso ao meio	Delay 2 segundos	F28	Serviço do FTP	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F8	Descarta quadro com erro	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	F29	Serviço do DNS	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F9	Forma pacotes	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	M1	Envia os bits para camada 2	Route time 30 segundos
F10	Define IP	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	M2	Envia os quadros para camada 3	Route time 2 segundos
F11	Faz roteamento baseado no serviço	2-way by chance; 75%	M3	Envia os pacotes para camada 4	Route time 10 segundos
F12	Serviço orientado a conexão	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	M4	Envia os dados para camada 5	Route time 10 segundos
F13	Serviço não orientado a conexão	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	M5	Envia os dados para camada 6	Route time 10 segundos
F14	Define o protocolo conforme F12/ F13	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	M6	Envia os dados para camada 7	Route time 10 segundos
F15	Entrega os datagramas UDP	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	M6	Envia os dados para camada 7	Route time 10 segundos

ARTIGO A SER SUBMETIDO: REVISTA PO

Periódico:

Pesquisa Operacional (Revista PO).

Título do artigo:

Simulação a Eventos Discretos como Suporte Didático

Autores:

Cíntia de Lima Rangel (UCAM-Campos / IFF) - cintiade.lima@yahoo.com.br

João José de Assis Rangel (UCAM-Campos) - joao@ucam-campos.br

Eduardo Shimoda (UCAM-Campos) – prof_shimoda@yahoo.com.br

Resumo:

Este trabalho propõe um processo de construção de modelos de simulação em ensino, como recurso didático. Essa proposta foi realizada a partir de um ajuste nos passos das principais metodologias comumente empregadas na construção de modelos de simulação discretos. Como exemplo prático, foi construído um modelo com aplicação nas áreas técnicas de eletrônica, informática e telecomunicações, a fim de facilitar o entendimento dos passos sugeridos no processo. Posteriormente, através de análises estatísticas, foi realizada uma avaliação, sobre diferentes aspectos, no que se refere à qualidade e capacidade do modelo no auxílio ao processo ensino-aprendizagem. Os resultados desta avaliação mostraram que o modelo pode ser inserido no cotidiano escolar, uma vez que foi comprovado o ganho durante a etapa de teste e na implementação.

PALAVRAS-CHAVE: Simulador Didático, Processo de construção, Modelos DES, Ensino.

1- INTRODUÇÃO

A Discrete Event Simulation (DES) se consolidou a partir da segunda metade do século passado sendo aplicada em diversas áreas, com maior destaque para sistemas de logística e manufatura. Nos segmentos citados podem ser apresentados, por exemplo, os trabalhos de Wanke (2011) e Ko et al. (2013). Nestes estudos encontram-se, respectivamente, uma aplicação típica em logística com cálculo do tempo de espera dos navios e outra em sistema de manufatura onde o modelo de simulação pode auxiliar, inclusive, nos testes de controle do processo. Por outro lado, o uso da simulação aplicada em ensino vem ganhando força

recentemente. Pode-se chamar a atenção para o fato de existir, atualmente, uma seção dedicada exclusivamente a Simulation Education no Winter Simulation Conference (WSC), principal evento mundial no campo da DES.

Neste contexto, dentre os diversos trabalhos que podem ser encontrados, ressalta-se o de Goldsman (2007), onde a simulação foi aplicada como modelo pedagógico em aulas de matemática do ensino médio. Já Nugroho and Suhartanto (2010), propuseram a utilização da DES para ensinar conceitos de redes de computadores. Já Silva et al. (2011) developed discrete simulation models to use as a didactic resource for teaching telecommunications. Neste último, os autores propuseram a utilização da versão free do software para que o próprio professor elaborasse o modelo e o utilizasse em sala para expor os conceitos a serem explanados aos alunos.

Diante disso, este trabalho buscou avaliar a aplicação de um modelo construído a partir de um processo, proposto, especificamente, para a construção de modelos com fins didáticos. Este processo foi elaborado com base nas metodologias tradicionais, aplicadas por modeladores no campo da DES. O objetivo desta proposta é facilitar e incentivar a construção de novos modelos didáticos em outras áreas de ensino, bem como analisar o potencial de emprego desta abordagem.

2 - PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE MODELOS DE SIMULAÇÃO PARA ENSINO

O processo para construção de modelos com aplicação didática apresentado neste trabalho teve sua proposta fundamentada nas metodologias de Banks *et al.*, (2010) e Law (2007). Foram realizados ajustes nas etapas desses processos de forma a atender, especificamente, as particularidades que envolvem a construção de um modelo de simulação com fim didático. Esta adaptação teve o objetivo de atender às necessidades do professor no momento de construir e testar seu modelo, facilitando as etapas envolvidas no desenvolvimento dos mesmos.

De certa forma, as etapas sugeridas no processo de construção de modelos didáticos, também estão em consonância com outras metodologia como a de Leal, et al. (2011).

As etapas do processo de construção de modelos didáticos podem ser vistas

na Figura 1.

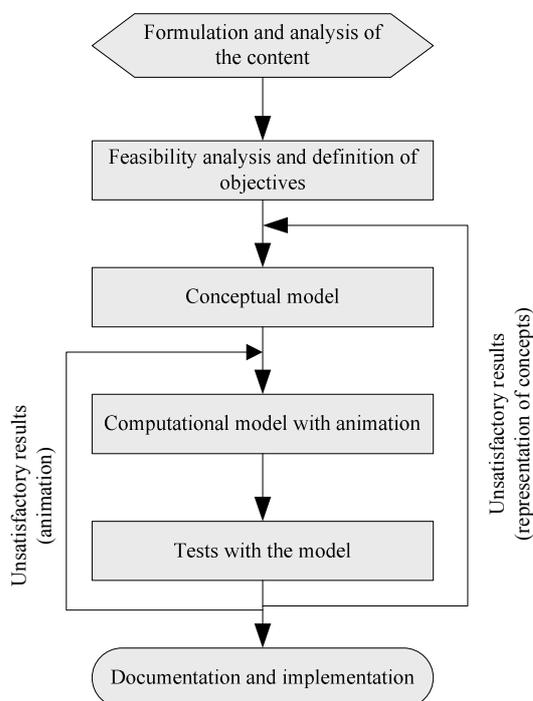


Figura 1 - Etapas do processo de construção de modelos didáticos

As etapas do processo apresentado na Figura 1, que são comuns às principais metodologias existentes na área de DES e, de certa forma, essenciais a elaboração de modelos com fins didáticos são: Formulação e análise do conteúdo, análise de viabilidade e definição dos objetivos, Modelo conceitual, Modelo computacional com animação, Testes com o modelo e Documentação e implementação.

Na formulação e análise do conteúdo deve ser realizado um levantamento sobre a necessidade de abordar o conteúdo através de software de DES; sobre a natureza (discreta ou contínua) do modelo; em caso se modelo contínuo, se é possível discretizá-lo em um ambiente de DES.

Na Análise de viabilidade e definição dos objetivos é recomendado que se questione sobre a existência de um ambiente escolar adequado com recurso para exibição do modelo, de modo que todos os alunos consigam visualizar os efeitos da animação. Caso o professor pretenda construir um modelo interativo, deve ser verificada a existência de uma sala ou laboratório com computadores em número suficientes para anteder a classe. Em seguida, na definição dos objetivos, o

professor deverá delimitar o conteúdo que será representado pelo modelo. Esta delimitação é importante devido a existência de conteúdo com uma abordagem muito extensa e complexa. Com a delimitação do conteúdo se evita erros na modelagem e a representação fica mais simplificada, podendo facilitar o entendimento do aluno.

A modelagem conceitual tem o objetivo de traduzir os conceitos do sistema que se pretende simular, dando a ele uma estrutura que irá orientar e facilitar sua transição para a modelagem computacional. Isto ocorre porque esta técnica evidencia o contexto do sistema, a integração das partes envolvidas e o formato lógico do modelo, (SARGENT, 2013).

Na Construção do Modelo Computacional, o professor irá traduzir o conteúdo teórico modelado na forma conceitual para um software de DES. Como o modelo possui fim didático, é essencial a utilização do recurso de animação para materializar os conceitos abstratos. Opcionalmente, poderá ser utilizado o recurso de interatividade no modelo, proporcionando que o aluno interaja diretamente com o simulador.

A etapa de teste tem o objetivo de avaliar a qualidade e eficácia do modelo como ferramenta pedagógica. Para testar a qualidade do modelo, primeiramente é verificado se a construção do modelo computacional segue a lógica do modelo conceitual e se também está de acordo o conteúdo delimitado pelo professor. Caso a análise seja insatisfatória, é recomendado o retorno à modelagem conceitual para traçar novamente a lógica do conteúdo. A segunda fase do teste de qualidade é sobre a animação. Para isto é verificado a qualidade das figuras e se a animação representa o conteúdo modelado. Se a avaliação da qualidade for considerada insatisfatória, o professor deverá voltar a etapa de construção do modelo computacional. Tanto na primeira fase do teste de qualidade quanto na segunda o professor pode optar em realizar os testes no dia a dia em sala de aula, durante a implementação, ou contar com a colaboração de outros professores da área e até mesmo dos próprios alunos. A eficácia do modelo tem o objetivo de verificar a capacidade do simulador enquanto recurso didático. Deste modo é questionado se o aluno realmente aprende com o modelo. Esse questionamento é feito através de avaliações de conhecimentos sobre o conteúdo modelado.

A etapa de Documentação e implementação do modelo se inicia com um relatório composto pelo modelo conceitual e o passo a passo da tradução para a

forma computacional, através do ambiente de DES. A documentação tem o objetivo de relatar detalhes do seu desenvolvimento, objetivando sua reprodução por outro professor ou uma futura modificação. Logo após, este modelo poderá ser implementado em sala de aula pelo professor que o construiu, ou por outros professores que ministram os conteúdos simulados no modelo. A implementação é o que dá sentido a adaptação da metodologia apresentada neste trabalho, pois se caracteriza pela aplicação do modelo em sala de aula como recurso didático reconhecido pela etapa de testes.

3- MODELOS DE SIMULAÇÃO

Este item, inicialmente apresenta os conceitos a serem representados pelo simulador em DES. Posteriormente, descreve a construção de um modelo de simulação didática, seguindo as etapas propostas no processo de criação de modelos com este tipo de aplicação. Por fim, este item descreve a etapa de testes com o modelo sobre diferentes aspectos.

3.1 - DESCRIÇÃO DO CONCEITO A SER MODELADO

O modelo de simulação desenvolvido neste trabalho, de forma a ilustrar a aplicação como recurso didático, representa os principais conceitos do Modelo de Referência OSI. Este conteúdo foi escolhido devido à sua importância nos estudos iniciais sobre comunicação entre redes de computadores e, também, por possuir conceitos abstratos que dificultam sua representação em sala de aula de forma concreta.

Segundo Tanenbaum (2003), o Modelo ou Padrão de Referência OSI (Open systems interconnection) foi criado pela ISO (*International Standardization Organization*) em 1984. Seu objetivo era viabilizar a comunicação entre sistemas abertos, ou seja, sistemas de computadores que desejam se comunicar com outros sistemas. Esta comunicação deveria ser feita mesmo que estas redes possuíssem *software* e/ou *hardware* de fabricantes diferentes. Ainda segundo o autor, este padrão foi dividido em sete camadas que representam as funções envolvidas na

- A Camada de Rede trata as informações como pacote ou datagramas, inserindo e identificando o endereço IP - *Internet Protocol* de origem e destino. O roteador é um exemplo de equipamento que trabalha nesta camada.
- A Camada de transporte trata a informação a nível de segmento, transportando os pacotes e datagramas até o destino.
- A Camada de Sessão trata a informação a nível de dados, sendo responsável pelo estabelecimento e gerenciamento de sessão entre dois hosts, decidindo, por exemplo, se a troca de dados será *Half* ou *Full Duplex*.
- A Camada de Apresentação trata as informações como dados que são representados no formato adequado para o meio, equipamento ou usuários. O ASCII, JPEG e o MPEG são exemplos de códigos de representação desta camada.
- A Camada de Aplicação trata a informação a nível de dados, prestando serviço diretamente para o usuário final, através de protocolos como HTTP, DNS e FTP.

