



**Universidade Federal de Santa Catarina**  
**Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

**APRENDIZAGEM COM SIMULAÇÃO -  
UMA PERSPECTIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA**

**Dissertação de Mestrado**

**Carlos Eduardo Mainardes de Souza**

**FLORIANÓPOLIS**

**MARÇO 2002**

**Carlos Eduardo Mainardes de Souza**

**APRENDIZAGEM COM SIMULAÇÃO -  
UMA PERSPECTIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA**

**Dissertação de apresentada ao Departamento de Pós-graduação e Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, na Área de Mídia e Conhecimento, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Engenharia de Produção.**

**Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Silvana Bernardes Rosa, Dr.<sup>a</sup>**

**Florianópolis, março de 2002**

**Carlos Eduardo Mainardes de Souza**

**APRENDIZAGEM COM SIMULAÇÃO -  
UMA PERSPECTIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA**

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área de concentração em Mídia e Conhecimento e aprovada em sua forma final pelo Curso de Pós-Graduação e Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

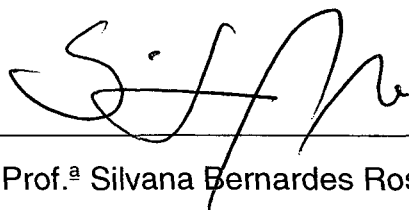
Florianópolis, 22 de março de 2002.



---

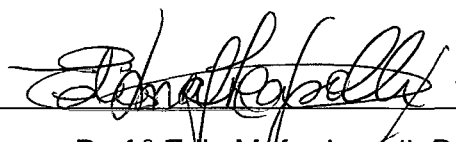
Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação  
em Engenharia de Produção

Banca Examinadora:



---

Prof.ª Silvana Bernardes Rosa, Dr.ª



---

Prof.ª Edis Mafra Lapoli, Dra.



---

Prof. Luiz Fernando Jacintho Maia, Dr.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	vii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>1.1 Objetivos</b> .....	13
1.1.1 Objetivo Geral .....	13
1.1.2 Objetivos Específicos .....	13
<b>1.2 Metodologia</b> .....	13
<b>1.3 Estrutura</b> .....	14
<b>2 APRENDIZAGEM - TECNOLOGIA EDUCACIONAL - SIMULAÇÃO</b>	
<b>ATRAVÉS DO COMPUTADOR</b> .....	15
<b>2.1 Aprendizagem</b> .....	15
2.1.1 O Ensino Contextualizado .....	17
2.1.2 As Múltiplas Inteligências .....	18
2.1.3 A Escola Tradicional .....	19
2.1.4 O Construtivismo .....	23
2.1.5 Interatividade .....	26
2.1.6 Construtivismo x Escola tradicional .....	26
<b>2.2 Usando o Computador</b> .....	30
<b>2.3 A simulação</b> .....	32
<b>3 UNIVERSO DE PESQUISA</b> .....	37
<b>3.1 Os Alunos</b> .....	37
<b>3.2 O Conteúdo em Física</b> .....	38
<b>3.3 A Sala</b> .....	39
<b>3.4 Horários</b> .....	40
<b>3.5 O Material</b> .....	41
3.5.1 O <i>Software</i> - O Simulador Edison .....	42
3.5.2 Os Roteiros .....	45
3.5.3 Conteúdo Declarativo .....	59

<b>4 ANÁLISE DAS CONTRIBUIÇÕES DO USO DE UM SOFTWARE SIMULADOR PARA A APRENDIZAGEM DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO .....</b>	<b>60</b>
<b>4.1 Considerações a Respeito dos Alunos .....</b>	<b>60</b>
4.1.1 Desempenho dos Alunos.....	60
4.1.2 A tipologia do Aluno.....	74
<b>4.2 Conceito Abordado .....</b>	<b>76</b>
4.2.1 Falhas na Exposição de Conteúdos .....	76
4.2.2 O Consumo de Energia .....	77
4.2.3 Tipologia dos Erros.....	77
<b>4.3 Avaliação dos Roteiros .....</b>	<b>81</b>
4.3.1 O Roteiro de Inicialização .....	82
4.3.2 O Roteiro de Associação .....	85
4.3.3 O Roteiro de Internalização .....	89
4.3.4 O Roteiro de Contextualização .....	91
<b>4.4 O Uso da Simulação .....</b>	<b>93</b>
4.4.1 Sem o Ônus do Erro .....	93
4.4.2 O Tempo e a Logística .....	95
<b>4.5 Aspectos Gerais .....</b>	<b>95</b>
4.5.1 O Desempenho do Grupo.....	95
4.5.2 As Atividades.....	96
4.5.3 O Simulador .....	98
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA A CONTINUIDADE DO ESTUDO .....</b>	<b>99</b>
<b>5.1 Conclusões Finais .....</b>	<b>99</b>
<b>5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros .....</b>	<b>105</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>106</b>

## RESUMO

SOUZA, Carlos Eduardo Mainardes de. **Aprendizagem com simulação - uma perspectiva para o ensino de física**. Florianópolis, 2002, 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2002.

A humanidade passa por uma efervescência tecnológica nunca vista até o presente momento. A informação e a comunicação neste contexto alcançam um plano fundamental na vida dos indivíduos. Considerando que a instituição Escola não poderá existir às margens destes avanços tecnológicos, mas sim deverá apresentar-se como alavanca capaz de impulsionar a sociedade rumo a um futuro igualitário bem como à própria tecnologia, propomos um estudo baseado nas contribuições trazidas pelo uso de uma ferramenta tecnológica, recente e de grande impacto, que corresponde à educação apoiada pelo computador, através da manipulação dos *softwares* de simulação. A simulação permitirá que sistemas abstratos, de difícil reprodução ou inviáveis sejam manipulados virtualmente pelo aluno. Estes verão, através do computador, respostas semelhantes aos desenvolvimentos que ocorrem na prática, estarão sujeitos a uma maior interação, seja no plano indivíduo/objeto ou indivíduo/indivíduo, sendo importante também considerar que em inúmeras situações a simulação por computador está livre da ação de agentes externos, que por vezes são indesejáveis, pelo alto grau de interferência que oferecem ao experimento. A pesquisa foi desenvolvida em Curitiba, na Associação Franciscana de Ensino Senhor Bom Jesus, que pertence à rede privada de ensino. Os alunos participantes faziam parte de uma turma do terceiro ano do ensino médio, que, em quatro aulas da disciplina de Física, trabalharam com o conteúdo de eletrodinâmica através do *software* de simulação EDISON. Buscava-se, nesta pesquisa, verificar qual o nível de apoio que a ferramenta de simulação foi capaz de prestar e como foi a postura e as atitudes do professor e dos alunos diante das novas oportunidades surgidas.

**Palavras-chave:** aprendizagem, interação; simulação.

## ABSTRACT

SOUZA, Carlos Eduardo Mainardes de. **Aprendizagem com simulação - uma perspectiva para o ensino de física**. Florianópolis, 2002, 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2002.

Presently, humanity is going through an effervescence never seen before. In such context, information and communication play a fundamental role in people's lives. Taking into consideration that the School as an institution cannot exist aside from this technological improvement, but it has to act as a lever capable of impelling society to reach an equalitarian future, we propose a study based on the contributions of using computers to support education through handling simulator software. Such technological tool is new and has a great impact on education. Simulation permits that abstract systems, which have difficult reproductions or are not feasible, can be handled by students virtually. Through computer, the students will observe answers similar to those of real developments and will experience a greater interaction both in the individual/object and individual/individual plans. It is also important to consider that several computer simulations are free from the influence of external agents, which are undesirable most of the time due to their high degree of interference on the experiment. The present research was performed at Associação Franciscana de Ensino Senhor Bom Jesus, in Curitiba, belonging to the private sector<sup>7</sup> education net. Such research was performed by students in the 12th grade (high school) that used an EDISON simulator software during four Physics classes dedicated to electrodynamics. The research aim was to check how much support the simulator tool could provide and what the teacher's and students' attitude and posture were like when facing the new opportunities it brought forth.

Key words: learning, interaction, simulation.

## LISTA DE FIGURAS

1	TELA DE APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA.....	43
3	ALTERAÇÃO DE PARÂMETROS .....	44
3	REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE ARI .....	69
4	O CIRCUITO DE EVELISE.....	70
5	O PROJETO DE JOÃO .....	70
6	OS DOIS PROJETOS DE FRANCIS .....	71
7	ORGANIZAÇÃO DOS CÁLCULOS DE CRISTINA .....	72
8	A ATIVIDADE DE FÁBIO.....	73



## LISTA DE QUADROS

1	MUDANÇA DE PARADIGMA .....	28
2	DIFERENÇA ENTRE INSTRUÇÃO E CONSTRUÇÃO.....	29
3	MUDANÇA NA COMUNICAÇÃO .....	30
4	APRENDIZADO ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO .....	35
5	DESEMPENHO GERAL POR ROTEIRO .....	61
6	ESTATÍSTICA DE CUMPRIMENTO DOS ROTEIROS POR GRUPO.....	62
7	ACERTOS E ERROS NO ROTEIRO DE INICIALIZAÇÃO .....	63
8	AGRUPAMENTO PELA QUANTIDADE DE ACERTOS .....	64
9	ACERTOS E ERROS NO ROTEIRO DE INICIALIZAÇÃO, FASE: INTERNALIZAÇÃO DOS CONCEITOS TRABALHADOS NO PRIMEIRO ROTEIRO (QUESTÕES 3, 5A, 5B E 6).....	64
10	ACERTOS E ERROS NO ROTEIRO DE ASSOCIAÇÃO, FASE: DESENVOLVIMENTO DE NOVOS CONCEITOS.....	65
11	AGRUPAMENTO PELA QUANTIDADE DE ACERTOS .....	66
12	ACERTOS E ERROS NO ROTEIRO DE INTERNALIZAÇÃO, FASE 1: ATIVIDADE 1 .....	67
13	ACERTOS E ERROS NO ROTEIRO DE INTERNALIZAÇÃO, FASE 2: ATIVIDADE 2 .....	67
14	AGRUPAMENTO POR QUANTIDADE DE ACERTOS (TOTALIZAÇÃO DOS S 12 E 13) ....	68
15	CUMPRIMENTO DE TAREFAS NO ÚLTIMO ROTEIRO.....	69
16	TIPOS DE PERFIL DOS ALUNOS .....	75
17	ENQUADRAMENTO NOS PERFIS.....	75
18	TIPO DE RACIOCÍNIO NO ROTEIRO DE INICIALIZAÇÃO .....	78
19	TIPO DE RACIOCÍNIO NO ROTEIRO DE ASSOCIAÇÃO, PARTE DE INTERNALIZAÇÃO .....	78
20	TIPO DE RACIOCÍNIO NO ROTEIRO DE ASSOCIAÇÃO, PARTE DOS NOVOS CONCEITOS.....	78
21	TIPO DE RACIOCÍNIO NO ROTEIRO DE INTERNALIZAÇÃO .....	79
22	TIPO E QUANTIDADE DE ERROS POR ROTEIRO .....	80
23	TOTALIZADOR DE ERROS GERAL E INDIVIDUAL .....	81
24	CONCLUSÃO DE ROTEIRO.....	82

## 1 INTRODUÇÃO

Entramos no terceiro milênio envoltos por novidades tecnológicas que não nos deixam dúvidas da real época que estamos vivenciando. Porém, refletindo acerca do quadro instaurado mundialmente, e principalmente no Brasil, percebemos que em muitos segmentos a realidade e a dimensão temporal não estão harmonizadas. Socialmente, a distribuição desigual dos recursos separa o país e o mundo economicamente quase que somente em dois blocos: pobres e ricos. Só esse relevante fato determina as gritantes diferenças socioculturais que testemunhamos.

O mundo, há cerca de dez anos, abriu todas as suas portas para a globalização, salvo poucos países como Cuba, por exemplo, que até hoje resiste aos embargos impostos e mantém sua corrente política. Com a extinção da antiga União Soviética, que era o principal ícone do socialismo, assistimos a eventos notáveis como a derrubada do muro de Berlim, que dividia as duas Alemanhas, e o fato de hoje a China, até pouco tempo desconhecida pelo resto do planeta, em função do capitalismo passar a ser um mercado emergente. Naturalmente devemos reconhecer que o atual contexto não atinge todos os povos do planeta, sendo totalmente desconhecido ou ignorado por uma minoria, mas a grande maioria da população mundial vive dos reflexos dessa configuração.

Apesar do alto grau de mudanças ocorridas em tantos segmentos e em tão poucos anos, lamentamos pela dificuldade de a instituição escola acompanhá-las. A escola, no momento, não está sendo capaz de acompanhar o ritmo da tecnologia, dos costumes, das culturas, do pensamento coletivo, da nova configuração social, política e econômica pela qual o mundo passa. Essa idéia é compartilhada por Demo (1998, p.13) quando fala a respeito de teleducação:

... a questão mais embaraçosa não está na "Tele", mas na "educação", já que os avanços tecnológicos disponíveis, nem de longe, são acompanhados pelos mesmos avanços no campo da aprendizagem. As avaliações têm mostrado que os programas podem facilmente tornar-se mais atraentes, mais bem montados tecnicamente, mais

dotados de todos os possíveis efeitos especiais, incluindo a computação gráfica, desenhos animados, interatividade, etc., mas a aprendizagem dos alunos continua muito pouco significativa.

O momento pede novas metodologias, novas atitudes, aproveitamento dos recursos tecnológicos, ambientação à realidade vivida pelos alunos e isso exige um movimento coordenado de toda a sociedade em prol de um bem comum, que é o renascimento da escola como instituição de vanguarda, que preserva os valores de uma sociedade e a projeta num futuro mais racional e dinâmico, no sentido de amenizar as diferenças humanas.

Falar na teoria quais seriam os caminhos que recolocariam a escola num plano de destaque como deveria ser realmente e foi na Grécia antiga ou na Idade Média, quando os mestres tinham, por meio de seus discípulos, a continuidade dos seus trabalhos, é no mínimo simples comparado ao levante que se deve ter na prática. Podemos destacar aqui algumas atitudes que poderiam contribuir significativamente na melhoria da qualidade de ensino prestado:

- melhoria constante de instalações, como forma de melhor acomodar pessoal e equipamentos;
- atualização constante dos programas de conteúdo com adaptação à realidade local – o de nível médio, por exemplo, não deve ter um compromisso único com o vestibular;
- adaptação dos recursos tecnológicos à realidade das escolas, conforme seu poder aquisitivo;
- cursos regulares de reciclagem aos professores por área específica e multidisciplinar, como forma de mantê-los atualizados em relação à sua disciplina, bem como à realidade de seus alunos;
- utilização dos recursos da *mass media*, pois esta é inerente à vida dos estudantes;

- melhoria na remuneração do profissional de ensino, sendo possível, dessa forma, atrair bons professores que, por questões financeiras, atuam em outras áreas;
- atenção especial às séries iniciais, em que o estudante constrói sua base, etc.

Estas são apenas algumas medidas das várias que poderíamos enumerar. Naturalmente, a implantação de todas essas propostas simultaneamente ou em curto intervalo de tempo é inviável, mas todo esforço na melhoria de um dos problemas enfrentados já representa um ganho significativo. A carência de soluções pela qual a escola está passando exige um esforço coletivo, mas, antes de associar as dificuldades a causas políticas ou sociais, devemos lembrar que a iniciativa de melhorias deve partir do coração desta, ou seja, o professor deve ser o primeiro a manifestar na prática a vontade de mudar.

Dentre os problemas de ordem política, social e econômica, temos os que se referem à estrutura dos estabelecimentos, ao investimento em equipamentos, ao quadro de conteúdos e à remuneração. Outros podem ser amenizados pela atitude incisiva dos profissionais de ensino que, conforme sua realidade, poderiam aliar outras metodologias à pedagogia tradicional, assumindo, assim, uma postura mais construtivista.

Muitas vezes, recursos, que em grande parte são limitados, encontram destino nas mãos de pessoas criativas e compromissadas com a nobre missão que é ensinar. Como por passe de mágica, transformam objetos aparentemente imperceptíveis ao âmbito escolar em ferramentas. Por exemplo, será que o lixo é sempre lixo ou um clipe de prender papel só se presta a essa função?

Sabemos que para algumas pessoas a resposta é sim, mas para quem é de fato professor muito do que consideramos como lixo, ou passa despercebido aos nossos olhos, são objetos lúdicos capazes de levar um aluno ao tempo/espaço que se quer demonstrar.