3.2 CONSTRUÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

O modelo de simulação, construído com a finalidade de avaliar a possibilidade de aplicação como recurso didático, seguiu os passos apresentados no processo do item 2. Desta forma, sua construção foi iniciada com formulação e análise do conteúdo. Nesta etapa, houve a escolha do conteúdo a ser modelado, considerando a necessidade de utilizar *softwares* que proporcione uma representação concreta de conceitos abstratos. Além disto, definiu-se a característica do conteúdo a ser modelado como contínua, porém possível de ser discretizada em um *software* de simulação discreta.

Na análise de viabilidade e definição dos objetivos, observou-se que a escola, onde se pretende implementar o simulador didático, possui recursos como computadores, datashow e televisores acomodados em ambientes adequados para rodada e exibição do *software* de simulação. Desta forma, fica identificada a viabilidade do uso do modelo em ambiente escolar, inclusive para modelos interativos. Além disto, esta etapa também delimitou os conceitos do Modelo OSI

que serão modelados pelo software de DES.

Na construção do modelo conceitual, a fim de facilitar a modelagem computacional foi utilizada a linguagem IDEF- SIM, proposta por Montevechi *et al.* (2010).

A modelo conceitual sobre as camadas do padrão OSI pode ser vista na Figura 3. Já as descrições das entidades, funções e processos presentes nesta modelo podem ser visualizados no Apêndice A.

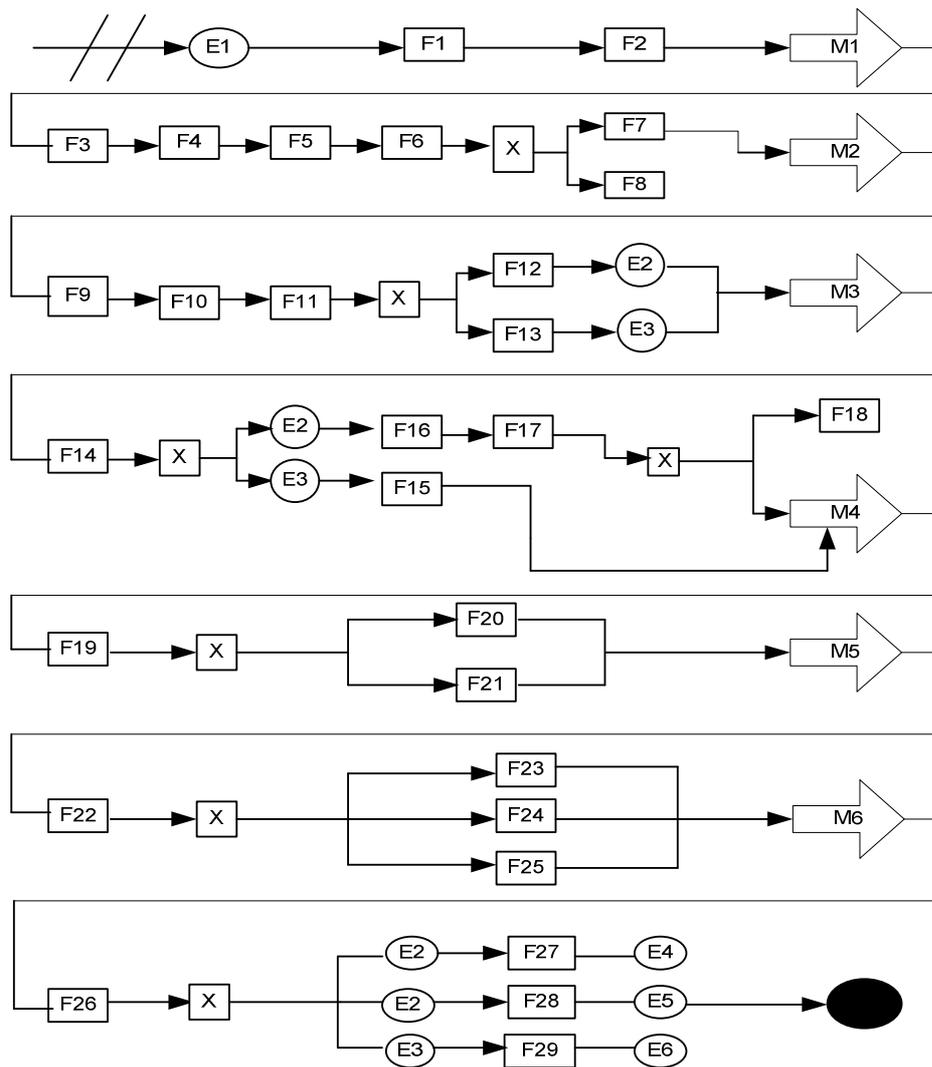


Figura 3- Modelo Conceitual sobre o padrão de referência OSI

A etapa de construção do modelo computacional com animação iniciou-se com a escolha do software de DES Arena 14, na versão acadêmica isenta de custo. Esta escolha possibilita a construção de modelos de simulação sem ônus para a escola e professor. Para construir o modelo, o professor teve 20 horas de

treinamento e levou 16 horas no seu desenvolvimento.

Para a construção do modelo apresentado neste trabalho, foram utilizados módulos de *templates* disponíveis no Arena. Do *template Basic Process* utilizou-se o *Create*, o *Dispose*, o *Process*, o *Decide*, o *Batch* e o *Assign*. Do *Advanced Process*, usou-se o *Readwrite*. Já em relação ao *template Advanced Transfer*, foram utilizados o *Route* e a *Station*. O módulo *Create* foi usado como entrada de informação. O *Assign* foi utilizado na criação de entidades representadas na animação como: bits de sinal de entrada, quadros, pacotes, datagramas, dados transmitidos em *Full* e *Half Duplex*; códigos de representação de textos, vídeos e fotos além de serviços do HTTP, FTP e DNS. A *Station* foi usada na interligação entre as camadas e dando suporte a parte de animação do modelo. O *Router* envia as informações das *stations* de cada camada para a próxima, além de viabilizar a animação do modelo. Já o *Process* é usado para executar funções como: amplificar o sinal, definir bits "0" e "1", formar quadros, definir MAC, inserir controle de erros, formar pacotes, definir IP; controlar de fluxo, gerenciar sessão; representar textos, fotos e vídeos e entregar serviços do HTTP, FTP e DNS. Por fim, o *Dispose* encerra o processo de transferência da informação.

A melhor visualização, a animação do modelo foi dividida em duas partes. A primeira representa as funções, equipamentos e protocolos das quatro primeiras camadas do Modelo OSI, já a segunda, representa as funções e protocolos presentes nas três últimas camadas.

As Figuras 4 e 5 apresentam um instante da primeira e segunda parte da animação, respectivamente.

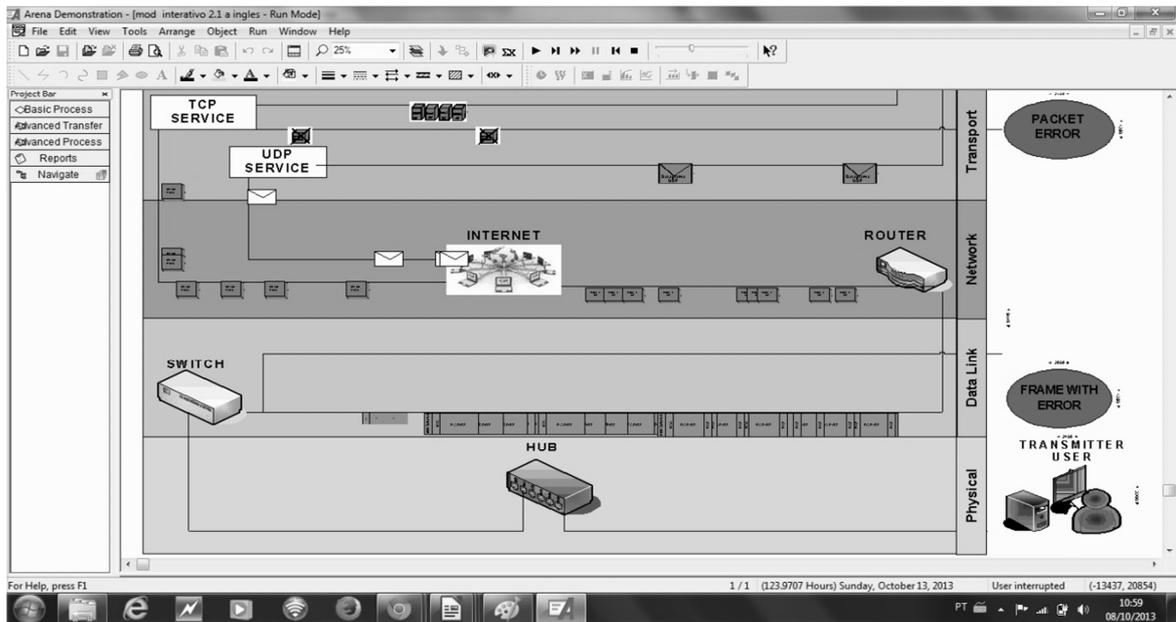


Figura 4 - Instante da animação da primeira parte do modelo de simulação

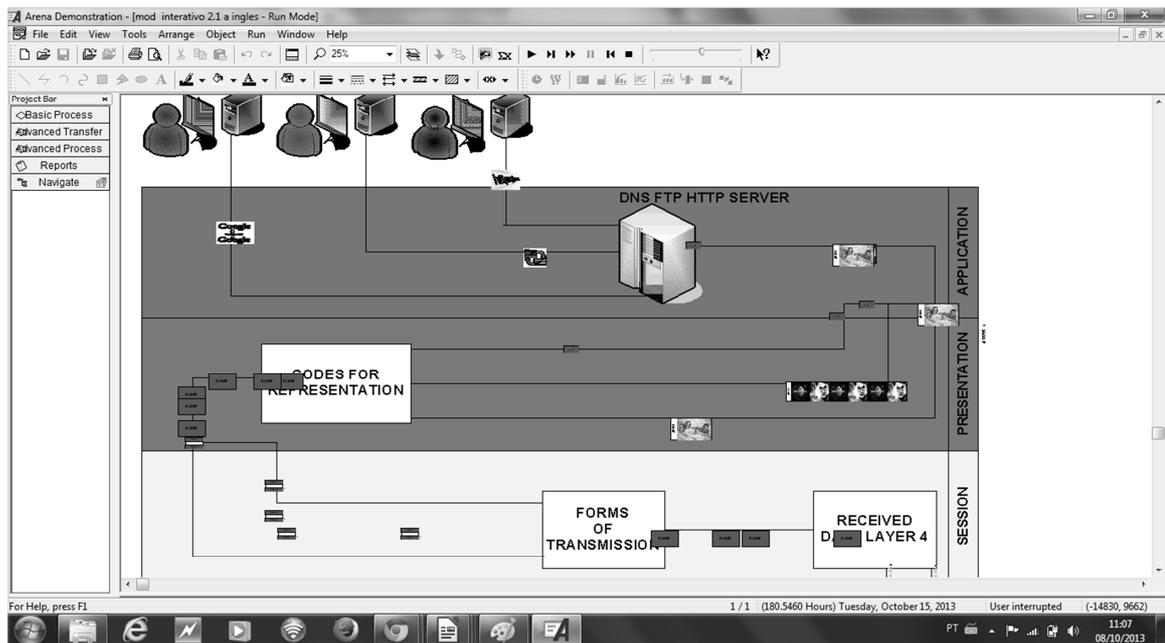


Figura 5 - Instante da animação da segunda parte do modelo de simulação

A Figura 4 mostra a atuação do switch na formação de quadros na camada de enlace que são encaminhados para a camada de rede onde se transformam em pacotes e datagramas ao passar pelo roteador. A camada de transporte, através do serviço não orientado a conexão, envia os datagramas pelo protocolo UDP. Já os pacotes são transportados pelo serviço orientado a conexão, através do protocolo

TCP.

A Figura 5 mostra os dados sendo recebido pela camada de sessão e transmitidos no modo Full Duplex para a camada de apresentação. Na camada de apresentação, os dados são transformados em textos, imagens e vídeos, através de códigos de representação. Já na Camada de aplicação, essas representações são recebidas e encaminhadas ao servidor que entregará a informação ao usuário final, através dos protocolos HTTP, FTP ou DNS.

O modelo também oferece o recurso de interativa, permitindo que o aluno modifique a quantidade de bits inseridos. Essa modificação gera uma alteração no tempo de saída dos dados no modelo. Esse processo ajuda o aluno a compreender o conceito de controle de fluxo na rede.

A Figura 5 apresenta a tela do Arena para visualizar os bits de entrada e o tempo de saída.

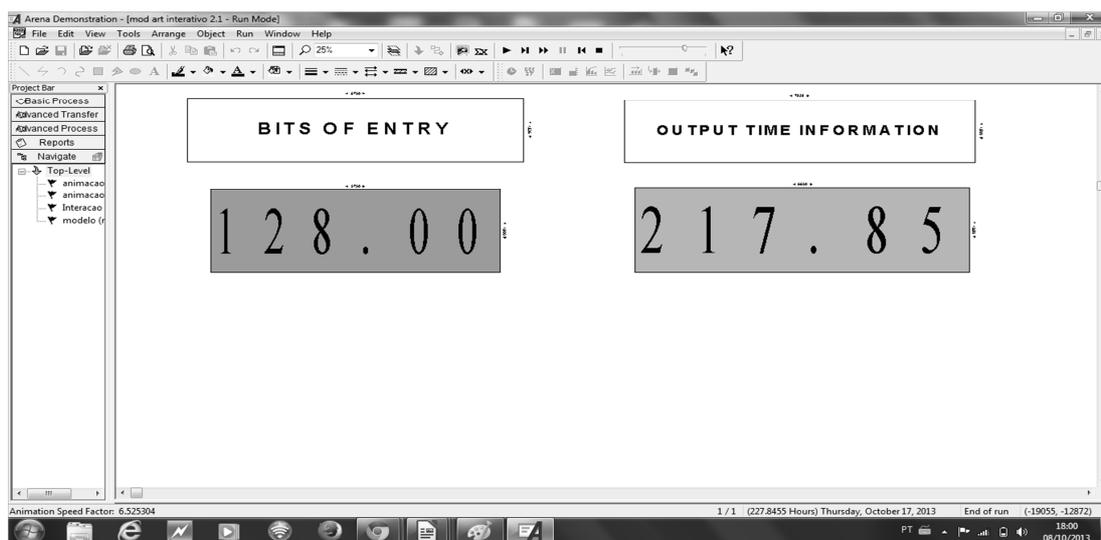


Figura 6 - Tela do Arena para visualização do tempo de saída de acordo com bits de entrada

A Figura 6 mostra a tela do Arena, onde os alunos podem visualizar a quantidade de bits que foi inserida por eles em uma célula da planilha e o tempo que essa quantidade de bits leva para sair do modelo.

3.3 TESTES E AJUSTES DO MODELO DE SIMULAÇÃO

Para realização da etapa de teste com o modelo foi considerada a percepção

do aluno e do professor. Desta maneira, foi composto um grupo de cinco alunos e outro grupo de três professores. Estes dois grupos avaliaram a qualidade do modelo através de um questionário composto por oito itens sobre a capacidade do modelo em representar o que foi proposto em seu objetivo, sobre a qualidade da animação e sobre a interação com o aluno. Além disto, Foi feita uma pesquisa sobre a mídia mais adequada para exibir o modelo com qualidade. Este questionário pode ser visto no Apêndice B.

O resultado da avaliação da qualidade do modelo durante a etapa de testes é mostrada na Figura 7.

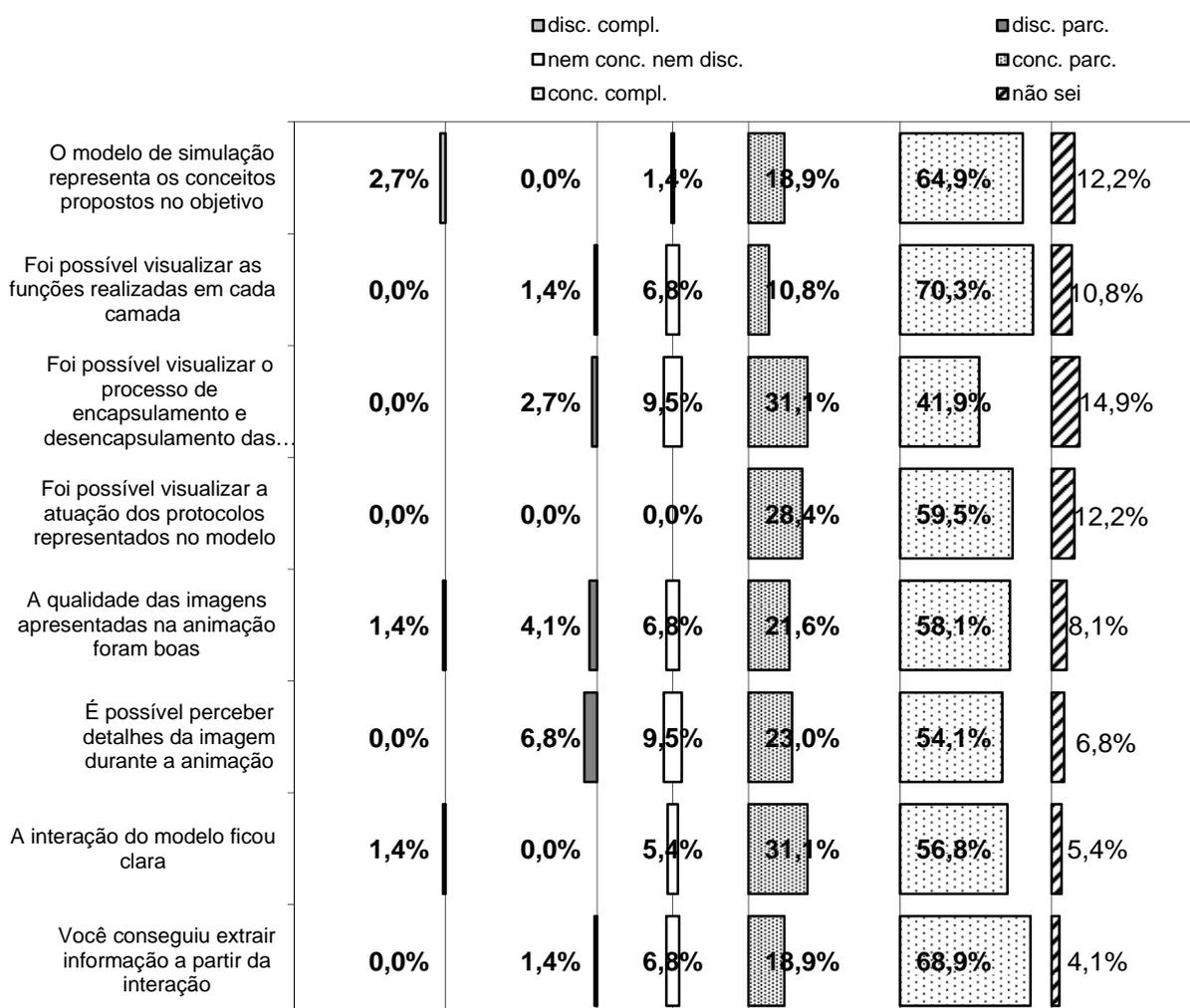


Figura 7 – Resultados da avaliação sobre a qualidade do modelo durante a etapa de teste

A Figura 7 mostra que os itens que tiveram mais de 60% de concordância completa, tanto por parte dos professores quanto por parte dos alunos foram os três primeiros e os dois últimos. Esses itens, respectivamente, avaliaram a capacidade

do modelo em representar o conteúdo proposto e capacidade de interação do aluno com o simulador. Além disso, nos três primeiros itens, 100% dos professores e alunos concordaram completamente com essas afirmativas. No 5º e 6º item, onde avaliou-se a qualidade das imagens da animação, 80% dos alunos concordaram completamente e 20% concordaram parcialmente nos dois itens. Já na opinião dos professores, 100% concordaram parcialmente sobre a qualidade das imagens (5º) e para o 6º item obteve-se a mesma porcentagem de 33,3% concordando completamente, parcialmente e não concordaram e nem discordando sobre a percepção dos detalhes da imagem.

De uma forma geral, é possível concluir que todos os itens foram bem avaliados. Contudo, os itens que tiveram menor concordância completa foram os itens 5 e 6. Desta forma, identificou-se a necessidade de ajustes nas imagens da animação antes de sua implementação.

Sobre a avaliação da mídia mais adequada para a qualidade das imagens, a Figura 8 mostra a opinião dos três professores, dos cinco alunos e o resultado total.

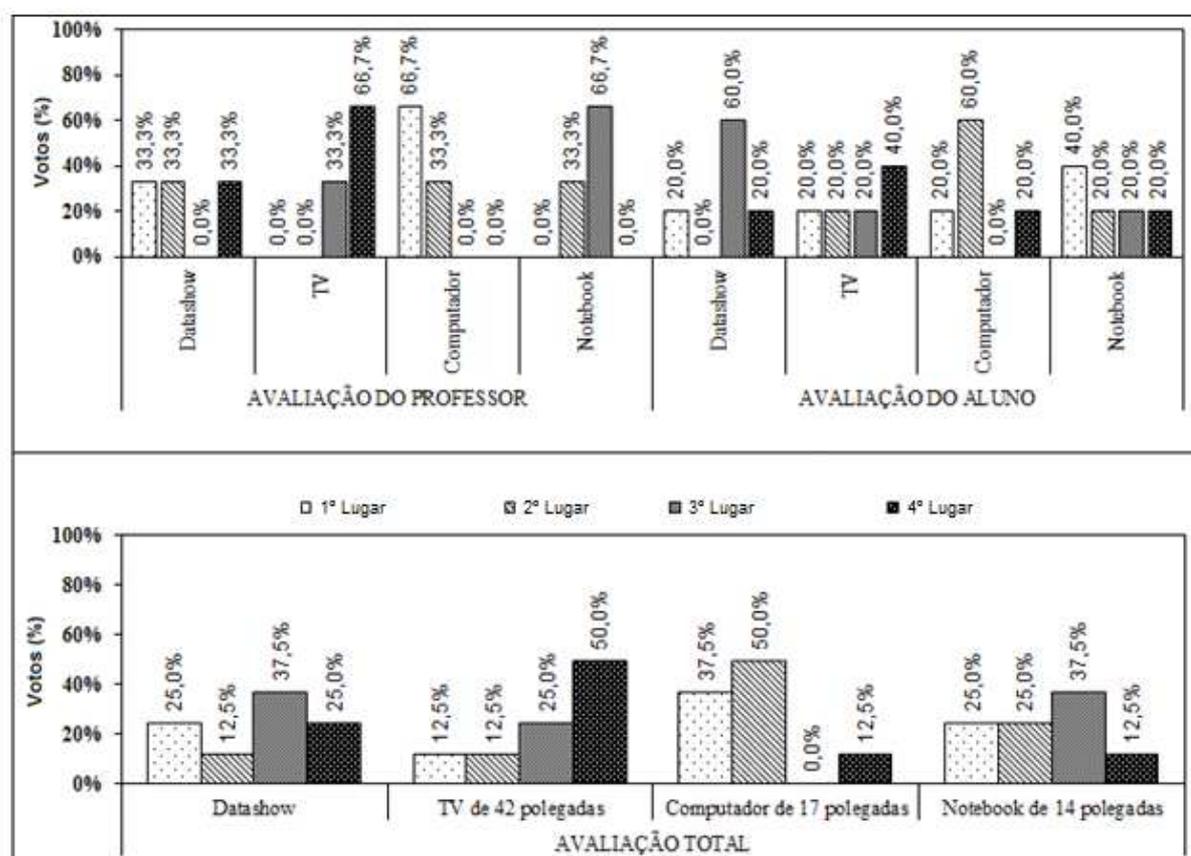


Figura 8 - Avaliação da mídia mais adequada na opinião de professores, alunos e de uma forma geral

Observando a Figura 8 é possível notar que, na opinião dos professores, o 1º

lugar como a mídia mais adequada para visualização do aluno foi o computador com 66,7% dos votos. Com a mesma porcentagem o notebook foi votado para o 2º lugar e a TV foi a mais votada para o 4º lugar. Já o datashow, recebeu três votos diferentes, um para o 1º lugar, outro para 2º lugar e o último para o 4º lugar. Não havendo, portanto conclusão sobre esta mídia na opinião dos professores.