Vivemos na era dos computadores. Por que não usá-los, se estiver ao alcance do professor e de seus alunos utilizar toda a gama de recursos oferecidos por essa tecnologia? Sabemos que o computador hoje oferece texto eletrônico, imagens dinâmicas ou não, comunicação, jogos, pesquisa interativa, simulação, criação de ambientes virtuais seja por parte do professor ou do aluno, etc.

Na esteira das muitas possibilidades de tornar a aprendizagem um processo significativo, agradável e inserida numa realidade que tem a oportunidade de utilizar recursos tecnológicos condizentes com o período vivido, devemos acreditar que a correta utilização de *softwares* educacionais que criam um ambiente virtual semivivencial, aplicados a uma área específica do conhecimento humano, alcança um grau maior de compreensão por parte do par educando/educador, pois está agregado a um contexto construtivista em que o professor/facilitador apenas orienta o estudante, tornando-se um investigador ao lado deste e não um ícone detentor de informações que se prestam a um processo de repetição. O ideal é que, em função da manipulação da tecnologia apresentada, o aluno seja capaz de chegar a suas próprias conclusões e, portanto, construir seu conhecimento.

### **O que percebemos como profissionais do Ensino Médio?**

O ensino médio passa por um problema de conteúdo que parece ser mais crítico que o do ensino fundamental e do ensino superior, pois ambos apresentam uma flexibilidade maior no desenvolvimento deste. Não queremos dizer aqui, de forma alguma, que o que se estuda no ensino superior ou no ensino fundamental atende aos anseios de formação desejados, porém encontram maiores possibilidades de levar o aluno a um grau de interação mais elevado que o rígido tratamento dado aos conteúdos do ensino médio.

O ensino fundamental apresenta relação mais estreita com o cotidiano, em função do menor grau de aprofundamento dado aos assuntos nessa fase escolar em que não se atenta para especificidades de um determinado conceito. Considerando

que, nesse período, principalmente no seu início, o estudante aprende mais de forma concreta do que de forma abstrata, as ações devem ser mais realistas e fundamentadas no dia-a-dia. Outro fator relevante reside na quantidade menor de assuntos a serem desenvolvidos no decorrer do período letivo, portanto, tem-se mais tempo para que ocorra a construção do que se pretende ensinar. Também é notório que, nos casos em que o professor tem a responsabilidade de ministrar várias disciplinas, é ele quem determina os tempos, podendo flexibilizar num ponto ou outro, conforme a leitura que este faça do desenvolvimento de seus alunos e do momento pelo qual eles passam.

A maior vantagem vista no ensino superior é o fato de que cada curso trata de uma especialidade na formação profissional humana e, portanto, os conteúdos diferem muito conforme as áreas e geralmente atraem os estudantes por sua afinidade e aspirações a respeito de determinada formação. As instituições mais compromissadas, de maior poder aquisitivo e com melhor leitura de realidade podem manter seus cursos atualizados e eliminar certos assuntos ou disciplinas que são considerados obsoletos; há, também, a possibilidade de flexibilizar a construção do horário e do próprio curso através da oferta das disciplinas optativas.

Não se pretende aqui propor uma discussão a respeito do ensino fundamental ou ensino superior; apenas lembramos alguns detalhes percebidos e até mesmo experimentados que não se encontram no ensino médio ou são mais complicados para se desenvolver. Também não há a intenção de discutir questões estruturais, mas sim discutir como podemos contribuir para uma aula de Física mais rica, dinâmica e atrativa no ensino médio.

Entende-se que esta não é a única disciplina do ensino médio, e que cada uma tem sua particularidade. Propõe-se tão-somente dirigir este estudo para essa disciplina.

As menções feitas a respeito do ensino fundamental e superior visavam mostrar um pequeno, mas importantíssimo detalhe, que é a quantidade considerável de

conteúdos vistos no ensino médio e que dita a forma e o ritmo das aulas. Esse problema, mais evidente no ensino médio, determina uma certa dinâmica inflexível por parte do professor, que muitas vezes é "vítima" do comentário "Ele só despeja matéria".

Não é escopo desse estudo saber quanto pode ser verídica uma afirmação desse tipo, mas sim avaliar como a inclusão de uma ferramenta ao processo pode contribuir para amenizar esse tipo de comentário.

É fato corriqueiro conversar com um estudante e ouvir expressões do tipo: "eu não entendo nada de Física" ou "odeio Física, por que tenho de estudar isso?". Também não é surpreendente ouvir de pessoas mais velhas comentários sobre não entender Física ou julgar ter sido a matéria mais difícil de sua vida escolar. De fato, aqui temos um problema que nem localizado é. Pode-se atribuir culpa aos professores, ao conteúdo, ao currículo, às instituições, ao vestibular, etc., ou a todos os envolvidos ao mesmo tempo, ou simplesmente eximi-los de culpa, dizendo "a matéria é difícil mesmo, não importa o que se faça", uma visão simplista que em nada contribui.

Atribuir culpabilidade não resolverá o problema; apontar as possíveis soluções deve levar em conta um universo muito amplo que não serve a todas as necessidades ou não resolve sem que, posteriormente, se elabore um plano de ação. Parece que localizar pontos frágeis, mesmo que seja um a um, e discutir formas de fortalecê-los é, no mínimo, uma medida mais construtiva.

Analisar todos os aspectos que envolvem a disciplina é trabalho que pode resultar numa coleção em vários volumes; portanto, concentraremos os esforços em discutir e experimentar como a introdução de uma ferramenta auxiliar contribui no processo de aprendizagem de Física. Mesmo assim, limitaremos o conteúdo à parte de eletrodinâmica, um dos ramos da eletricidade.

Física é a matéria que estuda os fenômenos na natureza, dividindo esse estudo em 7 grandes blocos, quais sejam: Mecânica, Termologia, Ondulatória, Óptica, Eletricidade, Eletromagnetismo e Física Moderna. A parte que no momento nos

interessa é a eletricidade, que tem como alvo de estudo as interações entre as cargas elétricas de forma dinâmica (movimento) ou estática (repouso). Eletrodinâmica, portanto, é a parte da eletricidade que estuda as interações existentes entre as cargas elétricas que se encontram em movimento.

Dentro da eletrodinâmica, fazem-se estudos sobre intensidade de corrente elétrica, diferença de potencial, resistência elétrica, potência elétrica, energia e toda a gama de interações existente entre eles.

São poucas as áreas da Física em que não é possível ou é menos evidente a contextualização. A eletrodinâmica encontra fácil contexto se observarmos a instalação elétrica de nossa residência ou da rua, o funcionamento de aparelhos elétricos ou de um chuveiro. Na escola, porém, a dificuldade torna-se maior, pois o contexto não existe sem manipulação, sendo então necessário disponibilizar a fonte de energia, os fios e os elementos a serem ligados.

É claro que o problema é bem mais amplo do que apresentado aqui e requer uma análise sob variados prismas. Só a disponibilização não basta, juntemos a esse fator o local, o momento, como operacionalizar, o porquê de operacionalizar, a experiência do professor, a flexibilidade curricular e compomos um quadro que mostra o universo que compõe a dificuldade de se criar ações práticas no decorrer de uma aula. Basta observar que há muito mais literatura que levanta a problemática, e menos que se propõe a resolvê-la.

Devemos levar em conta ainda que passar da teoria para a prática pode ser feito de vários modos, ou que em certos momentos simplesmente apoiar a teoria com recursos audiovisuais já corresponde a um grande ganho pedagógico. Tudo reside, portanto, em maior grau na competência do educador para aliar teoria e ações práticas ou simplesmente, dependendo do assunto tratado, assentar essa base teórica, utilizando-se de meios que se mostrem motivadores ao aluno.

Quando analisamos um problema de Física, normalmente a forma de chegar à resolução obedece às etapas a seguir:



- interpretação do texto ou figura apresentada;
- coleta de dados;
- análise dos dados;
- conclusão.

Uma prática de laboratório que venha apoiar o conteúdo não deixa de seguir esses passos, pois é a representação de um problema que está ganhando a vantagem da manipulação. O discurso de tantos investigadores, desde os renomados até os desconhecidos que lutam para enriquecer o ambiente escolar, não é em vão; a construção do conhecimento requer ações práticas centradas no aluno.

Uma parte da eletrodinâmica em especial permite uma rica análise através de variadas construções de situações-problema. Pense-se primeiro, por exemplo, na quantidade, disposição e dimensionamento de lâmpadas e tomadas numa pequena casa de 4 peças. Deve-se encontrar um número ímpar de situações. A seguir, deve-se lembrar das casas em que já se entrou e que naturalmente possuem uma certa quantidade de lâmpadas e tomadas, dispostas e dimensionadas para certos fins. Vê-se aqui que cada casa representaria um problema e que a solução seria mais instigante se pudessemos levar nosso aluno ao telhado para que ele mesmo observasse de onde vem cada fio, sua grossura, como são ligados, etc. Essa ação certamente tornaria mais fácil a tarefa de desenvolver a idéia acima descrita e também daria imensa quantidade de informações que alimentariam significativamente as decisões dos alunos.

Quantas vezes vimos uma situação parecida com esta? E quantas vezes vimos os alunos sentados diante de um livro desenvolvendo cálculos?

A partir disso, podemos inferir que a grande maioria dos livros desenvolve o conceito de cada grandeza física e depois analisa essas grandezas dentro dos circuitos elétricos. Estes permitem uma infinidade de construções, utilizando-se normalmente lápis, papel e borracha. Essa operação por vezes acaba sendo mecânica, não acrescentando o conhecimento desejado ou esperado.

Muitos alunos são exímios aplicadores de conceitos teóricos, mas, se tiverem de imaginar uma situação prática, muitas vezes não encontram associação para esses conceitos. Basta pedir que façam um esboço da ligação elétrica de sua casa, se esta for simples, ou indicar a forma como estão conectadas as lâmpadas, que os conceitos teóricos não ganham aplicação prática, ou seja, dificilmente ocorre o (re)investimento do conhecimento adquirido, justamente pela falta de interação com o meio.

Será hoje mais importante resolver todos os cálculos que se apresentam em um problema ou compreender a dinâmica do problema, principalmente se associada ao cotidiano, através da troca com o meio, sem necessariamente fazer cálculos e sim estender a situações, mesmo que envolvam outras áreas do conhecimento?

O que ficará marcado na vida do aluno: saber desenvolver um cálculo específico de energia associado a um sistema elétrico ou conhecer a idéia básica que norteia o conceito de energia e saber reconhecê-la através de exemplos práticos na Biologia, na Geografia, na Química, nas situações diárias?

Essas e outras perguntas devem conduzir o trabalho de um professor, pois, se este não conseguir responder a suas próprias indagações ou não conseguir realizar suas próprias associações, o conteúdo não deve ser ensinado ou o professor, antes de propô-lo ao aluno, deverá buscar o conhecimento necessário, não para repetir ao aluno, nem dizer onde o encontrou, mas para saber como provocá-lo, como desequilibrá-lo, como incitá-lo a procurar.

O ensino não pode mais estar apoiado somente em livros, como tradicionalmente se faz, mas sim em várias outras ferramentas complementares que permitam ao aluno maior interatividade com seu entorno. Aquela idéia citada a respeito da aplicação das grandezas dentro de um circuito deve ganhar uma abordagem de todos os ângulos através de ações práticas. É necessário promover a interação entre o raciocínio matemático, a interpretação física com a respectiva transferência para outros sistemas e situações da Física, a transferência para o cotidiano e, também, para outras áreas.

Hoje sabemos que, por exemplo, a medicina não é feita somente a partir da Biologia e da Química, mas leva-se em conta a Geografia, que depõe a respeito do ambiente em geral; a Matemática, que analisa toda a parte estatística como contágio, multiplicação de bactérias, tempo de reação etc.; a Física, que contribui analisando os fenômenos naturais observáveis e propicia a construção e o funcionamento de aparelhos; a História, que mostra em qual cultura o objeto em questão está inserido e assim por diante, ou seja, não existe uma área específica do conhecimento humano sem a interferência e contribuição de outras.

Vemos aqui por que é preciso apoiar a aprendizagem em ações concretas, por que um estudo não deve ser sempre específico no decorrer da fase escolar (entenda-se fundamental e médio), por que o aluno não pode receber os conceitos por repetição e nem desconectados de um contexto, de uma situação-problema que contribua para uma melhor visão de seu próprio mundo.

Na intenção de "retirar o aluno de sala de aula" – às vezes uma ação importantíssima –, devemos oferecer meios para que este enxergue a Física sob uma nova ótica. Isso implica realizar ou disponibilizar algo para que ele não mais veja o que lhe trazemos de forma passiva, mas sim interaja e interfira sobre o meio e tente inferir, mesmo que de forma errada, sem ser repreendido ou desmotivado e use esse erro quando acontecer, para no momento seguinte acertar.

Nossa missão é possibilitar que o aluno construa a sua visão de mundo apoiado em todos os recursos que façam parte de sua realidade e não como se fossem histórias recontadas ao longo do tempo, que, de tão aceitas ou não discutidas dentro da sala de aula, tornam tênue a linha que separa realidade e lenda.

Muitas vezes, as tentativas de se criar um ambiente propício à recepção dos conceitos de forma que ocorra de fato a aprendizagem esbarram na metodologia adotada, ou nas crenças dos professores, já comentado por Sandholtz (1997) ou na apatia do aluno por achar que o assunto tratado não faz e não traz significado à sua realidade. Para que possamos construir algo de significativo ao aluno devemos,

portanto, nos desarmar de nossas crenças e nos colocarmos diante de um desafio que é justamente conjugar sua realidade e seus anseios com o que queremos que ele aprenda.

### **Por que desenvolver pesquisa com simulação?**

O desejo de realizar este trabalho parte da necessidade, como educador que trabalha com a Física do ensino médio, de investigar a importância de utilizar uma ferramenta que, aliada aos métodos tradicionais de abordagem teórica, venha ao encontro dos anseios dos profissionais da área, que é levar o estudante a uma visão mais atual, clara, objetiva e animadora dos conteúdos trabalhados nestas séries, contribuindo, dessa forma, para seu crescimento global.

Este trabalho se presta, enfim, a oferecer ao aluno um novo canal de mediação entre a teoria e a prática, fazendo assim com que o aluno passe a ter um novo ângulo para construir seu conhecimento. Esse canal corresponde ao uso do computador, mais especificamente de um simulador de eletrodinâmica chamado EDISON, que trará ao aluno a visão dinâmica de conceitos vistos e desenvolvidos na maioria das vezes teoricamente.

Quer-se, então, colher dados e analisar os vários elementos que fazem parte desse universo, que é o uso da simulação. Nosso objetivo é melhorar a forma como o aluno aprende, e para isso faz-se necessário saber como o aluno desempenha a partir do apoio dessa ferramenta, quais suas expectativas e entender como ele pensou.

Também queremos avaliar como foi encaminhada essa aprendizagem em termos de conteúdo, de material e, sobretudo, da metodologia, que será o grande eixo impulsionador do processo, pois, se estiver enraizada em crenças condenáveis ou ultrapassadas, não significará nada, apenas jornada laboral ao professor e acúmulo de conceitos aos tantos já depositados sem propósitos sobre os alunos.

Nesta análise também devemos refletir acerca da simulação, não sobre aspectos quantitativos e qualitativos do *software*, mas sim sobre como foram aproveitados os seus recursos.

Sabemos que um cozinheiro espetacular fará bons pratos com qualquer tipo de panela, pois o que o torna bom é o conhecimento acerca dos pratos que prepara; a panela corresponde a um artefato técnico que ele sabe quando, como e com qual alimento usar. Assim deve ser com o simulador: o professor deverá conhecer suas limitações, bem como sua abrangência, e saber como dimensioná-lo de forma a explorar toda a potencialidade do aluno. Se este, em frente ao computador, tiver sensações ou reações semelhantes às aquelas que experimenta quando assiste à televisão, lê sua revista predileta ou brinca com seus jogos, o "cozido" foi feito com maestria.

O uso da ferramenta, certamente, não é novidade para nenhum educador, mas a conclusão a respeito de atitudes que resultaram em um ganho na construção do conhecimento pelo aluno sempre trará um detalhe, por menor que seja, mesmo aos que têm mais experiência acrescentando fragmentos a sua concepção ou baseado no que ele conhece, rejeitando determinadas posições, ou simplesmente, ajudando a quem não tem em mente uma construção organizada do que se quer mostrar.

A perspectiva de mostrar uma "nova" eletrodinâmica aos alunos (que provavelmente assim a conceberão) deverá ser estopim de um desejo coletivo de fazer com que novos conteúdos recebam também um tratamento interativo seja hoje através do computador, amanhã com sucata, depois de amanhã com um vídeo e assim por diante.

A proposta do momento está na simulação, mas a pretensão é que traga ingredientes que permitam a quem trabalha ou acompanha a educação, independentemente de que área seja, digerir e se apropriar dessas idéias ou de parte delas, utilizando-as em novas construções e empreendimentos em educação, de forma a enriquecer e colaborar com os profissionais que tanto se empenham nessa área.

Quanto à metodologia, pretende-se descobrir qual foi o grau de contribuição atingido de forma a orientar investidas futuras. As atitudes bem-sucedidas devem ganhar corpo e profundidade de modo a serem estendidas a outras práticas; as que não surtiram efeito desejado jamais deverão ser refutadas sem antes passarem por uma minuciosa investigação de causa e efeito a fim de saber onde reside o insucesso.

Esperamos inserir o aluno, que é a razão de nossa existência e de toda a nossa dedicação, num mundo paralelo, porém conectado à realidade, pois a manipulação do virtual não se traduz em ações práticas, mas espera-se que esse paralelo virtual tenha infinitas portas de entrada para o real. Qual professor não se sentiria orgulhoso de ver a evolução de seu aluno em determinado assunto, de modo que este seja capaz de inferir a respeito das verdades sobre tal conteúdo e seus pormenores por sua própria percepção de mundo e acomodá-lo à sua realidade?

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar a introdução e a utilização de *softwares* de simulação na aprendizagem de Física no Ensino Médio.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Rever os conceitos teóricos que norteiam os paradigmas educacionais e tecnológicos.
- Mostrar as contribuições que o ensino de Física, especialmente a Eletrodinâmica, pode encontrar com uso de *softwares* de simulação como ferramenta auxiliar do processo de aprendizagem.
- Relatar e avaliar a experiência do uso de um *software* simulador com uma turma do 3.º ano do Ensino Médio do Colégio Bom Jesus.

## **1.2 Metodologia**

- Fase de revisão de bibliografia.
- Estruturação esquemática dos elementos que irão compor o universo de pesquisa.
- Desenvolvimento de atividades de laboratório.
- Levantamento de dados colhidos no decorrer do período de pesquisa.

### 1.3 Estrutura

No capítulo 2 tem-se um núcleo sobre aprendizagem, tecnologia educacional e simuladores no que tange principalmente ao uso de *softwares* educacionais, conceitos, aspectos, paradigmas, desafios e perspectivas.

O capítulo 3 tratará do universo operacional envolvido no projeto, como os participantes e toda a logística que deu sustentação aos objetivos propostos.

No capítulo 4, tem-se o estudo dos dados levantados no decorrer do projeto dividido em 5 núcleos: desempenho dos alunos, conceitos abordados, avaliação dos roteiros, uso da simulação e aspectos gerais. Toda inferência estatística será tratada neste capítulo.

O capítulo 5 trará as conclusões finais e as sugestões para trabalhos futuros.

## **2 APRENDIZAGEM - TECNOLOGIA EDUCACIONAL - SIMULAÇÃO ATRAVÉS DO COMPUTADOR**

Tecnologia e Educação têm conceitos distintos, apesar de seguramente os dois termos sugerirem aprendizagem. Naturalmente o termo educação nos remete, em maior grau, a relações familiares e a um âmbito escolar, onde geralmente a intenção de ocorrer um aprendizado é dirigida. Já o termo tecnologia é visto num âmbito global, extensível a qualquer área do conhecimento humano e, muitas vezes, a aprendizagem ocorrida a partir deste provém de uma necessidade do indivíduo ou apenas em função da exposição a essa tecnologia que por vezes não é benéfica. Isso é o que ocorreu, por exemplo, com nativos de muitas regiões do planeta que tiveram o primeiro contato com a tecnologia trazida por outros, tais como colonizadores, exploradores, jesuítas, etc., e foram forçados a se adaptar a estas, não por completo necessariamente. Cabe aqui, portanto, explorar idéias, experiências e conceitos que envolvem o aprendizado apoiado em um recurso tecnológico que é o computador através da simulação.

### **2.1 Aprendizagem**

Aprender é inerente ao ser humano. Levando em conta que esse ato seja construtivo e correto, consideramos que para o indivíduo que está aprendendo isso é a educação. Segundo Assmann (1998), educar é fazer emergir vivências do processo de conhecimento. O produto da educação deve levar o nome de experiências de aprendizagem e não simplesmente aquisição de conhecimentos supostamente já prontos e disponíveis para o ensino concebido como simples transmissão. Para Fialho (2001), a educação é um processo de exploração, de descoberta, de observação e de construção da nossa visão do conhecimento.

Em sua concepção, Demo (1998) toma a educação como processo de constituição histórica do sujeito, através do qual torna-se capaz de projeto próprio de



vida e de sociedade, em sentido individual e coletivo. Demo (1998) comenta ainda que este é um processo emancipatório porque reflete uma conquista e construção através do qual o sujeito deixa de ser "massa de manobra", "objeto de manipulação", idéia compartilhada por Assmann (1998), quando afirma que a educação terá um papel determinante na criação da sensibilidade social necessária para reorientar a humanidade, e pergunta se não está na hora de conjugar, de forma inovadora, experiências efetivas de aprendizagem com criação de sensibilidade solidária.

Demo (1998) repudia a idéia do termo ensino utilizado por muitos como sinônimo de educação. A própria LDB brasileira o faz. Ensino seria uma relação individual de fora para dentro e uma relação social de cima para baixo, termo este mais ligado a recursos instrucionais de treinamento, além de ser moralmente neutro em função de poder-se ensinar coisas valiosas ou não ou simplesmente nocivas. A educação, por outro lado, é sempre moralmente correta e valiosa. É importante atentar para o que diz Chaves (1999), lembrando que se a educação pode ser decorrente do ensino, a aprendizagem continua sendo algo que se passa dentro da pessoa.

A idéia de Antunes (2001) é de que a educação abrange a interação social. Estamos constantemente aprendendo uns com os outros e nesse processo desenvolvemos conhecimentos em múltiplas dimensões: cognitiva, física, estética, afetiva, social, cultural, etc., justificado pela teoria das inteligências múltiplas de Gardner (1995).

Dentre muitas visões, Moran (2001) colabora dizendo que "ensinar é um processo social (inserido em cada cultura, com suas normas, tradições e leis), mas também é um processo profundamente pessoal". O autor lembra que as sociedades ensinam, as instituições aprendem e ensinam, os professores aprendem e ensinam e o aluno quando quer aprende, dependendo de sua maturidade e vontade.

A partir de um estudo de caso ocorrido nos EUA, onde o ensino era centrado no aluno utilizando-se computadores, Sandholtz (1997, p.174) define aprendizagem como princípio fundamental para apoiar a integração da tecnologia:

A aprendizagem é um processo ativo e social que ocorre melhor em ambientes centrados no aluno, nos quais os professores assumem papéis facilitadores para orientar os alunos em indagações significativas, nos quais descobrir relações entre os fatos é mais valorizado que memorizar os fatos em si, e nos quais as atividades construtoras de conhecimento são balanceadas com o uso sensato da prática orientada e da instrução direta. Novas competências como habilidade de colaborar, reconhecer e analisar problemas com sistemas, de adquirir e utilizar grandes quantidades de informação e de aplicar a tecnologia na solução de problemas do mundo real são resultados valorizados.

Ensinar é sensibilizar o outro, é fornecer subsídios para que o outro busque motivação dentro de si para aprender, é romper o equilíbrio dos conhecimentos que o outro dá como certo, e fazer com que este promova a busca do equilíbrio. Moran (1998) diz que quem ensina está ajudando o outro a tornar as informações recebidas significativas, a escolher as informações verdadeiramente importantes entre tantas possibilidades, a compreendê-las de forma cada vez mais abrangente e profunda e torná-las parte de nosso referencial.

Considerando que a aprendizagem se dá em várias esferas, desde metodológicas, por disposição biológica, mediante condições sociais e vivenciais, etc., discutiremos a seguir assuntos relevantes e inerentes aos processos de aquisição de conhecimento.

### 2.1.1 O Ensino Contextualizado

O Ensino Contextual, segundo Hull (1993), é uma forma de ensino atualmente muito utilizada pelo movimento de reforma educacional dos Estados Unidos. Concentra-se no melhoramento das conquistas acadêmicas dos alunos, particularmente para aqueles que pertencem à faixa média de 60% dos que não aprendem por si próprios, mas também não encontram grandes dificuldades na aprendizagem, esses que chamamos de maioria "abandonada" porque, tradicionalmente, matérias como Matemática, Ciências e Linguagem são ensinadas

de uma maneira que beneficia os alunos que aprendem de forma abstrata, enquanto que a maioria dos alunos não são "abstratos".

O Ensino Contextualizado abre as portas para a educação avançada no ensino superior e também para trabalhos de especialização técnica, porque exige a mistura de habilidades acadêmicas de alto nível com habilidades técnicas e de trabalho.

O currículo de Ensino Contextualizado exige do aluno médio não só uma base acadêmica mais forte e um calibre superior de habilidades de trabalho, mas também uma melhor compreensão de como os conceitos acadêmicos se relacionam com o trabalho e como as habilidades técnicas se ligam com esses conceitos acadêmicos.

Hull (1993) lembra também que a aprendizagem contextualizada é um conceito comprovado e utilizado em várias escolas nos EUA, que incorpora muito da investigação mais recente da ciência cognitiva. Também é uma reação às teorias essencialmente comportamentais que dominaram a educação por muitas décadas. O enfoque contextual reconhece que a aprendizagem é um processo complexo e multifacetado que vai além das metodologias práticas baseadas na relação estímulo/resposta.

A metodologia envolve ensinamentos estruturados para estimular cinco formas essenciais de aprendizagem: transferência, aplicação, cooperação, experiência e relação.

### 2.1.2 As Múltiplas Inteligências

A primeira publicação a respeito das múltiplas inteligências se deu em 1983 através de Howard Gardner. Segundo Antunes (2001), o cérebro humano apresentaria oito pontos diferentes que abrigariam diferentes inteligências. Para Goleman (1995), entretanto, não há um número mágico para a multiplicidade de talentos humanos. As inteligências a que Antunes se reporta seriam: lingüística ou verbal, lógico-matemática, espacial, musical, cinestésica corporal, naturalista, e as pessoais, a intrapessoal e a interpessoal.

Segundo Armstrong (2000), Gardner mostra com sua teoria como todas as culturas pelo mundo afora valorizam cada inteligência. Complementa também que as

escolas deveriam criar um acesso para uma educação mais balanceada, que ofereça aos estudantes oportunidades de desenvolver todas as inteligências em seu modelo. Os professores deveriam apresentar material não só por meio de leituras, textos, resolução de problemas matemáticos ou de lógica (privilegiando assim as inteligências lógico-matemáticas e lingüísticas), mas também por trabalhos de arte, música, mídia visual, em grupo, simulações etc. Nesse aspecto concorda com Goleman (1995), que vê na teoria das inteligências uma riqueza maior da capacidade e do potencial de uma criança que a medição de QI padrão.

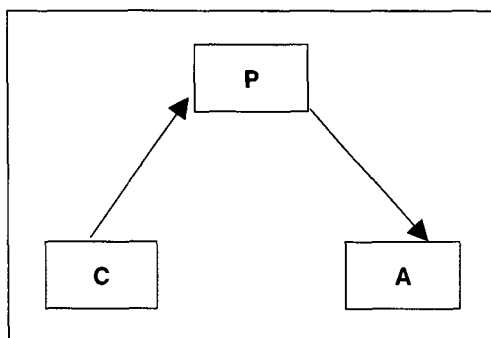
É importante lembrar, segundo Hull (1993), que o Ensino Contextualizado encontra apoio na teoria das inteligências múltiplas, pois requer para sua forma de ensino a aplicação prática e interação dos pares. Esse autor observa que os alunos tendem a aprender tanto de forma abstrata (conceituar, pensar), como de forma concreta (experimentar, sentir) e depois processam a afirmação ativamente (ao experimentar, fazer) e reflexivamente (observar, olhar).

Lembramos, através de Antunes (2001), que "as inteligências não nascem prontas nos indivíduos, ainda que uns possam apresentar níveis mais elevados do que outros nesta ou naquela inteligência. A presença universal das oito ou nove capacidades e a certeza de sua presença na história da evolução humana seria um sinal da existência da inteligência." (p.27)

### 2.1.3 A Escola Tradicional

Entendendo que a educação ocorre formalmente na escola e considerando que qualquer investimento em aprendizagem normalmente se dá na esfera tradicional ou construtivista ou ainda pode ser mediada conforme momento e oportunidade pelas duas formas, veremos a seguir os paradigmas que envolvem a escola tradicional.

A escola tradicional pode ser visualizada a partir de uma representação esquemática proposta por Moretto (2000):



C: conhecimento

P: professor

A: aluno

Observe-se que o sentido das setas é indicador do processo.

Esse autor afirma que, na visão tradicional, o professor exerce o papel de transmissor de informações, constituindo-se como centro das relações entre conhecimento e aluno. Sua função é transmitir verdades já prontas, validadas pela sociedade e transmitidas às novas gerações. Comenta ainda que essas verdades já prontas, descobertas por grandes "inteligências", compõem o conjunto dos conhecimentos que o aluno deve aprender. Assim o que se encontra nos livros constitui-se em verdades a serem aprendidas por aqueles que são preparados para uma inserção no mundo do trabalho e da sociedade já estabelecida.

Destacamos neste contexto, ainda apoiados por Moretto (2000), que o aluno desempenha o papel de repetidor de informações, muitas vezes não compreendidas ou vazias de significado para ele. Porém, a este não cabe o papel de escolher o que deve ou não deve saber, nem a maneira pela qual essa aprendizagem deva ser feita. Alguém já escolheu e planejou por ele. A ele cabe aprender o que é colocado, da forma como foi planejado e repetir no momento da verificação da aprendizagem.

Tal fato também é compartilhado por Silva (2000, p.11), embora este se aproprie de outro ângulo para dar forma à sua colocação:

Na modalidade comunicacional massiva, a mensagem é fechada uma vez que a recepção está separada da produção. O emissor é um contador de histórias que atrai o receptor de maneira mais ou menos sedutora e/ou impositora para o seu universo mental, seu imaginário sua récita. Quanto ao receptor, seu estatuto nessa interação limita-se à assimilação passiva ou inquieta, mas sempre como recepção separada da emissão.

Outro crítico ao sistema tradicional é Tapscott (1999), que fala sobre o modelo de aprendizado que focaliza a instrução chamando-a de aprendizado transmitido. Segundo ele, o professor é um especialista que possui informações e as transmite ou difunde aos alunos. Os alunos "sintonizados" assimilam a informação que está sendo "ensinada" ou transmitida na memória ativa. Também afirma que, por convenção, as informações e fatos armazenados podem ser integrados para formar um conhecimento. O produto disso são determinados resultados e comportamentos, que, por sua vez, podem ser mensurados através de testes.

Reforçando a idéia de modalidade comunicacional massiva de Silva (2000), encontramos a afirmação de Tapscott (1999) que diz serem a leitura, o livro escolar, a lição de casa e a escola analogias para a mídia da difusão unidirecional, centralizada e com ênfase em estruturas pré-definidas que melhor satisfarão o público de massa.

Segundo Fialho (2001), o ensino tradicional parte de um saber em direção a um saber fazer. Pode-se saber uma regra e executá-la e, mesmo assim, não saber o porquê dessa regra e por que sua execução nos conduz a determinados resultados.

Objetivando essa colocação, Moretto (2000, p.100) exemplifica em sua obra um diálogo seu com uma estudante, que decorava um questionário para uma prova. Ao perguntar-lhe, após uma resposta dada fiel ao que constava em seus apontamentos, o sentido de um termo utilizado, a resposta obtida foi a seguinte:

"– Ah! Professor, isso eu não tenho nem idéia, mas sei que está certo porque a professora colocou assim no quadro e eu copiei tudo de lá."

Esse fato inclusive ilustra o esquema representado por Moretto (2000), "aluno – receptor, repassador de informações".

No Congresso Internacional dos Exponentes na Educação em setembro de 2000, Olivier Maulini (2000), em sua conferência, afirmou que o ensino clássico correspondia a uma invenção de mais de mil anos desde o doutrinamento dos monges ascéticos até a atualidade, e está elaborada no modelo de fábrica,

destinada a uma economia industrial, cujo ensino, portanto, corresponde a uma barreira de que a força de trabalho moderno necessita.