Com relação a opinião dos alunos, a primeira colocação como a mídia mais adequada para reproduzir o modelo com nitidez ficou com o notebook com 40% dos votos. O computador ficou em 2º lugar com 60% dos votos. O datashow, com 60% dos votos, foi o mais votado para o 3º lugar entre as mídias. Já a TV, com a mesma porcentagem do notebook, foi o mais votado para o 4º lugar.

Por fim, na soma de votos dos alunos e professores, o computador ficou em 1º lugar com 37,5%. Em 2º lugar também ficou o computador com 50% dos votos. O 3º lugar ficou empatado entre o Datashow e o notebook com 37,5%. Em 4º e último lugar ficou a TV com 50% dos votos.

Estes resultados mostram que a proximidade da mídia em relação aos alunos influenciou no resultado. Uma vez que o computador seguido do notebook foram melhor avaliados, se comparado a mídia de exposição coletiva como datashow e TV.

Sobre a avaliação do conhecimento, após a aula teórica auxiliada pelo modelo, os resultados confirmaram a eficácia do uso da simulação na aprendizagem. Para esta avaliação foram utilizados os mesmos cinco alunos que responderam o teste qualitativo sobre o modelo. Esse grupo de alunos está matriculado em Cursos Técnicos de Eletrônica e Telecomunicações do IFF Campos-Centro.

A avaliação de conhecimento iniciou-se com a aplicação de um teste antes de iniciar a aula. Este teste teve o objetivo de quantificar o conhecimento que os alunos já poderiam possuir sobre o conteúdo. Após a resolução deste teste, os alunos assistiram à mesma aula com exposição teórica do conteúdo auxiliada pelo modelo e em seguida interagiram com o *software de simulação*. Ao término da aula, os alunos foram avaliados novamente, respondendo ao mesmo teste que pode ser visto no Apêndice C.

Os resultados da avaliação 1 (antes da aula) e da avaliação 2 (após a aula), assim como o ganho em relação as duas avaliações são mostradas na Tabela 1.

Aluno	Nota da Avaliação 1 (0-100%)	Nota da Avaliação 2 (0-100%)	Varição percentual
1	33,3%	77,8%	134%
2	22,2%	77,8%	250%
3	33,3%	88,9%	167%
4	33,3%	100,0%	200%
5	55,6%	100,0%	80%
Média	35,54%	88,90%	150%

Observando a Tabela 1, é possível constatar que a aula auxiliada pelo simulador didático contribuiu para aprendizagem dos cinco alunos. Isto por que, estes alunos já possuíam algum conhecimento produzido por aulas teóricas anteriores e após terem aulas com o auxílio do simulador, tiveram uma variação percentual média de 150% em relação ao conhecimento adquirido anteriormente. A média destes alunos, após terem aulas com aula com o simulador, aumentou de 35,54 para 88,90%.

Antes de seguir para a próxima etapa foram realizados alguns ajustes, atendendo as necessidades observadas nos resultados da avaliação qualitativa. Desta forma, algumas figuras da animação foram ampliadas, assim como a fonte dos textos também foram aumentadas. Além disto, foram utilizadas cores mais claras nas caixas de texto e na imagem de fundo da animação.

Após a etapa de testes, e os ajustes considerados necessários, iniciou-se a próxima etapa com a documentação de todos os passos envolvidos na construção do modelo. Esta documentação foi composta pelo modelo conceitual e o passo a passo da realizado na construção do modelo computacional. Este processo é importante para que outros professores que forem utilizar o modelo e quiserem modificá-los possam fazê-lo de forma mais facilitada.

A implementação do modelo trata-se de sua utilização em sala de aula para alunos que, de acordo com o conteúdo programático da disciplina, devem aprender o conteúdo. Neste contexto, o modelo de simulação foi inserido no cotidiano escolar de alunos dos cursos técnicos de nível médio das áreas de Eletrônica, Informática e Telecomunicações de duas instituições públicas da rede federal de ensino e uma instituição privada. Todas as instituições localizadas no município de Campos dos Goytacazes, estado do Rio de Janeiro, Brasil.

4. AVALIAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO EM AULA

Este item apresenta uma avaliação do modelo sobre diferentes aspectos, durante sua implementação. Inicialmente avaliou-se a qualidade do modelo sobre a percepção dos alunos. Posteriormente, foi avaliada a aprendizagem dos alunos com o emprego do simulador em aula. Por fim, avaliou-se o efeito do método em relação ao grau de dificuldade das questões.

4.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO MODELO

Buscando melhorar ainda mais o modelo e saber as opiniões dos alunos em relação à sua qualidade, foi aplicado, para os mesmos 148 alunos da implementação, o mesmo questionário qualitativo usado na etapa de teste.

Os resultados da avaliação da qualidade, mostrada no Apêndice D, mostram que em todas as afirmativas do questionário a porcentagem de alunos que concordou completamente foi significativamente maior que a porcentagem que escolheu outra opção.

Sobre a capacidade do modelo em representar o conteúdo proposto no objetivo, 64,9% dos alunos concordaram totalmente e somente 2,7% discordou completamente. A respeito da capacidade de representar as funções realizadas em cada camada, 70,3% dos discentes concordaram completamente e 0,0% discordaram totalmente. Sobre o modelo permitir visualizar o processo de encapsulamento e desencapsulamento, 41,9% concordaram completamente e 0,0% discordaram totalmente. Na visualização da atuação dos protocolos em cada camada, 59,6% concordaram totalmente e 0,0% discordaram totalmente. Sobre as imagens da animação estarem boas, 58,19% concordaram completamente e 1,4% discordaram completamente. Sobre a capacidade de permitir visualizar detalhes das figuras, 54,1% concordaram completamente e 0,0% discordaram completamente. No que se refere à capacidade de interação com o modelo, 56,8% dos alunos concordaram completamente e 1,4% discordaram completamente. No último, no que se refere a extração de informações a partir da interação com o modelo, 68,9%

concordaram completamente e 0,0% discordaram completamente.

Por fim, realizou-se um levantamento sobre as mídias que possibilitam uma melhor visualização dos modelos pelos alunos. O resultado desta pesquisa pode ser visto na Figura 9.

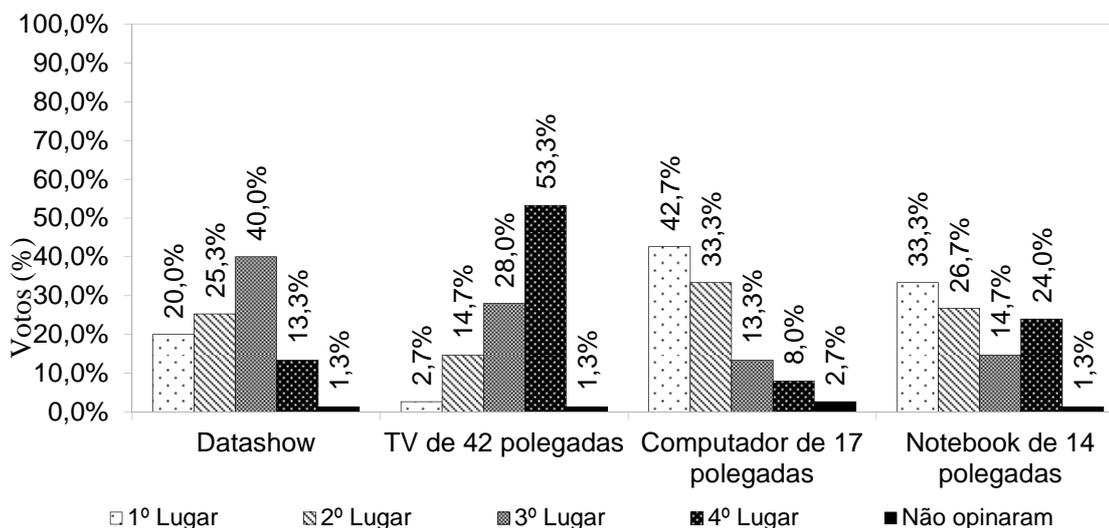


Figura 9 - Resultados da pesquisa de opinião a respeito da mídia que melhor representa as imagens do modelo

De acordo com a Figura 9, a mídia que recebeu maior porcentagem dos votos para o 1º lugar como a mídia mais adequada para exibição do modelo foi o computador com 42,7%. O computador de 17 polegadas também teve a melhor porcentagem dos votos para o 2º lugar com 33,3%. O notebook teve 26,7% dos votos para a segunda colocação. O datashow foi o mais votado para o 3º lugar com 40% dos votos. Por fim, em 4º lugar e último lugar ficou a televisão com 53,3% dos votos.

Analisando e ordenando estes resultados, pode-se concluir que, na preferência dos alunos que tiveram aulas com o simulador, o computador ocupa o primeiro lugar, em relação à exibição com melhor qualidade das imagens. Em segundo lugar ficou o notebook, seguido do datashow e TV, respectivamente.

Esta análise mostra que os resultados obtidos na etapa de teste ficaram significativamente próximos ao da etapa de implementação. Isto porque, de uma forma geral, os alunos julgaram as mídias de acordo com a visualização individual, ou seja, não consideram a qualidade da reprodução do modelo em aula para a

turma. Esta proximidade nos resultados sugere que um teste pode ser feito com um pequeno grupo de alunos e ser utilizado para ajustes de um modelo que será implementado em grupos maiores.

4.2 APRENDIZAGEM DOS ALUNOS COM O MODELO

Durante a implementação, com o objetivo de identificar o efeito do uso da simulação em sala de aula na aprendizagem dos alunos, foi realizada a avaliação quantitativa. Esta análise contou com a participação de 148 alunos de instituições e cursos citados anteriormente.

A avaliação utilizada na análise quantitativa foi a mesma utilizada na etapa de teste. Ela foi composta por nove questões estruturadas com base no grau de dificuldade, ou seja, três fáceis, três médias e três difíceis. Todas as questões abordavam o conteúdo ministrado em sala de aula e abordado pelo simulador. Esta avaliação foi aplicada em quatro grupos diferentes, baseada em Montgomery, (2009).

O Quadro 1 mostra a organização e descrição desses quatro grupos.

Quadro 1 – Divisão dos grupos de acordo com o experimento feito em sala de aula

Grupos de alunos	Aula Teórica	Aula com o Modelo de Simulação
Grupo C - Controle	Não	Não
Grupo T - Teoria	Sim	Não
Grupo S - Simulação	Não	Sim
Grupo (S + T) - Teoria e Simulação	Sim	Sim

De acordo com o Quadro 1, o Grupo C foi composto por alunos que não foram submetidos a nenhum método de exposição do conteúdo, o Grupo T foi exposto somente a aula teórica, o Grupo S teve contato apenas com o modelo de simulação e o Grupo S + T teve aula com os dois métodos de ensino, ou seja, aula com exposição teórica e prática com o simulador.

As Figuras 10 apresenta o índice de acerto dos alunos de acordo com o método didático utilizado e conforme a nota obtida na disciplina durante o semestre

corrente.

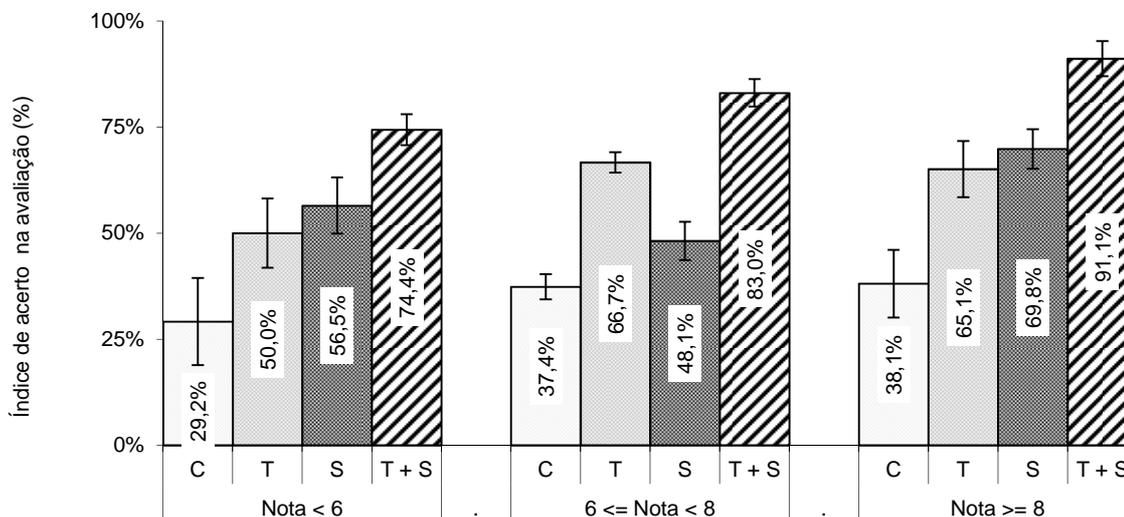


Figura 10 - Índice de acertos de acordo com o método didático e conforme a nota na disciplina

A Figura 10 mostra que nos alunos com nota inferior a 6 na disciplina, o índice de acerto, para aqueles que tiveram aula com os dois métodos de ensino (T+S), foi de 74%. No grupo de alunos com média entre 6 e 8, o uso da teoria somada ao simulador aumentou o índice de acerto para 83%, enquanto no uso isolado da teoria o índice de acerto foi de 67%. Nos alunos com nota igual ou superior a 8, o uso do simulador didático somado a teoria resultou no índice de acerto de 91%. Esses resultados mostram que a interação entre os dois métodos de ensino foram mais significativos nos alunos com média inferior a 60% e para aqueles que tinham média superior a 8. Além disto, neste mesmo grupo de alunos, observou-se que o uso individualizado do simulador mostrou-se mais eficiente que a teoria. Uma vez que, no grupo com nota abaixo de 6, a teoria proporcionou um índice de acerto de 50% contra 56% do simulador. Já para os alunos com média acima de 8, a teoria proporcionou 65% de índice de acerto, enquanto o uso isolado do simulador resultou em 70%.

A Figura 11 apresenta o desempenho dos alunos de acordo com o método didático utilizado e conforme o coeficiente de rendimento (CR) do aluno no curso.

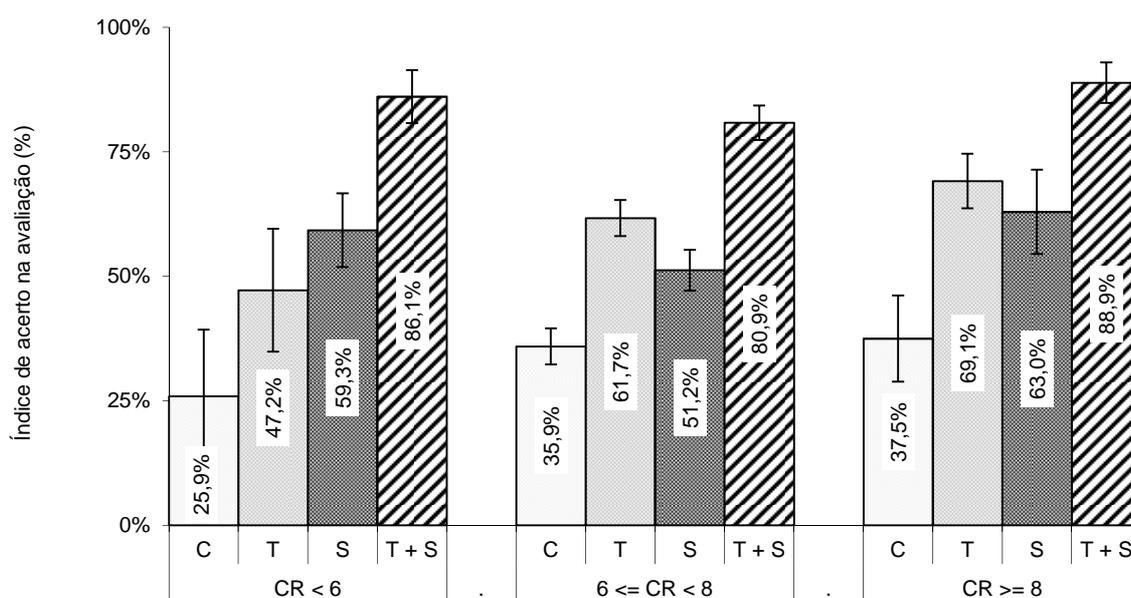


Figura 11 - Índice de acertos de acordo com o método didático utilizado e conforme o CR no curso

Observando a Figura 11 é possível notar que nos três grupos de alunos, separados por CR (coeficiente de rendimento no curso), o uso do simulador com a teoria foi mais eficiente que os dois métodos isolados. Além disto, no primeiro grupo, onde os alunos tinham CR menor que 6, a aula com os dois métodos proporcionou um índice de acerto de 86%. No grupo de alunos com CR entre 6 e 8, esse índice foi de 81%. Já nos alunos com CR igual ou maior que 8, o índice de acerto foi de 89%.

Analisando o uso isolado dos dois métodos, a teoria teve melhor desempenho no grupo com média entre 6 e 8, com um índice de acerto de 62% contra 51% no uso do simulador e no grupo com CR igual ou maior que 8, com 69% de acerto com aula teórica contra 63% com aula com o simulador. A simulação foi mais eficiente que a teoria nos alunos com CR inferior a 60%, pois resultou em 59% de índice de acerto contra 47% da teoria.

Com o objetivo de verificar se a ordem dos métodos influencia nos resultados, no grupo que teve aula com a teoria e o simulador, foram criados dois subgrupos. No primeiro subgrupo, a aula já foi iniciada com a exposição do simulador para expor os conceitos teóricos. Já no segundo subgrupo, os alunos tiveram primeiro a aula teórica para depois ter contato com o simulador.

A Figura 12 apresenta a comparação do índice de acerto de acordo com a ordem de utilização do método em relação às questões fáceis, médias e difíceis.

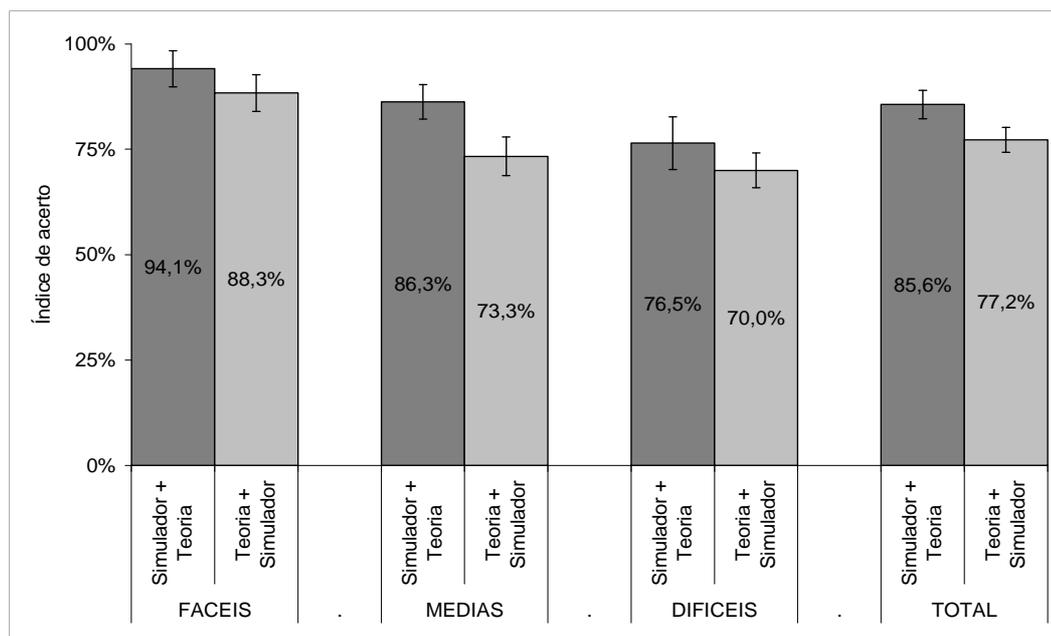


Figura 12 - Índice de acerto conforme a ordem de utilização dos métodos e o grau de dificuldade das questões

A Figura 12 mostra que nas questões fáceis, médias e difíceis, assim como no conjunto das questões, a aula iniciada com o simulador proporcionou maior rendimento dos alunos. No caso das questões fáceis, o primeiro subgrupo, onde o simulador foi usado antes da teoria, teve 94,1% de acerto contra 88,3% do segundo subgrupo. Nas questões médias, o primeiro subgrupo teve 86,3% de acertos contra 73,3% do segundo. Nas questões difíceis, o índice de acerto do primeiro grupo foi de 76,5% contra 70%. Já na totalidade das questões, o índice de acerto para quem teve contato primeiro com o simulador foi de 85,6 contra 77,2% dos que tiveram contato inicial com a teoria. Esse resultado mostra que, nas questões médias, o uso do simulador no início da aula foi ainda mais significativo.

4.3 APRENDIZAGEM EM RELAÇÃO O GRAU DE DIFICULDADE DAS QUESTÕES

A avaliação utilizada para medir a aprendizagem dos alunos foi composta por questões com três graus de dificuldade: fácil, média e difícil. Desta forma, com o objetivo de verificar o efeito dos métodos (teoria e simulação) sobre o índice de acerto das questões, foi realizada uma análise sobre o desempenho geral na prova

e para cada grupo de questão.

As Figuras 13, 14, 15 e 16 mostram os efeitos dos métodos de ensino sobre o total de questões da prova, nas questões fáceis, nas questões médias e nas questões difíceis. Nos gráficos (a) e (b) dessas figuras, os métodos de ensino ou fatores são identificados por letras. O fator teoria, o fator simulação e a interação entre esses dois fatores são representados pelo “A”, “B” e AB”, respectivamente. Para identificação do efeito não significativo esses gráficos utilizam a bola escura e para representação do efeito significativo é usado o quadrado escuro.

A Figura 13 apresenta os efeitos dos fatores teoria, simulação e interação entre esses fatores sobre o total de questões da avaliação.