Também somos alertados por Maulini (2000) de que estamos a caminho de uma segunda revolução industrial, que irá varrer em sua passagem a "estagnação educacional" presente. Esse fato ou revolução iminente é chamado de "sociedade de informação" por Bell (1980) e Toffler (1981) e é reeditada por Silva (2000) como "sociedade comunicacional" por entender que a informação se dá por duas vias: receptor, que tem direito de selecionar a informação que deseja, e emissor, que a disponibiliza.

Foram levantadas por Maulini (2000) tendências nessa conferência, porém antes de comentá-las o autor levantou três abordagens sobre a escola clássica.

A primeira abordava o enciclopedismo, que corresponde a ações que ocorrem na escola, como escolha de pedaços de conteúdo, regras de matemática, heróis e datas, classificação de espécies, países e capitais, entre outros. Enfatiza o fato de se ter de aprender ou decorar essas coisas quando isso tudo pode ser acessado com um simples apertar de botão.

A segunda correspondia ao verbalismo, levantava os métodos rígidos, muito abstratos e superficiais. A pessoa, assim, não aprende só escutando, mas tem a necessidade de manipular. Cita que, para se descobrir o mundo, ele deve ser experimentado e transformado. Atenta que nossa vitalidade e curiosidade são naturais, portanto somos programados para aprender pelo método ativo.

A terceira fala é sobre o conformismo. Maulini (2000) alerta que o paradigma industrial é tão poderoso que as escolas se organizam no modelo de fábrica. Também se apegava a Piaget, lembrando que não pregava a revolução por autonomia e criatividade do indivíduo, mas denunciou o "adestramento" educacional.

Essas abordagens sugerem formas educacionais autoritárias e hierárquicas, orientadas para o professor, que remontam a séculos. Levadas ao extremo, dizia-se que a repetição e a punição melhoravam o aprendizado.

Niskier (1993) vai buscar na teoria do reforço o que chama de instrução programada, auxiliada pelas máquinas de ensinar. Julga-se ser possível atingir

resposta desejada desde que se proporcione a estimulação correta. O condicionamento e a formação de hábitos, que enfatiza o reforço mecânico, é estudado pelo *behaviorismo*. Vê-se tal delineamento nessa forma de ensinar.

Aqui tomamos a liberdade de colocar em que consistia o *behaviorismo* não por seu defensor, mas por um relato crítico de Tapscott (1999):

Lembro-me de quando meu pai descrevia como apanhava com a régua por alguma resposta incorreta. Mais recentemente uma escola de psicologia chamada "behaviorismo", popular nos anos 60 e 70 (ainda em voga em alguns círculos), enfatizava a importância no reforço no aprendizado. O reforço positivo é considerado eficaz para determinados resultados. Da mesma forma, o reforço negativo, ou a falta de reforço positivo, leva à extinção de certos comportamentos. Assim, quando um rato demonstra comportamentos desejados na gaiola (denominada caixa de Skinner, fundador do *behaviorismo*), o animal é premiado com bolinhas de comida. Ensinou-se ao rato a relação entre fazer alguma coisa e receber reforço. O *behaviorismo* saiu do laboratório e foi aplicado aos seres humanos, constituindo a influência determinante na educação por muitos anos. (Tapscott 1999, p.126)

#### 2.1.4 O Construtivismo

O Construtivismo é defendido por duas principais correntes filosóficas que naturalmente concordam em muitos pontos, mas também encontram divergências em outros. O Construtivismo Piagetiano trata da relação sujeito/objeto do conhecimento, enquanto que o Construtivismo Social de Vygotsky considera a relação mediada pela linguagem no pólo sujeito/sujeito, tomada esta como a base de todo desenvolvimento social.

Segundo Goulart (2000), "Piaget, tem mostrado que, desde o princípio, a própria criança exerce controle sobre a obtenção e organização de sua experiência no mundo exterior." E emenda dizendo que o construtivismo explica os processos de desenvolvimento e aprendizagem como resultados da atividade do homem na interação com o ambiente. Explica essa interação valendo-se dos conceitos de assimilação, adaptação e acomodação.



Goulart (2000) declara que uma educação que se fundamenta na teoria piagetiana e que proponha uma atitude própria do método clínico repudia o método de intervenção dos adultos e reserva o título de escola ativa exclusivamente para as estratégias de ensino que se baseiam nas atividades do aprendiz. A única maneira de ser ativo, na perspectiva de Piaget, consiste em deixar que as crianças organizem suas atividades a partir de um objetivo mais ou menos preciso.

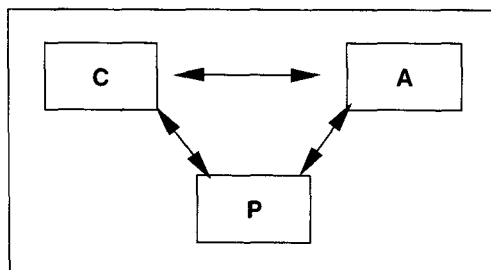
Conforme Rego (2001), a teoria de Vygotsky não ignora as definições biológicas da espécie humana, no entanto atribui uma enorme importância à dimensão social, que fornece instrumentos e símbolos. O aprendizado é considerado assim um aspecto necessário e fundamental no processo de desenvolvimento: "O aprendizado pressupõe uma natureza social específica e um processo através do qual as crianças penetram na vida intelectual daquelas que as cercam." (Rego, apud Vygotsky, 1984, p.99)

Essa citação corresponde ao conceito de zona de desenvolvimento proximal e destaca aquilo que a criança é capaz de fazer, porém mediante ajuda de outra pessoa. O aprendizado é responsável por criar essa zona, na medida em que, em interação com outras pessoas, a criança é capaz de colocar em movimento vários processos de desenvolvimento, que sem a ajuda externa seriam impossíveis de ocorrer. (Rego, 2001).

Ainda segundo Rego (2001), o papel da escola no processo de desenvolvimento do indivíduo é distinguido por Vygotsky (1984) entre conhecimentos construídos na experiência pessoal, concreta e cotidiana das crianças e aqueles elaborados na sala de aula. Os conceitos cotidianos são construídos por manipulação, observação e vivência direta. Os conceitos científicos são sistematizados e adquiridos nas interações escolarizadas. Essas duas formas constituem um único processo, o desenvolvimento de formação de conceitos.

Na concepção construtivista, "o professor ajudará na formação dos conceitos criando um ambiente democrático, onde não há hierarquia, pois busca estabelecer uma relação de simetria e igualdade com o grupo de alunos." (Rego, 2001, p.91)

A nova visão da relação entre professor, aluno e conhecimento, preconizada pela perspectiva Construtivista Sociointeracionista, está representada por Moretto (2000) no esquema abaixo:



C: conhecimento  
P: professor  
A: aluno

Segundo o autor, a característica fundamental dessa relação é o processo de interação que se estabelece entre os três participantes dos processos de ensino e aprendizagem em contexto escolar.

A primeira relação interativa ocorre entre o aluno (A) e o conhecimento socialmente construído (C). Nela o conhecimento é visto como um conjunto de verdades relativas, resultado das representações que o homem elaborou, ao longo de sua história, com relação ao mundo físico e social em que vive. Cabe ao aluno ressignificá-las, conforme sua concepção de mundo. Nessa relação, o professor (P) não é apenas um transmissor de informações por ele abstraídas e interpretadas, mas o elemento mediador (catalisador) da interação entre o aluno e o conhecimento socialmente construído.

Tomando o exposto acima numa visão aliada às tecnologias que se fazem presentes no momento, Silva (2000, p.11) trata como modalidade comunicacional interativa e coloca a informática como pólo capaz de uma mudança significativa na natureza da mensagem, no papel do emissor e no estatuto do receptor.

A mensagem torna-se modificável à medida que responde às solicitações daquele que a consulta, que explora, que a manipula. Quanto ao emissor, este assemelha-se ao próprio *designer* de *software* interativo: ele constrói uma rede (não uma rota) e define um conjunto de territórios a explorar; ele não oferece uma história a ouvir, mas um conjunto de territórios abertos a navegações e dispostos a interferências e modificações, vindas da parte do receptor. Este por sua vez, torna-se "utilizador", "usuário" que manipula a mensagem como co-autor, co-criador, verdadeiro concepor.

### 2.1.5 Interatividade

Como em muitas falas aparece o termo interatividade, é interessante trazer à tona seu significado. Segundo Silva (2000, p.20), é "a disponibilização de um mais comunicacional<sup>1</sup> de modo expressivamente complexo, ao mesmo tempo atentando para as interações existentes e promovendo mais e melhores interações, seja entre usuário e tecnologia digitais ou analógicas, seja nas relações 'presenciais' ou 'virtuais' entre seres humanos".

### 2.1.6 Construtivismo x Escola Tradicional

Em sua obra *Paradigmas Educacionais*, Bertrand e Valois (1992) apresentam variados paradigmas, como o industrial, de forma sociocultural e ligados aos paradigmas educacionais na forma racional e tecno-sistêmica, que zelam pela manutenção das sociedades industriais e que encontram base no que apresentamos até aqui, ou como o paradigma educacional de forma sociointeracional ligado socioculturalmente ao paradigma da dialética social, que rejeita as formas de exclusão, contribuindo para a formação de novas sociedades sem classes e autogeridas, ou seja, contribuindo para a aquisição do conhecimento de forma autônoma ou compartilhada

---

<sup>1</sup>Poder de comunicação entre emissor e receptor; emergência da interatividade na esfera social. (SILVA, 2000, p.19).

pelo indivíduo. Esses autores se aprofundam na idéia (ver capítulo 7) de que a escolha de um paradigma recai na produção de uma sociedade.

Lévy (1999) nos ajuda a compreender que:

Se faz urgente o acompanhamento consciente de uma mudança de civilização que coloca profundamente em discussão as formas institucionais, as mentalidades e a cultura dos sistemas educacionais tradicionais e notadamente os papéis de professor e de aluno. O que está em discussão na cibercultura, tanto no plano das baixas dos custos quanto do acesso de todos à educação não é tanto a passagem do "presencial" à "distância", nem do escrito e do oral tradicionais à "multimídia". É, sim, a transição entre a educação e uma formação estritamente institucionalizada (a escola, a universidade) e uma situação de intercâmbio generalizado dos saberes, de instrução da sociedade por si mesma, de reconhecimento autogerido, móvel e contextual das competências. (Lévy 1999, p.172)

Situando a discussão no plano professor/aluno, mas sem alienar as verdades contidas nas idéias descritas acima, veremos a seguir a que corresponde centralizar o aluno como ente capaz de construir seu conhecimento por sua própria vontade e interpretação de mundo.

O maior apelo em favor da aprendizagem não tradicional que podemos ter em relação aos nossos alunos Neto (1997, p.66) chama de Aula Vivencial Interativa com Recursos Experimentais. Para ele, o professor estará trabalhando com as 4 dimensões, 3 espaciais e uma temporal. O objeto do conhecimento é tratado através de um ou mais entes sensibilizadores/provocadores e da proposição de problemas que conduzam à investigação, ao pensar e à elaboração de modelos simbólicos. Estabelece-se assim uma relação de cunho libertador por colocar o conhecimento específico, bem como a experiência docente, à disposição do estudante. O enfoque do trabalho pedagógico deixa de ser o 'vou ensinar', que para muitos é o mesmo que dar aula, e passa a ser o 'necessito saber', ou seja, 'descubro minhas potencialidades e construo meu conhecimento'."

Para Dede (1990), "habilidades de pensamento de ordem superior" que suportem a pesquisa estruturada são melhor adquiridas sob as condições de:

- construção ativa do conhecimento para alunos ao invés de ingestão passiva de informação;
- uso de ferramentas de coleta de informações que permitam aos alunos experimentarem hipóteses ao invés de dados já analisados;
- uso de múltiplas representações para o conhecimento, de modo que o conteúdo possa ser adaptado aos estilos de aprendizagem individuais;
- interação colaborativa com seus pares, semelhante às abordagens baseadas em equipes que caracterizam os locais de trabalho na época atual;
- instrução individualizada que objetiva a intervenção do professor para as dificuldades correntes de cada aprendiz,
- avaliação dos sistemas que meçam habilidades de ordem superior em vez da recordação de fatos.

Na visão de Tapscott (1999), a experiência da geração net com a mídia digital aponta para um novo paradigma no aprendizado. A nova mídia permite, e a geração net requer isso para seu aprendizado, uma mudança do aprendizado transmitido para o que chamamos de aprendizado interativo. Entende-se por intermédio do autor que geração net ou n-gen corresponde às crianças nascidas a partir de 1977 e cercadas pela mídia digital.

A mudança de paradigma proposta por Tapscott (1999) pode ser vista no quadro abaixo, que por sua vez sintetiza o que o autor chama de as 8 mudanças do aprendizado interativo:

QUADRO 1 - MUDANÇA DE PARADIGMA

Aprendizado Transmitido	Linear, seqüencial, serial	→	Aprendizado hipermídia	Aprendizado Interativo
	Instrução	→	Construção/ descoberta	
	Centralizado no professor	→	Centralizado no aluno	
	Absorção de matéria	→	Aprendendo a aprender	
	Escolar	→	Vitalício	
	Um tamanho para todos	→	Sob medida	
	Escola como tortura	→	Escola como diversão	
	Professor como transmissor	→	Professor como facilitador	

FONTE: TAPSCOTT (1999)

Observando o quadro proposto por Sandholtz (1997), que evidenciava as diferenças entre o ensino por instrução e construção, percebemos plena concordância com Tapscott (1999):

QUADRO 2 - DIFERENÇA ENTRE INSTRUÇÃO E CONSTRUÇÃO

ATIVIDADE	INSTRUÇÃO	CONSTRUÇÃO
Atividade em sala de aula	Centrada no professor Didática	Centrada no aluno Interativa
Papel do professor	Contador de fatos Sempre o especialista	Colaborador Às vezes o aprendiz
Papel do aluno	Ouvinte Sempre o aprendiz	Colaborador Às vezes o especialista
Ênfase instrucional	Fatos Memorização	Relações Indagação e invenção
Conceito de conhecimento	Acúmulo de fatos	Transformação de fatos
Demonstração de êxito	Quantidade	Qualidade da compreensão
Avaliação	De acordo com a norma Itens de múltipla escolha	De acordo com o critério Pastas e desempenhos
Uso de tecnologia	Exercício de repetição e prática	Comunicação, colaboração, acesso à informação, expressão

FONTE: SANDHOLTZ, RINGSTAFF, DWYER (1997)

Trazemos, através de Silva (2000), um terceiro enquadramento que trata dos termos relativos às diferenças da aprendizagem na forma tradicional e na forma interativa. O autor, quando apresenta o quadro, faz um alerta de que nada adianta um professor trabalhar em sua sala de forma interativa se toda a escola trabalha aferrada à "lógica da distribuição". Entende-se por esse termo a separação da recepção da emissão iniciada desde a prensa de Gutemberg e que prevalece até os dias atuais perpetuada pela escola, televisão, fábrica, etc.

A mensagem para a escola é a modificação da comunicação, como forma de coibir a distribuição em massa. Por esse motivo, o autor entende que a mudança não se dá somente na sala de aula, mas precisa ser em todo o sistema.

QUADRO 3 - MUDANÇA NA COMUNICAÇÃO

APRENDIZAGEM	
MODALIDADE TRADICIONAL	MODALIDADE INTERATIVA
Racional: organiza, sintetiza, hierarquiza, causaliza, explica.	Intuitiva: conta com o inesperado, o acaso, junções não lineares, o ilógico.
Lógico-Matemática: dedutiva, seqüencial, demonstrável, qualificável.	Multissensorial: dinamiza interações de múltiplas habilidades sensoriais.
Reducionista - disjuntiva: na base do ou... ou, separa corpo e mente, razão e objeto, intelectual e espiritual, emissão e recepção, lógico e intuitivo.	Conexional: na base do e... e, justapõe por algum tipo de analogia, perfazendo roteiros originais (não previstos), colagens, permanente abertura para novas significações, para rede de relações.
Centrada: parâmetro e coerência, delimitação transcendência.	Acentrada: coexistem múltiplos centros.
Procedimento: transmissão, exposição oral, leitura linear, livresca, memorização, repetição.	Procedimento: navegação, experimentação, simulação, participação, bidirecionalidade, co-autoria.

FONTE: SILVA (2000)

## 2.2 Usando o Computador

Especialmente na área de ciências, a tecnologia de ponta (informática) já oferece caminhos para que possamos sair de uma situação bidimensional para uma tridimensional. Neto (1997) exemplifica dizendo que a exposição oral dos conteúdos por parte do professor com ilustrações no quadro-negro e o uso de um livro ou apostila constitui uma situação bidimensional, pois é atemporal, enquanto a utilização de um recurso tele e audiovisual como TV, vídeo, retroprojeção, projeção de slides, computador, CD recria a dimensão temporal.