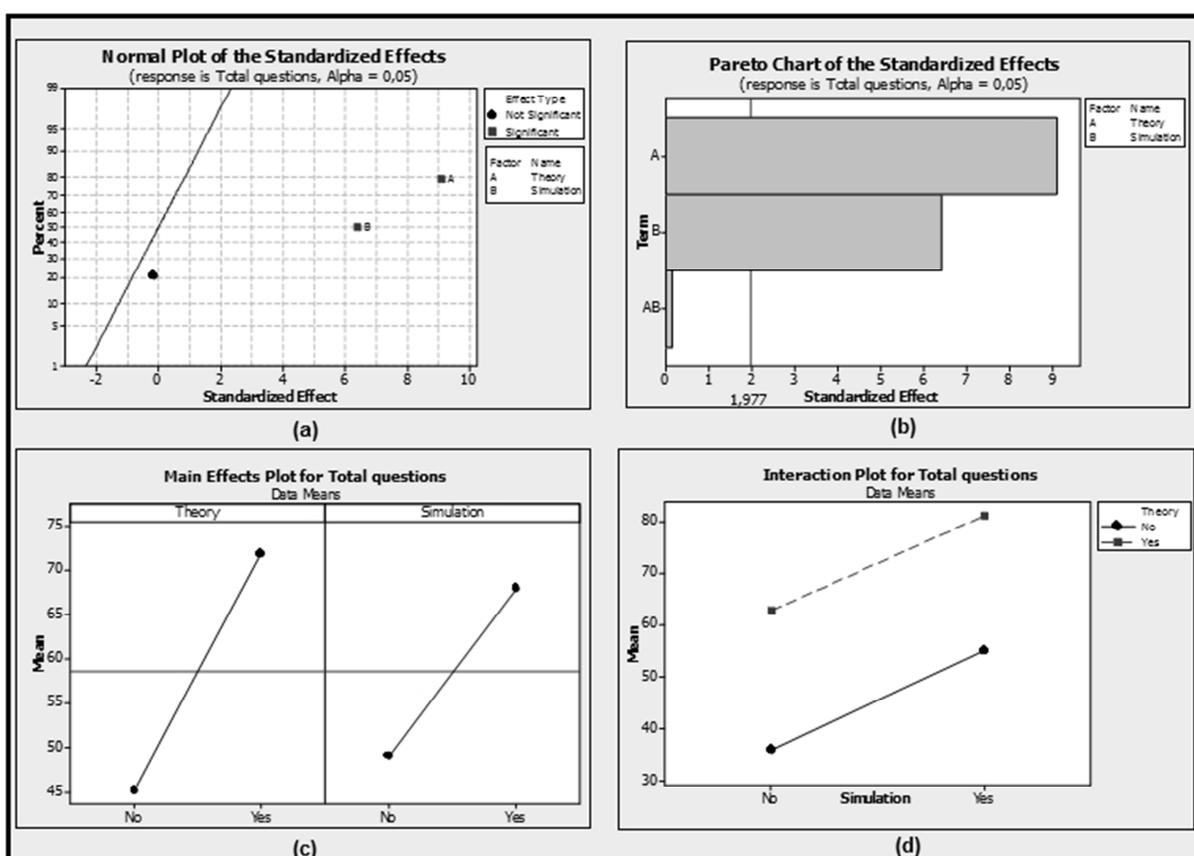


Figura 13- Resultados sobre o efeito dos métodos sobre o total de questões da prova

Em relação ao total das questões da prova, o gráfico (a) da Figura 13 mostra que, tanto o fator “A” (teoria) quanto o fator “B” (simulador) foram significativos para aprendizagem dos alunos, mas a interação entre esses dois métodos não demonstrou influenciar nos resultados final da avaliação. De acordo com o gráfico de Pareto (b), a teoria foi o fator que mais influenciou no desempenho dos alunos. Na avaliação dos principais efeitos dos métodos didáticos sobre o desempenho dos

alunos na prova, o gráfico (c) mostra que os dois métodos foram significativos, contudo, a teoria teve maior influência sobre o resultado positivo dos alunos. Observando o gráfico (d), onde se avalia o efeito da interação sobre o total de questões, nota-se que as linhas que representam a teoria e o simulador estão em paralelo. Este posicionamento indica que não houve efeito significativo na interação entre os dois métodos. Porém, quando o uso do simulador na presença da teoria aumenta as chances de acerto dos alunos.

A Figura 14 apresenta os efeitos dos fatores teoria, simulação e interação entre esses fatores sobre as questões fáceis.

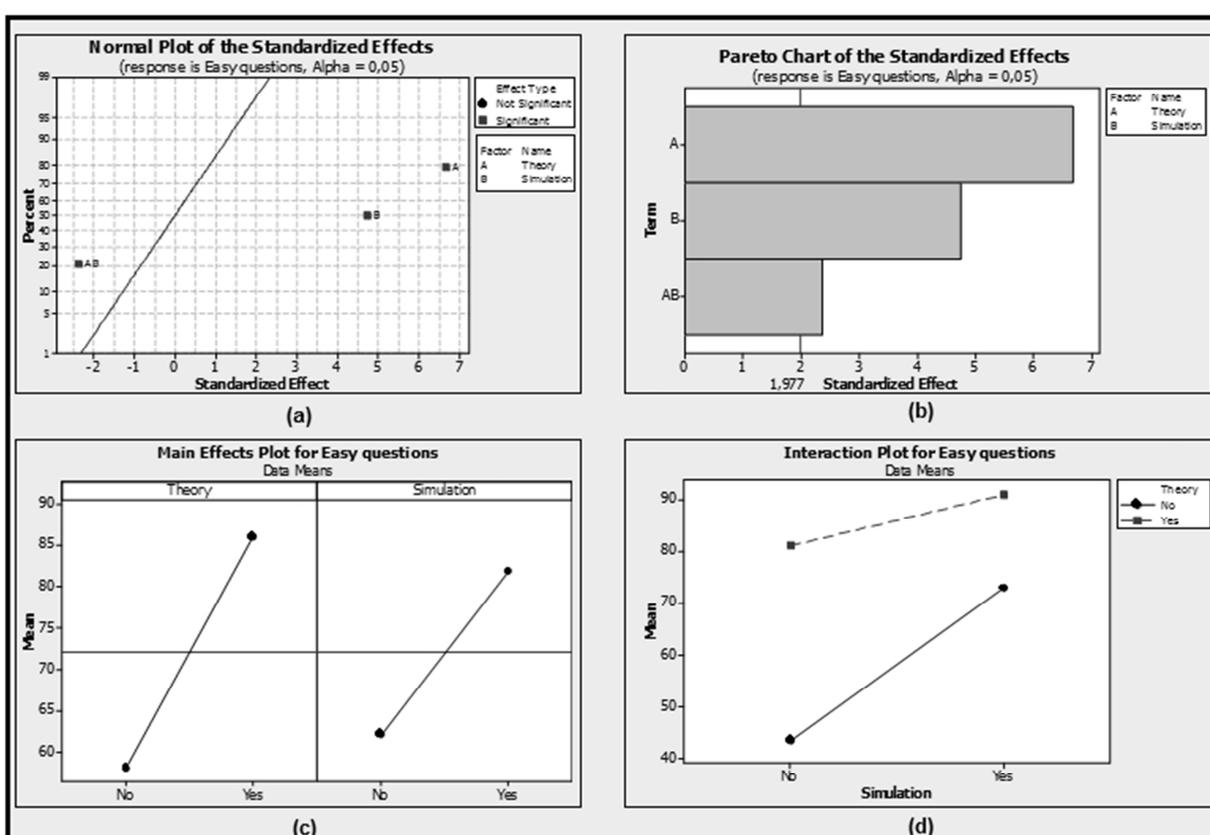


Figura 14- Resultados sobre o efeito dos métodos nas questões fáceis

Avaliando o efeito dos métodos nas questões fáceis, o gráfico (a) da Figura 14 indica que o fator teoria, fator simulador e fator interação entre esses dois métodos foram significativos para aprendizagem dos alunos. Observando o gráfico (b) é possível notar que, entre esses três fatores, a teoria foi a que mais contribuiu para o desempenho positivo nestas questões. No gráfico (c), percebe-se que os dois métodos de ensino contribuíram para aprendizagem dos alunos, porém, a teoria aumentou as chances de acerto dos alunos. Analisando o efeito da interação entre

os métodos sobre o desempenho nas questões fáceis, verifica-se que as linhas da teoria e do simulador não estão em paralelo, desta forma, fica identificado que a interação entre os métodos foi significativa.

A Figura 15 apresenta os efeitos dos fatores teoria, simulação e interação entre esses fatores sobre as questões médias.

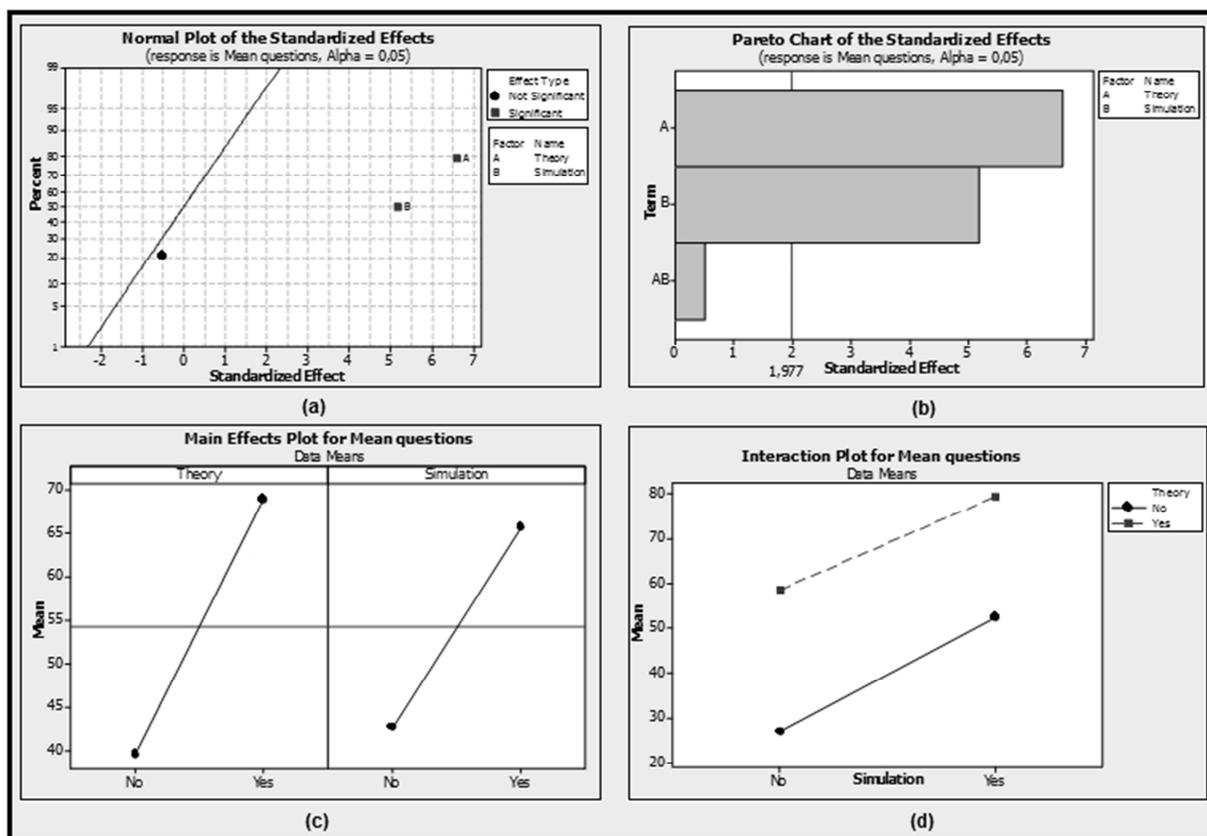


Figura 15- Resultados sobre o efeito dos métodos nas questões médias

Sobre as questões com médio grau de dificuldade, o gráfico (a) da Figura 15 indica que não houve efeito significativo somente na interação entre a teoria e a simulação. A partir do gráfico (b) é possível perceber que a teoria foi a que teve maior significância se comparada ao uso do simulador. Analisando os principais efeitos dos métodos didáticos no desempenho dos alunos, o gráfico (c) mostra que tanto o uso teoria quanto o uso do simulador influenciaram na aprendizagem das questões médias, contudo, a aula com teoria proporcionou melhores chances de acerto para os alunos. Sobre o efeito da interação entre teoria e simulação, o gráfico (d) mostra as linhas dos dois métodos em paralelo, indicando que não houve efeito significativo na interação entre a teoria e a simulação. Porém, é possível perceber que na presença da teoria e da simulação ocorreu um aumento em relação às

chances de acerto dos alunos.