Também é importante considerar mediante Lèvy (1993) que nesse período passamos de uma civilização verbal para outra visual e auditiva, impulsionados principalmente pelo rádio, a TV e recentemente os computadores, e isso vem modificando o homem e o próprio meio cultural. Esse avanço permitiu ao homem um domínio do espaço e do tempo. No surgimento de uma cultura de massa, os estímulos e os produtos são iguais para todos.

O peso da informática e da instrumentação eletrônica em geral, segundo Demo (1996), é responsável pela informatização do conhecimento e o torna cada

vez mais acessível. Esta será uma característica iniludível dos tempos modernos, absorvendo a tarefa de transmissão do conhecimento, com nítidas vantagens, seja porque é mais atraente e manejável, seja porque atinge a massa. Acrescenta que a escola não poderá ainda concorrer com essa tendência, nem o professor.

É necessário saber selecionar o que usar, como usar e para que usar, principalmente quando se utiliza o computador, em face da escassez de bons *softwares* educativos disponíveis.

Um alerta quanto ao uso vem de Cysneiros (1999), que nos diz ser muito fácil utilizar o que chama de inovações conservadoras, colocando-se no computador conteúdos com didáticas pobres e até mesmo erros de conteúdo. Incorporar ao dia-a-dia da escola as linguagens da tecnologia é muito mais do que alterar apenas os recursos utilizados.

Segundo Dede, Fontanna e White (1990), a introdução de tecnologias de multimídia nas salas de aula sobrecarregará professores e alunos com massas de dados intelectualmente indigeríveis, se não forem criadas estruturas que usem ferramentas de informação como suporte ao ensino de habilidades de pensamento, ferramentas de multimídia para estimular a cognição e a motivação do aprendiz.

Para esses autores, os projetos de multimídia surgem da premissa de que "o papel mais apropriado para a multimídia nas escolas não é aumentar a distribuição de dados no ensino convencional, mas promover um novo modelo de ensino/aprendizagem baseado na navegação e criação de teias de conhecimento pelo aprendiz através de um processo de pesquisa formal".

Não só fazendo alusões a respeito do uso do computador, mas relatando experiências com seu uso na educação, Sandholtz (1997) declarou que o projeto ACOT desenvolvido nos EUA investigou por mais de 10 anos o uso rotineiro da tecnologia educacional por parte de professores e alunos. Durante o projeto, verificaram a forma inadequada do uso dessa tecnologia como livro de exercício eletrônico, ou como objeto de repetição e prática. Observou-se que os computadores até mesmo ficavam parados acumulando poeira. Também descreve-se sua utilização como ferramenta de forma rotineira para coletar, organizar e analisar



dados, melhorar apresentações, realizar simulações e resolver problemas complexos, constituindo assim um uso adequado sob o ponto de vista pedagógico, pois leva a um raciocínio mais crítico.

Todavia, Sandholtz (1997) observa que, para o trabalho, a contribuição de um ensino especialista utilizando a tecnologia para reproduzir padrões tradicionais de instrução é menor, ou seja, conteúdos menos aprofundados, mas que contemplem o acesso a informações, organização de dados, conclusões de forma dinâmica e platéia crítica de colegas serão habilidades mais úteis que a mecânica em si de um determinado *software* ou *hardware* que em breve ficará obsoleto. Sendo assim, pode-se dizer que uma instrução mais geral é capaz de gerar habilidades mais valiosas.

Também a respeito de experiências com o uso de computadores, Schank (1995) coloca que os computadores podem ajudar-nos a aprender o que queremos, oferecendo ambientes de aprendizado seguros, mas excitantes. Tais computadores podem ser "ensinados" a fazer perguntas, fornecerão informações valiosas e ser infinitamente pacientes enquanto o usuário tenta resolver o problema. Foi exatamente sob essa premissa que sua empresa, o *Institute for the Learning Sciences* montou uma exposição computadorizada para o *Museum of Science and Industry*, em Chicago, que mostra como esse processo funciona. O museu queria ensinar aos visitantes o que era a anemia falciforme e permitia que o visitante desempenhasse o papel de conselheiro genético, apresentando-lhe um desafio através do computador, capturando sua motivação para aprender.

### **2.3 A Simulação**

A simulação, para Oliveira (1997), "é uma atividade que coloca o aluno diante do computador como manipulador de situações ali desenvolvidas, que imitam ou se aproximam de um sistema real ou imaginário". Embora essas simulações não sejam dependentes da existência do computador, é nesse ambiente que se permite ao aluno manipular variáveis e observar resultados imediatos, decorrentes da modificação de situações e condições.

Entre os novos modos de conhecimento trazidos pela Cibercultura, a simulação ocupa um lugar central, segundo Lèvy (1999). O autor classifica a simulação como sendo uma tecnologia intelectual que amplifica a imaginação individual e permite que os grupos compartilhem, negociem e refinem modelos mentais comuns, qualquer que seja a complexidade deles. Lembra também que as técnicas interativas da simulação não substituem o raciocínio humano mas prolongam e transformam a capacidade de imaginação e de pensamento.

Segundo Kirner (1999), simulador é uma aplicação da realidade virtual que pode ser usado de forma imersiva ou não-imersiva. A forma imersiva prevê o uso de luvas, capacetes, salas de projeção e outros aparatos sensitivos; já a forma não-imersiva utiliza-se do monitor do computador, porém este não exclui sua caracterização e importância.

A idéia de imersão, na realidade virtual, é exatamente buscar uma forma de permitir a interação com uma informação através de uma experiência de primeira pessoa de modo que o usuário não tenha que criar metáforas para relacionar o dado da tela com o real e sim possa explorar o dado como se ele de fato existisse. Entende-se, segundo Kirner (1999), que nas experiências de primeira pessoa o conhecimento do mundo é fruto de sua interação diária de forma direta, subjetiva e por vezes inconsciente, não sabendo se se aprende ou não se tem consciência disso.

Os simuladores foram as primeiras aplicações da realidade virtual; estes reproduzem sistemas e os representam de uma forma não-estática. Na simulação, o conhecimento a ser adquirido deve estar implícito e contextualizado. Esse conhecimento deve ser aprendido pela reflexão dos resultados da interação do indivíduo com ambientes sintéticos. Os ambientes sintéticos representam a base da modelagem e da simulação, pois são ambientes constituídos na realidade virtual para localizar o estudante numa dimensão alternativa que, conforme a aplicação, reflete a realidade. (Kirner, 1999).

O primeiro ambiente virtual, que era um simulador de vôo, foi criado em 1929 por Edwin Link, artifício também utilizado em treinamento e ambientação antes de Armstrong e companheiros pisarem a lua. O desenvolvimento de pesquisas em simulação data de 1960, mas esta até hoje é vista como tecnologia de "segunda geração", devido ao fato de que não sabemos quão significativo é o ganho na educação através de sua utilização, em função do que já está disponibilizado no mercado e, principalmente, a seleção em razão do custo/benefício, que por vezes pode não ser atrativo. (Kirner, 1999).

A seguir enumeramos, segundo Kirner (1999) e apoiados por Lèvy (1999) que destaca a importância de sua aplicação e a coloca como um modo especial de conhecimento próprio da cibercultura nascente, as aplicações em realidade virtual possíveis e praticadas no momento:

- Aplicações industriais, com vasta utilização do sistema CAD para visualização em 3D.
- Aplicações médicas e em saúde com monitoramento, treinamento, processamento de imagens, realidade aumentada, estudo simulado de anatomia, etc.
- Aplicações em arquitetura e projeto, também com vasta aplicação de CAD, sonorização de ambientes e simulação de ambientes e estruturas.
- Aplicações científicas, com simulações de estruturas e fenômenos, visualização de conceitos abstratos, etc.
- Aplicações em artes com museus virtuais, sintetizações musicais, visualização de relevos dando aos artistas e ao público em geral dimensões jamais vistas ou sentidas, através da eliminação ou alterações das restrições do mundo real ou da ampliação da imaginação.
- Aplicações em educação, com laboratórios virtuais, encontros remotos de alunos e professores para terem uma aula ou alguma atividade coletiva, participação em eventos virtuais, consulta a bibliotecas virtuais, educação de excepcionais, etc.

- Aplicações em controle da informação, com simulações no âmbito financeiro, informação virtual, simulação de sistemas complexos, etc.
- Aplicações de entretenimento: com vasta aplicação e grandes investimentos nos videogames tridimensionais com interação em tempo real, tem-se turismo virtual, passeio ciclístico virtual, esportes virtuais, cinema virtual, etc.

No quadro que apresentamos adiante, descrevemos algumas atividades que envolvem simulações aplicadas a situações de aprendizado. Cada instituição tem identificada, nas referências bibliográficas, seu endereço na web.

QUADRO 4 - APRENDIZADO ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO

INSTITUIÇÃO	ASSUNTO	PÚBLICO-ALVO	IMPORTÂNCIA
UFSC - Curso de Física	Vários assuntos aplicáveis ao Ensino Médio e Ensino Superior	Estudantes de Física	Visualização de situações físicas com complemento do aprendizado
UFPE	Animações volumétricas em VRML	Estudantes de matemática	Demonstrações a respeito de cilindro e cones, complementando o aprendizado
USP	Software simulador de receptor GPS e simulador de semeadora	Estudantes de agronomia	Otimizar uso de máquinas e recursos agrícolas, buscando aumentar produtividade e reduzir gastos
UNICAMP com apoio PETROBRÁS	Simulação numérica de reservatórios	Estudantes de engenharia de petróleo, geologia e engenharia elétrica	Otimização, caracterização em técnicas de engenharia de reservatórios
UFMG	Simulação de campos eletromagnéticos e circuitos elétricos	Estudantes de engenharia eletrônica	Aprendizagem de conteúdo de disciplina no curso de graduação
UFSCar	Simulações de trânsito e supermercado virtual	Educação básica e Ensino profissionalizante	Criar consciência no trânsito e noções de economia
PETROBRÁS	Modelo de simulação de operações portuárias	Funcionários de portos	Dimensionar recursos, avaliar nível dos serviços prestados
UFSC	Simulação em separação, recuperação e purificação de produtos com alto valor agregado	Estudantes de engenharia química e química. Pós-graduação	Pesquisa de processos ambientais, tratamento e minimização dos efeitos poluidores em rios e lagos
Físicanet - portal na Internet	Várias simulações em física	Estudantes em geral	Aprendizagem para-didática.

Em suma a realidade virtual é uma tecnologia informacional que permite interação de aprendizes com seus semelhantes através de ambientes virtuais que expressam condições próximas às da realidade, inclusive as situações mais remotas, longe de nosso cotidiano, originando uma interação nova entre homem e máquina. (Kirner, 1999).

Este capítulo destinou-se a levantar parte do conhecimento socialmente construído a respeito dos assuntos norteadores da pesquisa, dando ênfase à investigação sobre o que vem a ser a aprendizagem, bem como algumas metodologias aplicadas à mesma, o uso de tecnologia como apoio à atividade de ensino e idéias básicas que envolvem o uso de simulação para a aprendizagem.

### **3 UNIVERSO DE PESQUISA**

Abriremos este capítulo reforçando que a base teórica levantada no capítulo 2 vem sustentar a análise feita a partir do uso do software simulador de eletrodinâmica EDISON com uma turma do Ensino Médio do Colégio Bom Jesus.

#### **3.1 Os Alunos**

Os alunos participantes do projeto faziam parte de uma turma do 3.º ano do Ensino Médio do Colégio Bom Jesus Unidade Centro. É importante ressaltar que as turmas regulares do ensino médio no colégio funcionam pela manhã, num total de 11 turmas de primeiro ano, 8 turmas de segundo ano e 6 turmas de terceiro ano, todas com uma média de 50 alunos por sala.

As turmas do noturno são três, uma para cada série. Essas turmas eram resultado de um trabalho filantrópico prestado pelo colégio junto à Prefeitura Municipal de Curitiba, cujos funcionários que possuíam renda abaixo de três salários mínimos tinham o direito de matricular seus filhos para estudar no colégio gratuitamente.

A turma do terceiro ano era composta por um universo de vinte alunos, sendo doze do sexo masculino e oito do sexo feminino, na faixa etária entre 17 e 19 anos de idade. A quantidade de alunos da turma foi um dos fatores que contribuiu para sua escolha como participante do projeto, pois o número era ideal em relação à quantidade de máquinas à disposição no laboratório. Outro fator de motivação na escolha era o fato de que a turma, sendo reduzida, colaborava mais facilmente com a disciplina, e ao longo dos dois anos e meio que estavam no colégio (o início do projeto deu-se no mês de maio) haviam alcançado um bom grau de intimidade com os professores.

Somando-se mais quatro vantagens às já apresentadas para justificar o porquê de essa turma participar do projeto, vemos:

- Desde a primeira até a terceira série, os alunos do noturno tiveram 4 aulas semanais de Física, sendo o tempo de hora/aula do noturno mais curto, de apenas 40 minutos. Em decorrência desse fato, parte do conteúdo não foi vista ou o foi de maneira superficial. O currículo do noturno era mais flexível, em função de as aulas serem ministradas por um único professor, diferentemente do diurno, que possui três professores de Física por série, desenvolvendo o conteúdo por frentes simultâneas: um docente na mecânica, outro na termologia e outro no laboratório. Portanto, certos assuntos eram aprofundados em detrimento de outros, em razão do seu grau de importância, e o assunto do projeto permitia que assim fosse feito;
- O assunto tratado no projeto era inédito para os participantes, portanto eles não traziam nenhuma bagagem específica a respeito de eletrodinâmica, somente o que conheciam ou tinham ouvido falar empiricamente;
- A turma por longo tempo pedia sua inclusão em aulas de laboratório, pois as turmas posteriores participavam de laboratórios de Física, Química e Biologia;
- No final do ano, essa turma prestaria exame vestibular, o que poderia representar um grau de interesse razoável pelo laboratório em questão.

**Nota:** Para respeitar a privacidade e integridade dos alunos, os nomes citados na pesquisa não são os verdadeiros. Nos quadros do capítulo 4 estarão representados por nomes fictícios ou números.

### 3.2 O Conteúdo em Física

O conteúdo ministrado no laboratório foi o de eletricidade, especificamente eletrodinâmica. Dentre os conceitos abordados, o *software* EDISON contemplava: intensidade de corrente elétrica, diferença de potencial elétrico, resistores elétricos e potência elétrica. A interligação entre os conteúdos era natural e estes estavam dispostos de forma a serem vistos simultaneamente, sugerindo que o aprendizado esperado viria através das múltiplas opções oferecidas pelo programa de simulação, propiciando a interação sujeito/objeto e sujeito/sujeito.

A necessidade de aliar um conteúdo ministrado no terceiro ano do ensino médio com um assunto significativo para a prática em laboratório encontra em eletrodinâmica uma forte razão de ser.

A eletrodinâmica em Física é um dos conteúdos que mais encontra aplicação prática e que certamente passa despercebido à mente das pessoas, apesar de sua manipulação cotidiana. É claro que a referência aqui feita diz respeito aos benefícios proporcionados por esta. Atualmente, nosso país passa por uma crise energética e muito se fala em economia. Naturalmente a iniciativa espontânea da população foi desligar os aparelhos elétricos ou diminuir o seu uso. Essa é uma medida correta, porém existem outras medidas que também teriam um efeito positivo, como ajustar ou redimensionar em certos casos a instalação elétrica das residências.

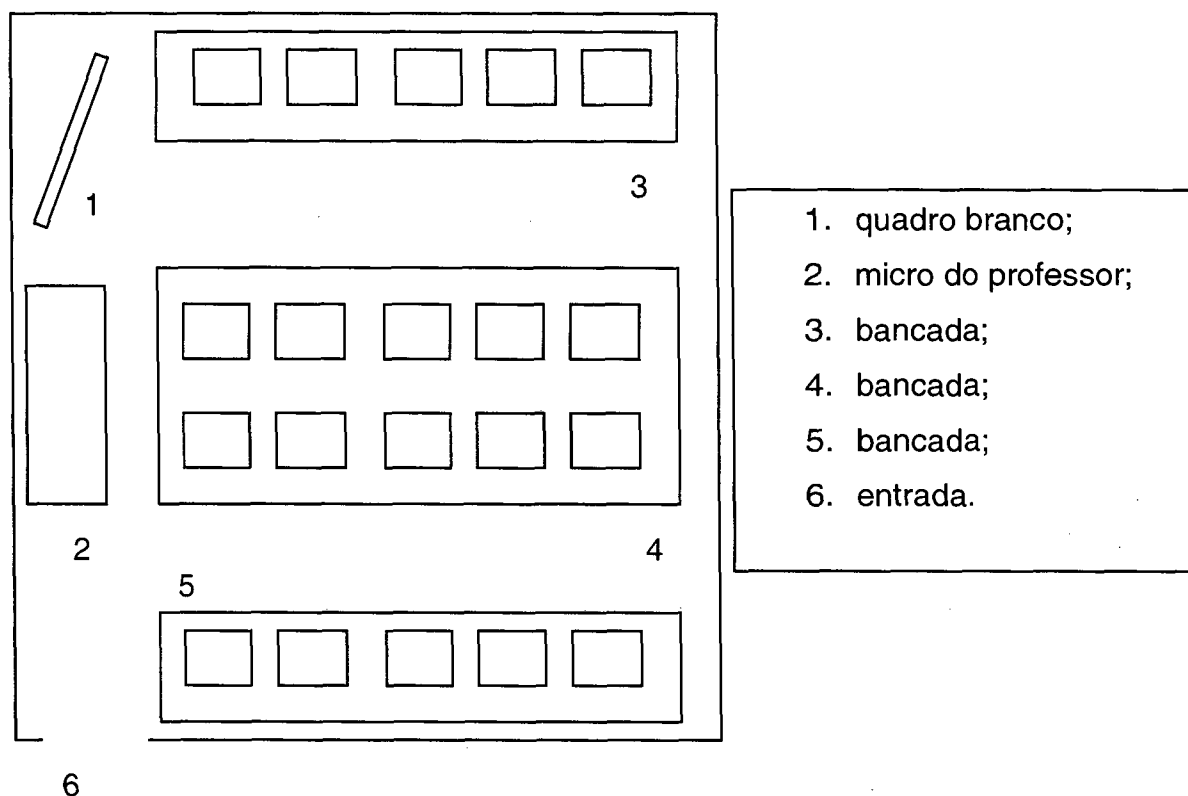
É claro que aqui não se propõe que as pessoas deveriam saber eletrodinâmica para poder economizar, mas destacar sua importância através de um exemplo. O assunto nos últimos anos é um dos que mais ganha atenção dentre os do conteúdo de Física. O termo eletrodinâmica está implícito nas manchetes que falam em alta tensão, instalação elétrica, etc. Basta acompanhar jornais, revistas, televisão, ou seja, os meios de vinculação das notícias. Levando em conta a Física Moderna (Einstein como principal ícone), que é a parte mais recente, porém, tendo no momento apenas aplicação teórica, a eletricidade é um dos assuntos mais novos da Física vista no segundo grau e certamente, dentre os conteúdos da disciplina, a que mais contribuiu para os avanços observados neste último século, o que sugere ser um assunto relevante para um trabalho de laboratório.

### **3.3 A Sala**

O ambiente utilizado para as práticas de laboratório era uma sala de micros do colégio com 21 máquinas, sendo a do professor acoplada a um televisor de 29 polegadas, que ficava num nível mais elevado que os monitores dos demais micros. A disposição do micro do professor facilitava a visualização nos momentos de explicação e manipulação. Outro recurso à disposição na sala era um quadro branco com pincel



atômico. A sala comportava com perfeição o grupo que, como descrito acima, era composto de 20 alunos. A disposição dos micros na sala permitia também uma fácil interação entre o grupo, que, por sinal, pelo tempo que se conhecia, mesmo se fosse uma disposição tradicional (sala de aula comum), encontraria facilidade na troca de informações e colaboração. Segue abaixo o *layout* do ambiente.



NOTA: O colégio possui 8 laboratórios de informática, todos com a mesma disposição, capacidade e recursos.

### 3.4 Horários

As aulas foram ministradas utilizando o horário normal do cronograma de aulas previsto para o ano letivo de 2001. A turma tinha semanalmente 4 aulas, sendo as duas primeiras aulas da segunda-feira (19h às 19h40 – 19h40 às 20h20) e os dois últimos horários da sexta-feira (21h15 às 21h55 – 21h55 às 22h35). As aulas de laboratório ocorriam nos dois últimos horários da sexta-feira, sendo que as aulas da segunda permaneciam inalteradas, cumprindo o cronograma preestabelecido no

início do ano, independentemente das atividades desenvolvidas às sextas. Apesar do horário em que ocorria o trabalho laboratorial, a incidência de faltas era menor, comparado com as aulas de segunda. Outro fato a ser registrado era o professor ter de insistir com alguns alunos para que desligassem o equipamento ao término das aulas, pois normalmente perdiam noção do tempo, inclusive reclamando ser este muito breve.

A escolha do horário deu-se em função somente da disponibilidade do laboratório, pois antes do início do programa, as aulas de Física aconteciam às segundas e terças, obrigando inclusive um remanejamento de horário com professores de outras disciplinas para comportar as atividades.

Apresentamos abaixo um quadro com os dias de aula e as respectivas atividades desenvolvidas:

DATA	HORÁRIO	ATIVIDADE
04/05	21h15 às 22h35	Ambientação com o software
11/05	21h15 às 22h35	Roteiro 1
01/06	21h15 às 22h35	Roteiro 2
08/06	21h15 às 22h35	Roteiro 3
22/06	21h15 às 22h35	Roteiro 4

NOTA: A primeira aula não utilizou roteiro nem desenvolveu conteúdo, apenas permitiu que os alunos tivessem um contato livre com o simulador, imaginando ser esta uma maneira de se familiarizar com a ferramenta e, por consequência, contribuir nos encontros futuros.

### 3.5 O Material

O material utilizado pelos alunos durante as aulas eram o *software* Edison propriamente dito, os roteiros impressos e um conteúdo de eletrodinâmica para consulta individual também impresso. Abaixo comentamos os aspectos inerentes ao respectivo material.

### 3.5.1 O *Software* - O Simulador Edison

Atualmente, o ensino de Física não está desguarnecido pelo mercado de *softwares* destinados a esse propósito. Encontram-se em lojas de informática especializadas em *softwares* educacionais, na Internet e até em revistas os mais variados tipos de *softwares*, de diversos fabricantes. Não devemos entrar aqui no mérito da avaliação da quantidade e da qualidade, bem como da procedência do que há no mercado, podendo até ser um trabalho para o futuro, mas sim apresentar o que o programa escolhido tem a oferecer, destacar a importância vista na aplicação desse programa de simulação na construção do conhecimento e da aprendizagem e justificar a sua escolha.

Dentre os vários *softwares* que envolviam simulação vistos para desenvolver o trabalho em questão, encontramos desde simulação simples (a simulação já é programada, o aluno apenas tem acesso aos parâmetros), livros eletrônicos (compostos por textos eletrônicos, animação gráfica e simulação simples) e simuladores mais elaborados cujo ambiente necessita ser criado.

A criação de ambiente nos *softwares* exige um conhecimento prévio do assunto por parte dos professores e alunos e, conforme o *software*, portanto, essa criação pode ser mais fácil ou mais difícil. O simulador escolhido apresentou manipulação fácil, pois a montagem das situações não oferecia dificuldade, ao contrário de outros que necessitavam às vezes de comandos específicos, ordem na montagem, etc. Outro fator que precisava ser levado em consideração era que os componentes utilizados encontravam-se na tela e em outros às vezes a visualização só ocorria ao abrir-se uma janela. Um ponto negativo foi o fato de que em muitos havia a opção do gráfico cartesiano, que, uma vez selecionado através de uma janela, mostrava em simultaneidade com o experimento a curva do conceito que se pretendia analisar. O *software* utilizado não dispunha desse recurso.

Uma análise final que precisava ser feita para finalizar a escolha era a do custo/benefício. O simulador Edison não era o mais barato nem o mais caro, porém mostrou ser, em função do seu custo, dos recursos oferecidos e do tempo

programado para o desenvolvimento do projeto, a ferramenta que no momento teria melhor aproveitamento por parte dos participantes. Afinal, um *software* barato geralmente apresenta menos recursos e suas possibilidades de manuseio poderiam ser esgotadas num curto intervalo de tempo. *Softwares* mais caros apresentam uma gama de manipulação maior, mas são mais exigentes no manuseio, além de gastar um tempo considerável para que se veja tudo que este pode oferecer.

O *software* EDISON foi desenvolvido a partir do conceito de ambiente interativo. Na verdade não é correto dizer tratar-se de um simulador, mas de um ambiente para a criação de simuladores.

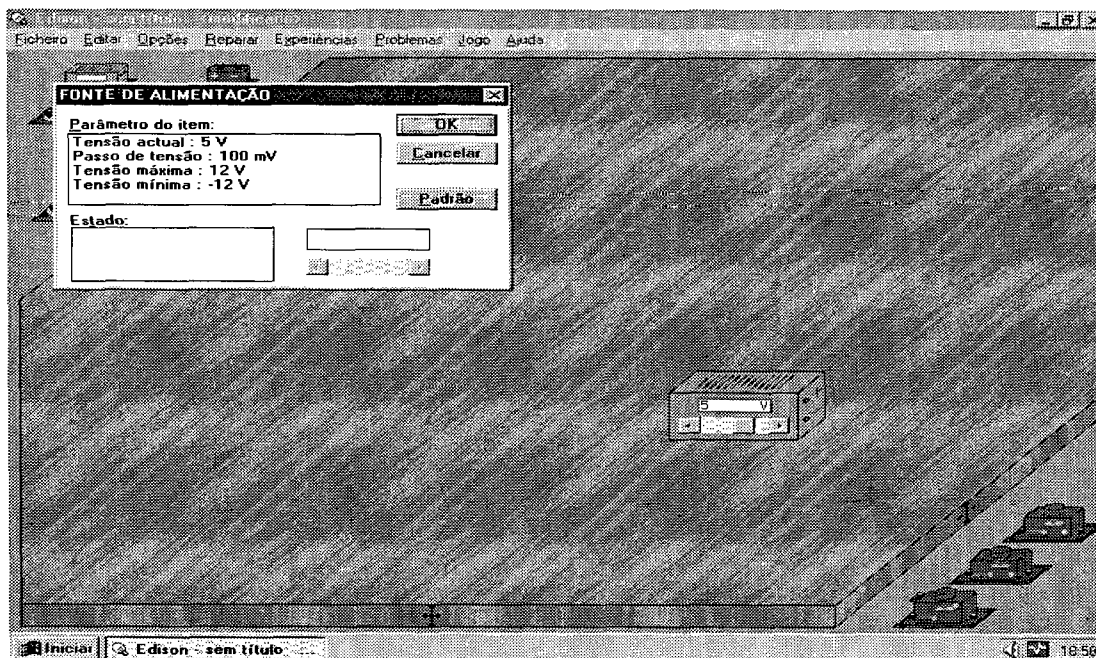
Fontes de alimentação, motores, resistores, lâmpadas, chaves e instrumentos de medida, dentre outros dispositivos, podem ser visualizados no banco de recursos do programa. Um *protoboard* virtual possibilita a instalação dos dispositivos mencionados, permitindo que se construa, a partir deles, incontáveis simulações de situações experimentais.

FIGURA 1 - TELA DE APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA.



Os parâmetros referentes a cada um dos elementos elétricos são alteráveis, de modo que os circuitos respondam precisamente, de acordo com situações reais ou ideais.

FIGURA 3 - ALTERAÇÃO DE PARÂMETROS



Neste programa, as seguintes características destacam-se:

- O simulador não está pronto, devendo ser previamente construído pelo estudante ou pelo professor (ou por ambos em conjunto).
- O banco de recursos é abrangente, dentro dos temas da disciplina estudada.
- Exige um grau de conhecimento específico e funcional maior que de simuladores prontos.
- Permite a adoção de metodologias construtivistas e sociointeracionistas.

Quanto à sua aplicação, podemos destacar alguns pontos relevantes que representavam facilidades na manipulação, mesmo para os alunos menos experientes:

- O aluno encontra liberdade de ação para efetuar as mais diferentes construções, pela disposição dos elementos de construção e a forma de conexão entre os mesmos. Em outras palavras, "dá pra fazer o que der na telha".

- Os erros eram de fácil detecção e conforme o tipo podiam ser visualizados (alteração de cores, por exemplo: curto-circuito, estrago da fonte ou equipamentos) ou sinalizados (bip de alerta, por exemplo: dimensionamento errado dos componentes).
- Exemplificação de conceitos disponibilizados no próprio *software*.
- Permitia trabalhar com profundidade o conteúdo proposto.
- Alto grau de interatividade entre sujeito e objeto.

### 3.5.2 Os Roteiros

Os roteiros eram em número de quatro e foram construídos de modo a serem usados como tutoriais de orientação no decorrer do programa. Para cada aula, foi elaborado um roteiro cujo assunto contemplado e metodologia norteadora na construção serão expostos a seguir. É importante salientar que os roteiros não foram pré-concebidos no início do programa, e sim ao longo deste, depois de uma avaliação dos progressos obtidos em cada encontro.

#### **Roteiro de Inicialização**

Em todos os roteiros, os passos a serem seguidos foram enumerados. Neste primeiro roteiro, os primeiros tópicos (1, 2, 3 e 4) destinavam-se à realização da ligação mais simples possível no *software*. O objetivo da primeira tarefa era pegar uma fonte (pilha) e uma lâmpada e ligá-las. Essa ligação, por dever ser feita apenas de um modo, pode ser considerada de caráter trivial.

Essa operação classificada como elementar foi a base para todas as outras investigações que ocorreram. Em todo o programa, quatro grandezas físicas foram estudadas, e nesta primeira tarefa todas elas já estavam presentes. Neste primeiro roteiro, a escolha dos parâmetros foi deixada a cargo dos alunos e, conforme o valor destes, alguns resultados eram naturalmente esperados. Cumpre aqui esclarecer

que todos os roteiros exigiam cálculos e estes, neste primeiro roteiro, foram feitos em papel rascunho e as respostas verificadas mediante interação com o professor e entre os próprios alunos. No *software*, a resposta poderia ser visualizada, porém este seria um conceito a ser desenvolvido em aulas subseqüentes.

O próximo passo neste roteiro era trabalhar com proporcionalidades e constantes (5 ao 11), conceito resgatado em qualquer parte da Física que se esteja estudando. A percepção da grandeza que não sofria variação e a investigação de como as outras variavam, isto é, se uma aumentava a outra também aumentava ou a diminuição de uma acarreta no aumento da outra, é uma idéia que os alunos sempre trabalharam através de análise dentro de uma equação, seja efetuando cálculos ou observando a disposição dos termos dentro da mesma, porém o simulador oferecia pelo menos duas formas visuais para essa observação. Ainda aqui foram exigidos os cálculos para as respectivas aferições, mas já se pedia que os alunos observassem o brilho das lâmpadas para cada mudança efetuada no circuito, justamente para auxiliar na exploração proposta bem como associar este fato à mesma.

Somente nos três últimos tópicos (13, 14 e 15) dos 15 programados para este primeiro laboratório foram utilizados os instrumentos de medida. A intenção com essa decisão era inicialmente fazer com que os alunos exercitassem de uma forma não muito distante do que é feito em sala de aula comum, mas sentindo os efeitos de uma manipulação, para que no final se tivesse a confirmação virtualmente.

O final da prática, com a medida virtual das grandezas confirmando os cálculos, viria ao encontro de tudo visto até aquele momento, pois entende-se que a confirmação de um resultado esperado para o aluno é um momento mágico em que ele vê que todo seu esforço foi válido. Acreditava-se também que um resultado não esperado para alguns não remeteria a um desânimo ou frustração, pois o erro, em função das interações ocorridas até ali entre professor/aluno e aluno/aluno, deveria ser fruto de cálculo matemático e não de construção ou manipulação.

Apresentamos a seguir o roteiro de Inicialização:

Determinação da Corrente Elétrica que circula por uma lâmpada.

1. Arraste para a área de trabalho um elemento gerador de tensão (pilha, bateria ou fonte de alimentação).

Tensão do aparelho:

$$U = V$$

2. Arraste uma lâmpada para a área de trabalho.

Resistência da lâmpada:

$$R = \Omega$$

3. Ligue a lâmpada à fonte de tensão e calcule a intensidade de corrente elétrica que a atravessa.

Corrente elétrica:

$$i = A$$

4. Observe a intensidade do brilho da lâmpada.

Ligação de lâmpadas (resistores) em série.