A Figura 16 apresenta os efeitos dos fatores teoria, simulação e interação entre esses fatores sobre as questões difíceis.

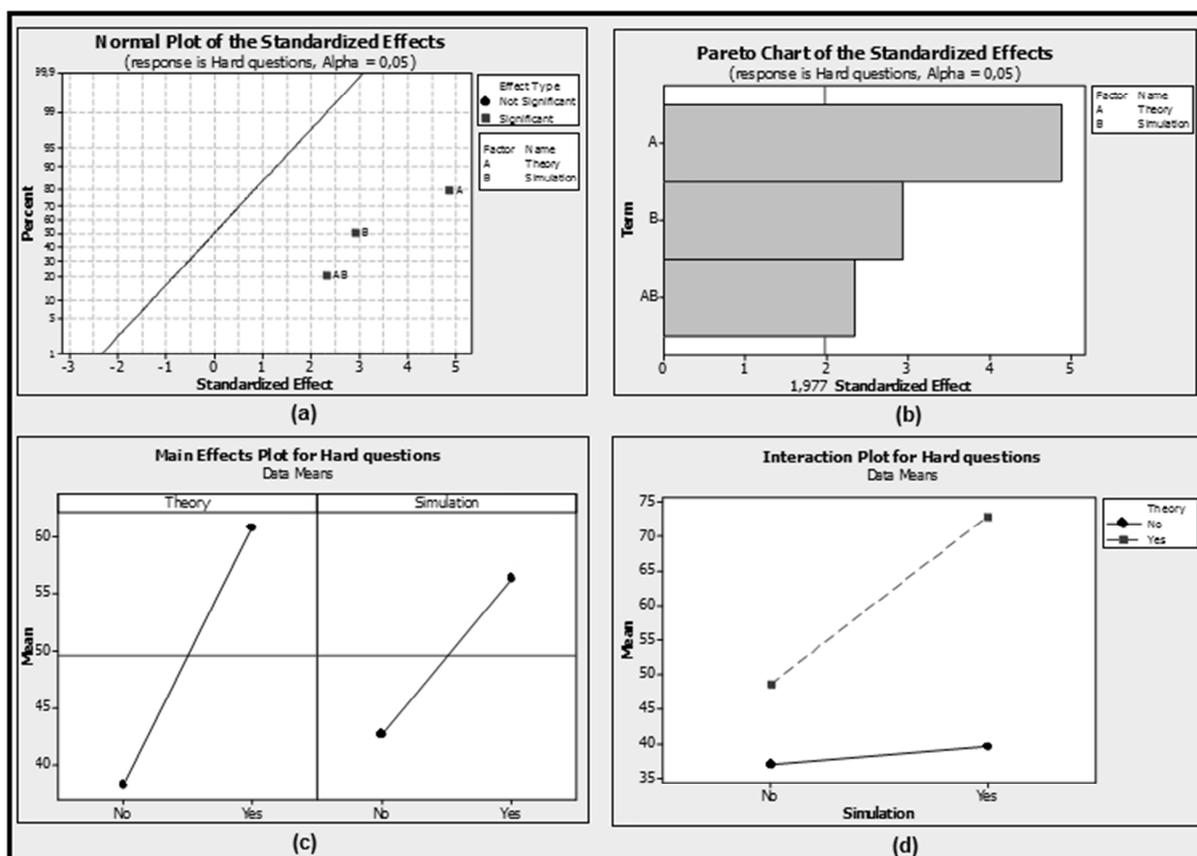


Figura 16- Resultados sobre o efeito dos métodos nas questões médias

Analisando o efeito das aulas teóricas e com o simulador sobre o resultado nas questões difíceis, o gráfico (a) da Figura 16 indica que os dois fatores e a interação entre eles foram significativos para aprendizagem dos alunos. A partir do gráfico (b) é possível constatar que novamente a teoria proporcionou melhor desempenho dos alunos nestas questões. Observando o gráfico (c), percebe-se que o uso individual do simulador teve baixa contribuição para a aprendizagem dos alunos. Contudo, o gráfico (d) mostra que as linhas da teoria e da simulação não estão em paralelas, mostrando que a interação entre esses dois métodos proporcionou um aumento significativo no desempenho dos alunos. Esse aumento é notável, tanto em relação aos alunos que tiveram somente aula teórica, quanto para os alunos que tiveram aula apenas com o simulador.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo mostrou que o processo proposto para a construção de modelos DES com aplicação didática permitiu desenvolver um modelo que pôde ser aplicado em sala de aula como recurso didático. Contudo, ainda é prematuro chamar esta proposta de metodologia, embora tenha sido empregado com êxito em todas as etapas do modelo construído.

Os resultados da utilização do modelo como recurso didático associado a teoria, possibilitou um aumento na aprendizagem dos alunos. Este efeito foi ainda mais significativo para os alunos com médias abaixo de 6, deixando-os com um desempenho próximo aos alunos com médias iguais ou maiores que 8. Desta forma, pode-se afirmar que o uso do simulador como recurso didático foi mais eficiente nos alunos com baixo rendimento.

Durante a implementação do modelo com a teoria, foi testado o efeito da ordem de aplicação dos métodos em sala de aula. Desta forma, identificou-se um maior rendimento nos alunos cuja aula foi iniciada com o modelo. Este resultado pode se justificar pela motivação em aprender com um método novo já no início da aula.

Em relação ao grau de dificuldade das questões, a simulação como recurso didático somado a teoria mostrou-se mais significativo na aprendizagem das questões fáceis e difíceis. Já o uso individual da simulação proporcionou melhor desempenho nas questões com médio grau de dificuldade.

Logicamente os resultados obtidos nesta pesquisa indicam um aspecto favorável na aplicação da DES como recurso didático. Contudo, novos estudos devem ser realizados com um número maior de amostras.

É importante frisar que esta nova aplicação surge a partir da utilização das versões livres de custo oferecidas pelas empresas que comercializam os softwares de DES. Esta característica viabiliza a construção e utilização de simuladores didáticos sem nenhum ônus para escola e para o professor. Além disto, possibilita ao aluno sua utilização fora do ambiente escolar.

Referências Bibliográficas:

BANKS, J. Et al. **Discrete-Event System Simulation**. 5 ed. New Jersey: Prentice Hall, 2010.

GOLDSMAN, David. A simulation course for high school students. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2007, Piscataway, New Jersey. **Proceedings...** . Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronic Engineers, 2007. p. 2353 - 2356.

LAW, A. M. **Simulation modeling e analysis**. 4 ed. New York: McGraw-Hill, 2007.

MONTEVECHI, J. A. B. Et. al. Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company. In: Winter Simulation Conference, **Proceedings...** Baltimore, MD, USA, 2010.

MONTGOMERY, D.C. **Design and Analysis of Experiments**, 6 ed, John Wiley and Sons, Arizona, USA, 2009.

NUGROHO, I. B. and H. SUHARTANTO (2010). Design and simulation of Indonesian education grid topology using gridsim toolkit. *Asian Journal of Information Technology* 9(5): 263-271.

SARGENT, Robert. G. Verification and validation of simulation models In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2013, **Proceedings...** Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronic Engineers, 1984, p. 114–121.

SILVA, T. M. P; RANGEL, J. J. D. S. Discrete event simulation as didactic support to the teaching of telecommunications systems: applications in digital telephony. In: **Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference**. New Jersey: Institute of Electrical and Electronic Engineers, 2011.

TANENBAUM, Andrews. **Redes de Computadores**. 5 ed. Rio de Janeiro. Campus, 2003.

WANKE, PETER. Ship-berth link and demurrage costs: evaluating different Allocation policies and queue priorities via simulation, 2011. **Pesquisa Operacional** , 31(1): 113-134.

APÊNDICE A:

Item	Descrição	Parâmetros	Item	Descrição	Parâmetros
E1	Informação de entrada	Constante; 1 por vez; Max.100	F16	Controla fluxo dos pacotes TCP	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
E2	Pacote TCP	Constante; 1 por vez;	F17	Controla erros e sequência nos pacotes TCP	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
E3	Datagrama UDP	Constante; 1 por vez	F18	Descarta pacotes com erro	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
E4	Dados do servidor FTP	Constante; 1 por vez	F19	Gerencia e controla sessão	2-way by chance; 80%
E5	Dados do servidor HTTP	Constante; 1 por vez	F20	Sessão Half	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
E6	Dados do servidor DNS	Constante; 1 por vez	F21	Sessão Full	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F1	Amplificação	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	F22	Representa dados baseado no formato	N-way by chance; 40%, 30%, 30%
F2	Define bit "1" e bit "0"	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	F23	Representa texto através do ASCII	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F3	Forma quadros		F24	Representa vídeo através do MPEG	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F4	Define MAC	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	F25	Representa foto através do JPEG	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F5	Inserir controle de erro	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	F26	Identifica o serviço	N-way by chance; 50%, 25%, 25%
F6	Inspeciona quadros	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	F27	Serviço do HTTP	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F7	Fila de acesso ao meio	Delay 2 segundos	F28	Serviço do FTP	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F8	Descarta quadro com erro	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	F29	Serviço do DNS	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5
F9	Forma pacotes	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	M1	Envia os bits para camada 2	Route time 30 segundos
F10	Define IP	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	M2	Envia os quadros para camada 3	Route time 2 segundos
F11	Faz roteamento baseado no serviço	2-way by chance; 75%	M3	Envia os pacotes para camada 4	Route time 10 segundos
F12	Serviço orientado a conexão	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	M4	Envia os dados para camada 5	Route time 10 segundos

F13	Serviço não orientado a conexão	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	M5	Envia os dados para camada 6	Route time 10 segundos
F14	Define o protocolo conforme F12/ F13	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	M6	Envia os dados para camada 7	Route time 10 segundos
F15	Entrega os datagramas UDP	Triangular; 1 por vez; min. 0,5; max. 1.5	M6	Envia os dados para camada 7	Route time 10 segundos

APÊNDICE B:**AVALIAÇÃO QUALITATIVA DO MODELO NA PERCEPÇÃO DO ALUNO OU PROFESSOR**

Prezado:

O objetivo principal deste modelo de simulação é representar conceitos abordados no estudo sobre as camadas do Modelo de Referência OSI.

Os objetivos específicos do modelo são:

- Representar as principais funções realizadas em cada camada.
- Mostrar como ocorre o processo de encapsulamento e desencapsulamento da informação, conforme a mesma percorre as camadas do modelo.
- Mostrar a atuação de alguns protocolos em cada camada do modelo.

1) No que se refere ao objetivo proposto no modelo, julgue as afirmações a seguir:

a) O modelo de simulação representa os conceitos propostos no objetivo.

(1) discordo completamente	(2) discordo parcialmente	(3) nem concordo nem discordo	(4) concordo parcialmente	(5) concordo completamente	(N) não sei
-------------------------------	------------------------------	-------------------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------

b) O modelo permite visualizar as funções realizadas em cada camada.

(1) discordo completamente	(2) discordo parcialmente	(3) nem concordo nem discordo	(4) concordo parcialmente	(5) concordo completamente	(N) não sei
-------------------------------	------------------------------	-------------------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------

c) O modelo permite visualizar o processo de encapsulamento e desencapsulamento das informações no modelo.

(1) discordo completamente	(2) discordo parcialmente	(3) nem concordo nem discordo	(4) concordo parcialmente	(5) concordo completamente	(N) não sei
-------------------------------	------------------------------	-------------------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------

d) O modelo permite visualizar a atuação dos protocolos representados em cada camada.