1. Ligue uma segunda lâmpada em série com a primeira lâmpada que está ligada.

Resistência da segunda lâmpada:

$$R = \Omega$$

5.a. Resistência equivalente do circuito:

$$R = \Omega$$

5.b. Corrente elétrica que atravessa o circuito com 2 lâmpadas:

$$i = A$$



2. Compare o brilho entre os circuitos com 1 lâmpada e com 2 lâmpadas.

---

3. Ligue uma terceira lâmpada em série com as outras duas já ligadas.

Resistência da terceira lâmpada:

$R = \Omega$
--------------

7.a. Resistência equivalente do circuito:

$R = \Omega$
--------------

7.b. Corrente elétrica que atravessa o circuito com 3 lâmpadas:

$i = A$
---------

4. O que podemos afirmar a respeito do brilho das lâmpadas num circuito em série?

---

5. O brilho das lâmpadas tem alguma coisa a ver com a potência das lâmpadas? Justifique:

---

---

---

6. Aumente o valor da resistência de uma das lâmpadas.

7. O que você pode afirmar agora?

---

---

---

8. Restitua o valor da resistência da lâmpada que você alterou para responder à questão 11.

9. Ligue um amperímetro ao circuito que contém as 3 lâmpadas e compare a indicação deste com o valor que você calculou no item 7b.
10. Ligue um voltímetro sobre cada lâmpada do circuito.
11. O que você conclui a respeito da tensão lida pelos voltímetros?

---

---

---

### **Roteiro de Associação**

O início do segundo roteiro (1 ao 6) traz tópicos já abordados na primeira prática, essa atitude residia em três questões. A primeira era o fato de que as aulas de laboratório ocorriam quinzenalmente e o assunto da última aula foi relembrado para verificação de sua consolidação. A segunda é a idéia da internalização, necessária à construção do conhecimento, pois novas construções seriam possíveis somente se já tivéssemos essa etapa equilibrada. O terceiro é fruto da análise da primeira aula, cujos pontos fundamentais (e em que os alunos encontraram mais dificuldades) foram revistos.

Como no primeiro roteiro os alunos já haviam visto todas as grandezas envolvidas, a segunda parte desta prática seria um aprofundamento a respeito de uma delas, pois contemplava as diferentes formas de ligações de que poderiam ser feitos os circuitos, bem como apresentava uma nova ferramenta que confirmaria virtualmente os cálculos desenvolvidos pelos alunos. Aqui também houve a reintrodução de um conceito que no primeiro roteiro mostrou-se mais complicado que os demais: era a diferença de tensão entre o alimentador de circuito (fonte, pilha) e o elemento alimentado (lâmpada). Usando uma metáfora, podemos dizer que o problema residia em se ter uma jarra cheia de água e se necessitar despejar seu conteúdo em um copo, daí a necessidade de um dimensionamento para que a operação fosse realizada com sucesso.

A terceira parte do roteiro abordava ligações mistas, ou seja, fazia o casamento dos conceitos que na segunda parte eram vistos separadamente. Esse momento não envolvia a aquisição de conceitos novos, apenas a aplicação de todos os outros já desenvolvidos. Apostamos que com esta atividade o aluno estaria fazendo um reinvestimento do conhecimento adquirido até o momento.

A conclusão dessa etapa marcava o fim do conteúdo a ser abordado em laboratório. As duas próximas etapas, portanto, seriam destinadas a um aprofundamento na aprendizagem.

Apresentamos a seguir o roteiro de Associação:

### Revisão sobre Corrente Elétrica

Determinação da Corrente Elétrica que circula por uma lâmpada.

1. Arraste para a área de trabalho um elemento gerador de tensão (pilha, bateria ou fonte de alimentação).

Tensão do aparelho:

$$U = V$$

2. Arraste uma lâmpada para a área de trabalho.

Resistência da lâmpada:

$$R = \Omega$$

3. Ligue a lâmpada à fonte de tensão e calcule a intensidade de corrente elétrica que a atravessa.

Corrente elétrica:

$$i = A$$

4. Observe a intensidade do brilho da lâmpada.
5. Ligue uma segunda lâmpada em série com a primeira lâmpada que está ligada.

Resistência da segunda lâmpada

$$R = \Omega$$

5.a. Resistência equivalente do circuito:

$$R = \Omega$$

5.b. Corrente elétrica que atravessa o circuito com 2 lâmpadas:

$$i = A$$

6. Compare o brilho entre os circuitos com 1 lâmpada e com 2 lâmpadas.

### Associação de Resistores

7. Arraste uma lâmpada para a área de trabalho e calcule sua resistência.

$$R = \Omega$$

8. Arraste uma segunda lâmpada para a área de trabalho e calcule sua resistência.

**Obs.:** valor este diferente do primeiro.

$$R = \Omega$$

8.a. Associe as duas lâmpadas em série e calcule a resistência equivalente do circuito:

$$R = \Omega$$

8.b. Associe as duas lâmpadas em paralelo e calcule a resistência equivalente do circuito:

$$R = \Omega$$

9. Arraste uma terceira lâmpada para a área de trabalho e associe com as outras duas em série e em paralelo.

Resistência da terceira lâmpada:

$$R = \Omega$$

9.a. Resistência equivalente em série:

$$R = \Omega$$

9.b. Resistência equivalente em paralelo:

$$R = \Omega$$

**Usando o ohmímetro**

10. Arraste para a área de trabalho um ohmímetro e ligue-o ao circuito para verificar se você calculou certo a resistência equivalente no item 9.
11. Ligue o ohmímetro diretamente em uma única lâmpada. O que você percebeu?

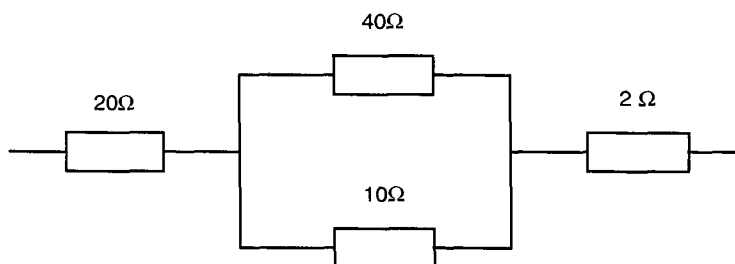
---

---

**Circuito Misto**

- 12 Monte e determine, através de cálculos, a resistência equivalente do circuito abaixo:

Req:



13. Insira o ohmímetro e verifique se seu cálculo estava certo.

Certo                  Errado

14. Ligue o circuito em uma fonte de alimentação de 6V.

15. Determine, através de cálculos e usando o amperímetro e o voltímetro:

15.a. Corrente que circula por cada resistor.

Resistor de $20\Omega$	$i =$
Resistor de $40\Omega$	$i =$
Resistor de $10\Omega$	$i =$
Resistor de $2\Omega$	$i =$

15.b. Queda de potencial em cada resistor.

Resistor de $20\Omega$	$U =$
Resistor de $40\Omega$	$U =$
Resistor de $10\Omega$	$U =$
Resistor de $2\Omega$	$U =$

Espaço reservado para cálculos:

### Roteiro de Internalização

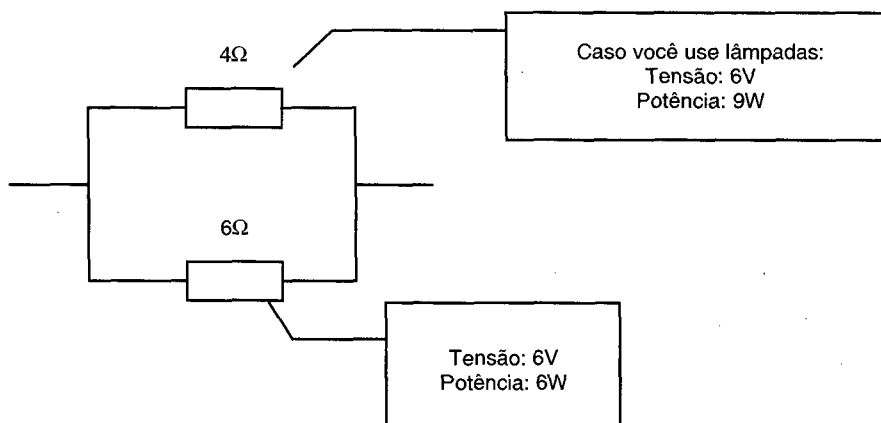
Este roteiro desenvolve duas atividades que têm a mesma forma da atividade que fechou o roteiro anterior. A idéia principal era internalizar todos os conceitos vistos até aqui. O primeiro exercício foi o mais simples, tanto na quantidade de elementos utilizados quanto na ligação entre eles.

Para permitir que o trabalho fosse feito de maneira mais rápida, os parâmetros foram predeterminados, pois as duas atividades eram mais extensas que as demais. Essa decisão também viria trazer maior rapidez no auxílio aos alunos e a interação sujeito/sujeito dos mais adiantados em relação aos mais atrasados seria favorecida.

Apresentamos abaixo o roteiro de Internalização:

### Circuito Misto

1. Monte o circuito abaixo: (você pode usar resistores ou lâmpadas)

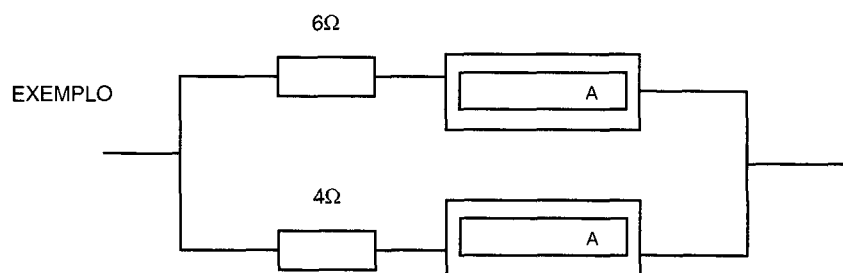


2. O valor da resistência equivalente para este circuito é: \_\_\_\_\_
3. Ligue o circuito a uma fonte de 6V
4. Ligue um amperímetro para verificar a corrente que está passando no circuito.  $i =$  \_\_\_\_\_
5. No quadro abaixo, mostre o cálculo que confirma a corrente lida pelo amperímetro:

6. Ligue um voltímetro sobre cada um dos dois resistores. **Obs.: O voltímetro é ligado em paralelo.**
7. O que você pode dizer a respeito da tensão que os alimenta?

\_\_\_\_\_

8. Ligue um amperímetro em cada um dos ramos do circuito.



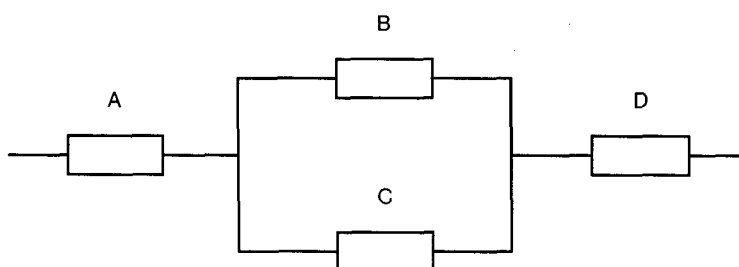
9. O que você pode dizer a respeito da corrente que passa em cada ramo?

---

10. No quadro abaixo, mostre o cálculo que confirma as correntes lidas pelos amperímetros nos respectivos ramos:

## Atividade 2

1. Monte o circuito abaixo: (use lâmpadas)



Resistência A:  $7\Omega$

Resistência B:  $10\Omega$

Resistência C:  $2,5\Omega$

Resistência D:  $1\Omega$

Fonte de alimentação:  $10V$



Como você já desenvolveu a atividade anterior, faça as ligações pedidas e apresente as respectivas leituras dos instrumentos.

1. Antes de ligar a fonte, tire, com o ohmímetro, a medida da resistência equivalente do circuito.  $R_{eq}$ : \_\_\_\_\_
2. Insira o amperímetro no circuito e determine a corrente total que o atravessa:  $i =$  \_\_\_\_\_
3. Coloque um voltímetro sob cada lâmpada e determine a queda de potencial sob cada uma:

$U_A$	
$U_B$	
$U_C$	
$U_D$	

4. Usando o amperímetro, determine as correntes abaixo:

$i_A$	
$i_B$	
$i_C$	
$i_D$	

5. No quadro abaixo, mostre os cálculos que confirmam os resultados obtidos pelos aparelhos.

a) Resistência equivalente entre B e C.	b) Resistência equivalente total do circuito	c) Corrente total
d) $U_A$	e) $U_B$	f) $U_C$
g) $U_D$	h) $i_A$	i) $i_B$
j) $i_C$  $P = U^2 / R$	k) $i_D$	l) Determine a potência total dissipada pelo circuito.

### Roteiro de Contextualização

A última atividade foi elaborada de modo a dar mais liberdade de criação aos alunos. Nos roteiros anteriores, a inserção de elementos foi administrada pela decisão do professor no momento em que os criava. Este roteiro não limitava o número de elementos a serem usados, bem como não ordenava sua disposição, apenas dirigia um estudo acerca de tudo que foi levantado nos momentos anteriores.

O único elemento que não fora usado até este momento era o interruptor, porém, pelo que foi observado na primeira aula, em que não havia roteiro, porque foi destinada à ambientação no simulador, a forma de usar essa peça não traria problema relevante ao desenvolvimento da atividade.

O exercício apresentava a vista superior de uma residência simples juntamente com um texto sugestivo a respeito do que deveria ser trabalhado e apenas definia um único parâmetro com intenção de posteriormente mostrar aos alunos que o projeto desenvolvido por qualquer um deles poderia, se houvesse recurso, disponibilidade e oportunidade, ser realizado na prática.

A concepção deste último roteiro visava dar oportunidade para a máxima expansão do aluno, que poderia revelar todo o seu potencial desde o trabalho de elaboração junto à máquina até a interação com os outros colegas. Acreditava-se que a forma aqui delineada poderia trazer uma motivação maior na busca de resultados, pois gerava curiosidade a respeito do que outros poderiam estar inventando, permitia decisões conjuntas, liberava o lado crítico de cada aluno, enfim, premiava a criatividade dos interessados.

Apresentamos abaixo o roteiro de contextualização:

### **Circuitos elétricos**

Você está sendo convidado a participar do processo de seleção para fazer a parte elétrica de uma casa com no mínimo 4 peças. Nesta casa, o proprietário deseja que em cada peça haja pelo menos uma lâmpada.

O combinado para que você seja contratado é que você monte uma maquete do que pretende fazer e que esta esteja funcionando adequadamente. A maquete deverá ser montada utilizando-se um *software* conhecido como EDISON.

Para que o contratante possa ver o resultado de seu trabalho, os valores de corrente e resistência de lâmpada, deverão ser 10 vezes menores que o valor real, portanto a alimentação desta maquete será feita com a fonte de 11V (a real alimentação de um circuito residencial você sabe que deve ser de 110V).

Seja criativo, lembre-se de que certas peças não precisam de tanta iluminação quanto outras e isso representa economia. Pense em como você vai fazer: em série ou em paralelo? Qual forma é mais apropriada? Você vai colocar lâmpadas para iluminação externa?

Não se esqueça de mostrar para cada lâmpada: as correntes que as atravessam, as tensões de alimentação, a potência dissipada, os interruptores, etc.

QUARTO	COZINHA
BANHEIRO	SALA

Use este espaço e o verso desta folha para desenhar seu projeto, mostrar os cálculos e os resultados solicitados.

### 3.5.3 Conteúdo Declarativo

Esse material constava de um conteúdo em eletrodinâmica impresso em 6 páginas, que serviria como apoio no momento das dúvidas, além de permitir que o aluno, em casa, pudesse rever ou antecipar o assunto tratado em aula. Esse material não trazia nenhuma informação sobre a manipulação do *software*, o que ocorria somente nas trocas verbais em aula.

Apesar de trazer todo o conteúdo necessário às aulas, esse material não foi usado pelo professor em nenhum momento, nem tampouco explicado seu conteúdo. O aluno tinha a opção de utilizá-lo durante as aulas ou não e a única referência feita sobre o material pelo professor ou até mesmo por alunos foi que certas dúvidas poderiam ser esclarecidas através da leitura de determinada parte dele.

Enfim, este capítulo dedicou-se a compor todo o universo que fez parte da pesquisa, mostrando quem eram os participantes, como era o ambiente, a organização do trabalho e o material disponibilizado, bem como as idéias e decisões que nortearam os objetivos propostos.