(1) discordo completamente (2) discordo parcialmente (3) nem concordo nem discordo (4) concordo parcialmente (5) concordo completamente (N) não sei

2) Sobre a qualidade das imagens apresentadas, julgue as afirmativas a seguir:

a) As imagens do modelo são claras

(1) discordo completamente (2) discordo parcialmente (3) nem concordo nem discordo (4) concordo parcialmente (5) concordo completamente (N) não sei

b) É possível perceber detalhes da imagem durante a animação

(1) discordo completamente (2) discordo parcialmente (3) nem concordo nem discordo (4) concordo parcialmente (5) concordo completamente (N) não sei

3) No que se refere a interação do modelo, julgue as afirmativas a seguir:

a) Você conseguiu interagir com o modelo.

(1) discordo completamente (2) discordo parcialmente (3) nem concordo nem discordo (4) concordo parcialmente (5) concordo completamente (N) não sei

b) Você conseguiu extrair informação a partir da interação.

(1) discordo completamente (2) discordo parcialmente (3) nem concordo nem discordo (4) concordo parcialmente (5) concordo completamente (N) não sei

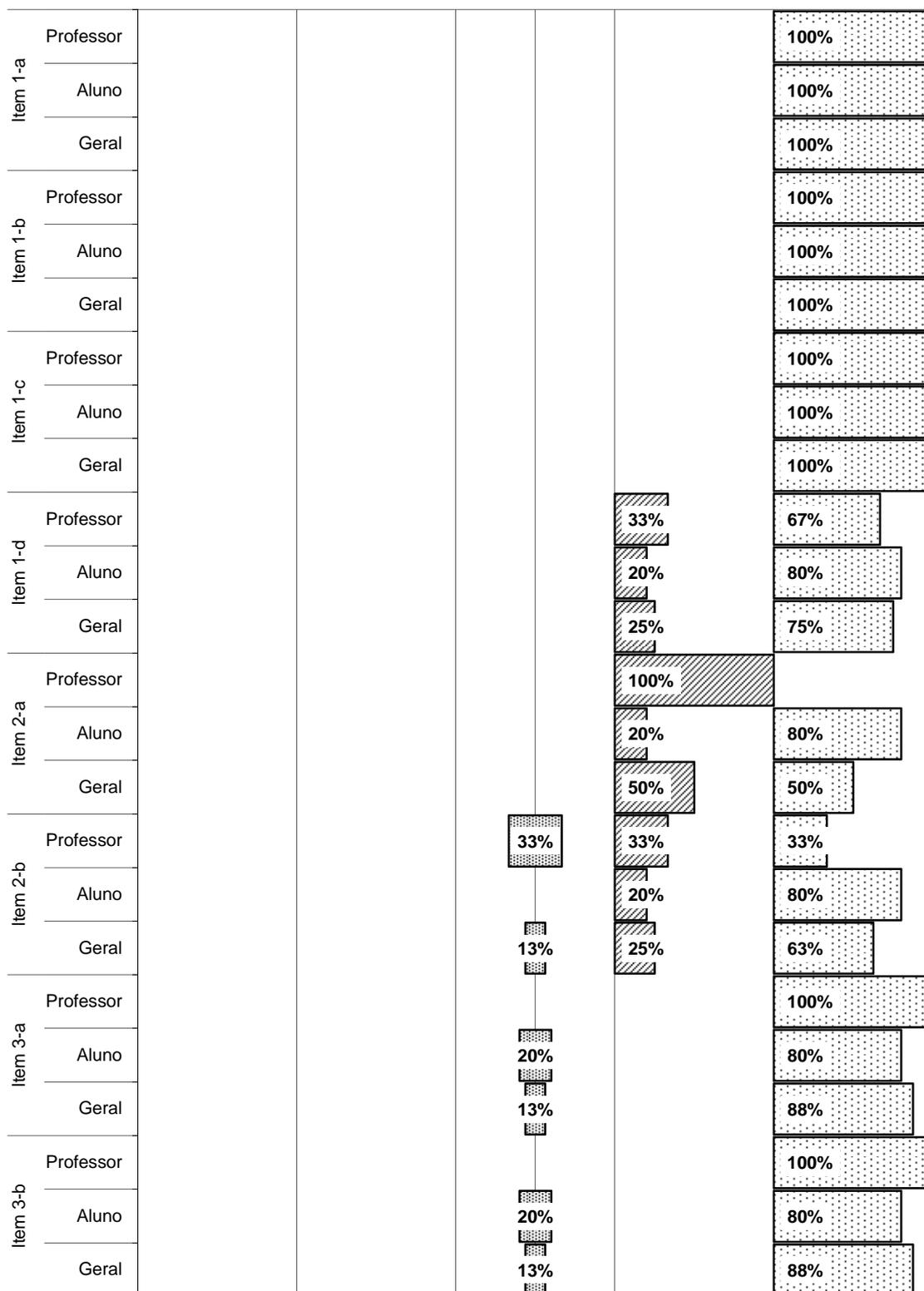
4) No que se refere a qualidade da imagem durante a exibição do modelo, enumere os itens a seguir ordenando as mídias, da mais adequada (1º Lugar) a inadequada (4º Lugar):

- | | |
|---|--------------|
| () Computador com tele de 17 polegadas | 4 - 1º Lugar |
| () Notebook com tela de 14 polegadas | 3 - 2º Lugar |
| () TV com tela de LED de 42 polegadas | 2 - 3º Lugar |
| () Datashow ou projetor multimídia | 1 - 4º Lugar |

5) Dê a sua opinião sobre o modelo de simulação didático apresentado:

APÊNDICE C:

disc. compl.
 disc. parc.
 nem conc. nem disco.
 conc. parc.
 conc. compl.



APÊNDICE D:

AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DO ALUNO TESTE SOBRE O CONTEÚDO SIMULADO NO MODELO	Grupo:	Nº do Questionário
---	--------	-----------------------

Nome: _____

Curso, turma e turno: _____

Ensino: _____

1) Com relação ao número de camadas do modelo OSI, marque a opção **correta**:

- a) Possui 6 camadas
- b) Possui 8 camadas
- c) Possui 7 camadas.
- d) Possui 3 camadas.
- e) Nenhuma das alternativas anteriores.

2) Relacione o nome de cada camada abaixo de acordo com o número de sua posição dentro do Modelo OSI:

- Camada (___) Camada de Rede
- Camada (___) Camada de Apresentação
- Camada (___) Camada Física
- Camada (___) Camada de Enlace
- Camada (___) Camada de Sessão
- Camada (___) Camada de Aplicação
- Camada (___) Camada de Transporte

3) Faz parte das funções do modelo OSI **exceto**:

- a) Ao passar pelas camadas, adicionar um cabeçalho aos dados do usuário a serem transmitidos para outro sistema, modificando sua estrutura.
- b) Permitir que sistemas de protocolos e fabricantes diferentes se comuniquem.
- c) Trata a informação a medida que passa pelas camadas, prestando serviço para camada imediatamente superior.
- d) Garantir que somente redes com protocolos iguais se comuniquem.

e) Nenhuma das alternativas

4) Sobre o processo de encapsulamento e desencapsulamento, julgue (V) para verdadeiro e (F) para falso:

() É o processo onde as informações vão adquirindo novos formatos, a medida que passam pelas camadas do modelo OSI.

() No encapsulamento os dados vão perdendo algumas informações de cabeçalho a medida que passa pelas camadas.

() No desencapsulamento, os dados vão adquirindo novas informações no campo de cabeçalho a medida que passa pelas camadas do modelo OSI.

() As informações vão ficando mais robustas conforme alcançam as camadas superiores.

() Na primeira camada os dados estão no formato mais simples.

A alternativa que apresenta o correto julgamento dos itens acima é:

a) F, V, F, F e V.

d) V, F, F, F e V.

b) V, V, F, V e F.

e) V, F, F, V e F.

c) V, F, F, V e V.

5) Sobre o formato da PDU em cada camada do modelo OSI, relacione a segunda coluna de acordo com a primeira:

(1) Bits ou sinal

() Camada Transporte

(2) Quadros ou frames

() Camadas Sessão, apresentação e aplicação.

(3) Pacote ou datagramas

() Camada Física

(4) Seguintos

() Camada Enlace

(5) Dados

() Camada Rede

A alternativa que representa a associação correta entre as colunas é:

a) 4, 2, 1, 3 e 5.

b) 3, 5, 1, 2 e 4.

c) 4, 5, 1, 3 e 2.

e) 5, 4, 3, 2 e 1.

d) 4, 5, 1, 2 e 3.

6) Informe os nomes das camadas que realizam as seguintes funções abaixo:

() Realiza a leitura dos bits, identificando a informação, endereço MAC de origem, endereço MAC de destino e inserindo método de detecção de erro.

() Representa os dados através de códigos apropriados para que o dispositivo de destino possa compreender a informação, como foto e texto.

() Trata a informação a nível de sinal, amplificando o mesmo e diferenciando "0" e "1".

() Presta serviço diretamente para o usuário, entregando a informação através de seus aplicativos.

() Faz o roteamento dos pacotes e datagramas a partir do endereço IP, sem acompanhar os pacotes pela rede.

() Controla o diálogo entre dois hosts, podendo alterar a forma de comunicação para *Half* ou *Full Duplex*.

() Transporta os dados, garantindo que os pacotes cheguem ao destino.

A alternativa que representa a sequência dos nomes das camadas de acordo com a descrição das funções acima é:

a) Enlace, apresentação, física, aplicação, transporte, sessão e rede.

b) Transporte, sessão, rede, física, aplicação, enlace e apresentação.

c) Enlace, apresentação, física, aplicação, rede, sessão e transporte.

d) Física, apresentação, enlace, aplicação, sessão e transporte.

e) Nenhuma das alternativas anteriores.

7) Informe a camada onde os protocolos, codificações ou códigos de representação atuam:

() HTTP, FTP, DNS

() TCP/UDP

() IP

() JPEG e ASCII

() Ethernet

() Manchester

A alternativa que representa corretamente os nomes das camadas relacionados aos protocolos de atuação é:

- a) Apresentação, transporte, rede, aplicação, enlace e física.
- b) Aplicação, transporte, rede, apresentação, enlace e física.
- c) Transporte, sessão, rede, física, aplicação, enlace e apresentação.
- d) Aplicação, transporte, rede, apresentação, física e enlace.
- e) Nenhuma das alternativas anteriores.

8) Se existe a ocorrência de um aumento dos dados transmitidos em uma rede, esta pode gerar atraso conforme seu estado atual. Neste contexto, qual o termo adequado para o controle de bits enviado ao mesmo tempo na rede?

- a) Controle de sequência. c) Controle de fluxo e) NDA
- b) Controle de erro. d) Controle de bits.

9) Marque a alternativa que apresenta um dispositivo de rede usado na camada de enlace, rede e física, respectivamente:

- a) HUB, roteador e bridge. c) Bridge, roteador ed) Switch, hub e roteador.
- b) Roteador, cabo e switch. e) NDA

Dados Pessoais:

1 – Moradia (1) urbana (2) rural	2- Faixa etária: (1) 15 a 19 anos (2) 20 a 24 anos (3) 25 a 29 anos (4) 30 a 39 anos (5) 40 a 49 anos (6) Mais de 50 anos	3- Origem escolar (1) IFF (2) Escola particular (3) IFF Guarus	4 - Origem do curso: (1) Técnico de Informática (2) Técnico de Eletrônica do Proeja (3) Técnico de Telecomunicações (4) Técnico de Eletrônica Integr. (5) Infor. Integrado	5 - Turno de estuda: (1) Manhã (2) Tarde (3) Noite (4) Integral	6- Ocupação: (1) Só estuda (2) Trabalha e estuda.
---	---	--	---	---	---