## **4 ANÁLISE DAS CONTRIBUIÇÕES DO USO DE UM SOFTWARE SIMULADOR PARA A APRENDIZAGEM DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO**

Este capítulo trará a análise dos dados colhidos no decorrer dos trabalhos separados em cinco tópicos a seguir:

- Considerações a respeito dos alunos
- Conceitos abordados
- Avaliação dos roteiros
- Uso da simulação
- Aspectos gerais

### **4.1 Considerações a respeito dos alunos**

Esta análise será dividida em duas partes. A primeira corresponde a uma avaliação de desempenho em função dos trabalhos desenvolvidos em sala, classificando os alunos por grupos conforme o grau de interação obtido na manipulação do *software* e transcrição dos dados obtidos para o papel. A segunda constrói a tipologia do aluno baseada nos dados da primeira, observações feitas pelo professor no decorrer do projeto e inclusão dos dados obtidos e também observados ao longo do ano letivo de 2001, quando das aulas fora do laboratório.

#### **4.1.1 Desempenho dos Alunos**

##### **Roteiros completos e incompletos**

O primeiro ponto abordado no programa diz respeito ao cumprimento dos roteiros. Esse levantamento traz uma visão ampla do andamento da turma como um todo, mas também dá um indício do desenvolvimento individual. Percebe-se que este quadro também sinaliza quanto à forma de construção dos roteiros, porém essa análise será feita em momento posterior.

O levantamento quantitativo deste quadro avalia a performance no que tange ao cumprimento das tarefas, mas não leva em conta detalhes como: o ponto atingido no caso dos roteiros incompletos, quantidade de erros e acertos e natureza dos erros. Observando este quadro, também se tem uma visão das presenças e faltas nos respectivos roteiros, bastando ver em qual deles nenhum dos dois campos está preenchido.

QUADRO 5 - DESEMPENHO GERAL POR ROTEIRO

ALUNOS	ROTEIRO DE INICIALIZAÇÃO		ROTEIRO DE ASSOCIAÇÃO		ROTEIRO DE INTERNALIZAÇÃO		ROTEIRO DE CONTEXTUALIZAÇÃO	
	Completo	Incompleto	Completo	Incompleto	Completo	Incompleto	Completo	Incompleto
1 Ari	X		X		X		X	
2 Cleber				X				X
3 Fábio		X				X		X
4 Fabrício		X				X	X	
5 Francis	X		X		X		X	
6 Gustavo	X		X			X	X	
7 Hermes	X		X			X	X	
8 João		X		X		X		X
9 Marcio	X		X		X		X	
10 Nilson		X	X		X		X	
11 Paulo	X		X		X		X	
12 Roberto		X	X			X	X	
13 Andressa		X		X		X	X	
14 Cristina		X		X	X		X	
15 Eliane		X	X				X	
16 Evelise	X		X		X		X	
17 Gisele	X		X				X	
18 Júlia		X		X		X	X	
19 Silvia		X	X			X	X	
20 Telma		X				X		X
TOTAL	8	12	12	8	7	13	16	4

FONTE: Pesquisa de campo

Esse quadro contém informações que ajudarão a criar um perfil individual de cada aluno e que vêm ao encontro do principal objetivo deste tópico. Inicialmente, observando esse quadro, montamos o quadro 6, que classifica os alunos a partir do que eles totalizaram ao longo do programa.

QUADRO 6 - ESTATÍSTICA DE CUMPRIMENTO DOS ROTEIROS POR GRUPO

TODOS OS ROTEIROS COMPLETOS	COMPLETOU MAIS DA METADE DOS ROTEIROS	COMPLETOU METADE DOS ROTEIROS	COMPLETOU MENOS DA METADE DOS ROTEIROS	NÃO COMPLETOU NENHUM ROTEIRO
Ari Francis Márcio Paulo Evelise	Gustavo Hermes Nilson Gisele	Roberto Cristina Silvia Eliane	Fabrcio Andressa Júlia	Cleber Fábio João Telma

FONTE: Pesquisa de campo

É importante ressaltar que o quadro acima não reflete quanto conhecimento os alunos desenvolveram, pois no caso dos roteiros incompletos não se tem idéia, até o momento, de quanto os alunos conseguiram cumprir das atividades propostas, mas confirmará por antecipação o aproveitamento dos alunos na aprendizagem mediada por computador, especificamente o simulador em questão.

### **Acertos e erros no roteiro de Inicialização**

Os roteiros de Inicialização, Associação e Internalização, quando analisados ponto a ponto, permitem uma construção mais encorpada do desempenho individual. Levando em conta esse aspecto, o quadro 7 traz um levantamento quantitativo (mostra as questões respondidas) e qualitativo (avalia o raciocínio) do roteiro de Inicialização mostrando a "performance" de cada aluno.

Esse roteiro tinha um total de 15 pontos a serem seguidos na sua construção, alguns dos quais descreviam procedimentos, como arrastar para a bancada um elemento ou efetuar uma ligação, e outros exigiam raciocínio lógico-matemático, como o cálculo de uma corrente elétrica, por exemplo, ou a interpretação de uma questão mediante observação, como perceber se o brilho da lâmpada aumentava ou diminuía. A numeração apresentada no quadro corresponde a questões que exigiam raciocínio.

QUADRO 7 - ACERTOS E ERROS NO ROTEIRO DE INICIALIZAÇÃO

ALUNOS	3	5A	5B	6	7A	7B	8	9	11	15	ERROS	NÃO CONCLUÍDOS
1 Ari	C	C	C	C	C	C	C	C	E	C	1	0
2 Cleber												
3 Fábio	C	C	E	C	C	C	-	-	-	-	1	4
4 Fabrício	C	C	C	C	C	C	E	-	-	-	1	3
5 Francis	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0	0
6 Gustavo	C	C	C	C	C	C	C	-	E	C	1	1
7 Hermes	C	C	C	C	C	C	C	C	E	C	1	0
8 João	C	C	E	C	C	E	C	-	-	-	2	3
9 Marcio	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0	0
10 Nilson	C	C	C	C	C	C	C	-	-	-	0	3
11 Paulo	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0	0
12 Roberto	C	C	C	C	C	C	C	-	-	-	0	3
13 Andressa	C	E	E	C	C	E	C	-	-	-	3	3
14 Cristina	C	C	C	C	C	C	C	E	-	-	1	2
15 Eliane	C	C	C	C	C	C	C	-	-	-	0	3
16 Evelise	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0	0
17 Gisele	C	C	C	C	C	C	C	E	E	C	2	0
18 Júlia	C	E	C	C	C	C	E	-	-	-	2	3
19 Sílvia	C	C	C	C	C	C	E	-	-	-	1	3
20 Telma	E	E	E	C	C	E	-	-	-	-	4	4
Total de acertos	18	16	15	19	19	16	15	6	4	8	-	-
Total de erros	1	3	4	0	0	3	3	2	4	0	-	-
Total de não concluídos	0	0	0	0	0	0	2	11	11	11	-	-

FONTE: Pesquisa de campo

NOTAS: C: resposta correta; E: resposta errada; -: questão não respondida

Os quadros em branco significam falta do aluno no dia da atividade.

Aqui já é possível perceber os seguintes detalhes, como: quais as questões que os alunos acertaram ou erraram, a quantidade de questões respondidas e pode-se ter uma visão exata a respeito do desempenho individual.

Nota-se que as questões que não foram respondidas são sempre as últimas, indicando que para esses alunos o tempo foi de alguma forma insuficiente, seja pela lentidão de alguns ou em função do dimensionamento de tempo para a atividade. Uma evidência é que a quantidade de erros apurados para as questões respondidas é bem menor que o número de acertos, salvo a aluna Telma, que cumpriu apenas metade do roteiro, errando a maioria das questões. Esse padrão de comportamento indica que houve interação professor/aluno e/ou aluno/aluno, pois, não havendo questões intermediárias em branco, significa que elas eram resolvidas uma a uma sucessivamente.



A observação do quadro 8 mostra que os dados obtidos já são um reflexo do quadro 6, pois, se somarmos os acertos e agruparmos os alunos em função das quantidades, perceberemos que a ordem terá pouca diferença entre eles.

QUADRO 8 - AGRUPAMENTO PELA QUANTIDADE DE ACERTOS

ENTRE 9 E 10	ENTRE 7 E 8	ENTRE 5 E 6	ENTRE 3 E 4	MENOS DE 3
Ari	Gustavo	Fábio	Andressa	Telma
Francis	Nilson	Fabrcício		Cleber <sup>(*)</sup>
Hermes	Roberto	João		
Márcio	Cristina	Júlia		
Paulo	Eliane	Silvia		
Evelise	Gisele			

FONTE: Pesquisa de campo

(\*) Não compareceu.

### Acertos e erros no roteiro de Associação

Faremos igual investigação no roteiro de associação, procurando separar os alunos também por grupos de acerto, como forma de compor o perfil de cada um no decorrer do trabalho.

A atividade proposta no roteiro de associação divide-se em duas fases. A primeira, denominada fase 1 (até o item número 6), busca uma internalização, pois propõe inicialmente atividades já desenvolvidas no roteiro 1. O desempenho nesta parte é visualizado no quadro 9 que, além de mostrar erros e acertos, também totaliza o número destes por aluno.

QUADRO 9 - ACERTOS E ERROS NO ROTEIRO DE INICIALIZAÇÃO, FASE: INTERNALIZAÇÃO DOS CONCEITOS TRABALHADOS NO PRIMEIRO ROTEIRO (QUESTÕES 3, 5A, 5B E 6)

QUESTÕES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	C	C			C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
5a	C	C			C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
5b	C	C			C	C	C	C	C	C	C	C	E	C	C	C	C	C	C	C
6	C	C			C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
TOTAL	4	4			4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4

FONTE: Pesquisa de campo

NOTA: C: resposta correta; E: resposta errada; -: questão não respondida

No primeiro quadro deste capítulo, o nome de cada aluno recebe uma numeração. Utiliza-se neste quadro 9, portanto, somente essa notação.

Em se tratando de uma atividade que não trazia novidade aos alunos, nota-se neste quadro uma uniformidade no seu cumprimento, representando bom nível de internalização em relação ao assunto tratado.

A contabilização de acertos na fase 2 do segundo roteiro é mostrada pelo quadro 10. Da mesma forma que o primeiro roteiro, os itens relacionados correspondem a questões de raciocínio lógico-matemático ou interpretação de texto (situação). Nesta fase ocorreu introdução de novos conceitos, gerando portanto um quadro que possibilite ver a performance por questão.

QUADRO 10 - ACERTOS E ERROS NO ROTEIRO DE ASSOCIAÇÃO, FASE: DESENVOLVIMENTO DE NOVOS CONCEITOS

ALUNOS	8A	8B	9A	9B	10	11	12	13	15A	15B	ERROS	NÃO CONCLUÍDAS
1 Ari	C	E	C	C	C	C	C	C	C	C	1	0
2 Cleber	C	C	C	C	C	C	-	-	-	-	0	4
3 Fábio												
4 Fabrício												
5 Francis	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0	0
6 Gustavo	C	C	C	C	C	C	C	C	E	C	1	0
7 Hermes	C	C	C	C	C	C	E	C	E	C	2	0
8 João	E	E	C	E	C	-	-	-	-	-	3	5
9 Marcio	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0	0
10 Nilson	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0	0
11 Paulo	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0	0
12 Roberto	C	C	C	C	C	C	E	C	E	C	2	0
13 Andressa	C	E	C	E	E	E	-	-	-	-	4	4
14 Cristina	C	C	C	C	C	C	-	-	-	-	0	4
15 Eliane	C	C	C	E	C	E	E	-	-	-	3	3
16 Evelise	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0	0
17 Gisele	C	C	C	C	C	C	C	C	E	E	2	0
18 Júlia	E	C	C	E	C	C	-	-	-	-	2	4
19 Sílvia	C	C	C	E	C	C	E	C	E	E	4	0
20 Telma												
Total de acertos	15	14	17	12	16	14	8	11	7	9	-	-
Total de erros	2	3	0	5	1	2	4	0	5	2	-	-
Não concluídas	0	0	0	0	0	1	5	6	6	6	-	-

FONTE: Pesquisa de campo

NOTA: C: resposta correta; E: resposta errada; -: questão não respondida.

Esse roteiro aponta para um fator já comentado no roteiro anterior, que é o fato de que não há questões intermediárias deixadas em branco, e reforça a idéia da interatividade entre os próprios alunos e o professor, de forma a dar linearidade à resolução das questões. Um outro ponto a ser levantado é o aumento sensível no número de respostas dadas às últimas questões, sinalizando para uma maior desenvoltura por parte dos alunos.

A observação do quadro 10 também gera uma classificação de aproveitamento por grupo, que corresponde ao quadro 11. Esse quadro contém elementos que contribuem na formação de um perfil individual do aluno.

QUADRO 11 - AGRUPAMENTO PELA QUANTIDADE DE ACERTOS

ENTRE 9 E 10	ENTRE 7 E 8	ENTRE 5 E 6	ENTRE 3 E 4	MENOS DE 3
Ari	Hermes	Cleber	Júlia	João
Francis	Roberto	Cristina	Eliane	Andressa
Gustavo	Gisele	Silvia		Fábio <sup>(*)</sup>
Márcio				Fabrício <sup>(*)</sup>
Nilson				Telma <sup>(*)</sup>
Paulo				
Evelin				

FONTE: Pesquisa de campo

(\*) Faltaram no dia da atividade

A comparação dos quadros 6 e 8 com o quadro 11 mostra, com pequenas diferenças, o desenho do grupo de trabalho, desde o grupo de melhor aproveitamento até o grupo de alunos de menor rendimento em todos os quadros. Percebe-se que a disposição se mantém, apontando para um dado já esperado: a interatividade sujeito/objeto para esta proposta específica tem seus extremos bem definidos.

### **Acertos e erros no roteiro de Internalização**

O roteiro de internalização difere dos anteriores por não trazer novidades. Dividimos a análise da desenvoltura dos alunos em duas fases, por existirem duas atividades propostas. As atividades basicamente propõem a mesma disposição de conteúdo, diferindo apenas no grau de complexidade.

A intervenção do professor a partir deste roteiro passa a ser menor, em certos casos este é mero observador. Aqui se espera que as propostas anteriores tenham obtido bom nível de compreensão e internalização por parte dos alunos, contribuindo no seu aumento de autonomia – almejada para última atividade –, pois esse dia fecha a orientação através do uso de um roteiro com caráter tutorial.

O quadro 12 mostra o andamento nas respostas dadas às questões que exigiam raciocínio na primeira atividade, totalizando o número de acertos de cada aluno e dando uma visão geral de desempenho.

QUADRO 12 - ACERTOS E ERROS NO ROTEIRO DE INTERNALIZAÇÃO, FASE 1: ATIVIDADE 1

QUESTÕES	ALUNOS																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2	C		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		C		C	C	C
4	C		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		C		C	C	C
5	C		C	C	C	E	C	E	C	C	C	C	C	C		C		C	C	-
7	C		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-	C		C		C	-	C
9	C		E	E	C	C	E	-	C	C	C	C	-	C		C		-	-	C
10	C		C	C	C	-	C	-	C	C	C	C	-	C		C		-	-	-
Total acertos	6		5	5	6	4	5	3	6	6	6	6	3	6		6		4	3	4
Total de erros	0		1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0		0		0	0	0
Não concluídos	0		0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	3	0		0		2	3	2

FONTE: Pesquisa de campo

No quadro 13, tem-se o levantamento de acertos e erros, bem como uma visão geral do andamento da atividade 2.

QUADRO 13 - ACERTOS E ERROS NO ROTEIRO DE INTERNALIZAÇÃO, FASE 2: ATIVIDADE 2

QUESTÕES	ALUNOS																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
12	C		C	-	C	-	-	-	C	C	C	-	-	C		C		-	-	C
13	C		C	-	C	-	-	-	C	C	C	-	-	C		C		-	-	-
14	C		-	-	C	-	-	-	C	C	C	-	-	C		C		-	-	C
15	C		-	-	C	-	-	-	C	C	C	-	-	C		C		-	-	-
16	C		-	-	C	-	-	-	C	C	C	-	-	C		C		-	-	-
Total acertos	5		2	0	5	0	0	0	5	5	5	0	0	5		5		0	0	2
Total erros	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0		0	0	0
Não concluídos	0		3	5	0	5	5	5	0	0	0	5	5	0		0		5	5	3

FONTE: Pesquisa de campo

Fazendo a totalização de acertos nos quadros 12 e 13, geramos o quadro 14, que terá novamente a função de agrupar os alunos por quantidade de acertos.

QUADRO 14 - AGRUPAMENTO POR QUANTIDADE DE ACERTOS (TOTALIZAÇÃO DOS QUADROS 12 E 13)

ENTRE 9 E 11	ENTRE 7 E 8	ENTRE 5 E 6	ENTRE 3 E 4	MENOS DE 3
Ari	Fábio	Fabrcio	Gustavo	Cleber(*)
Francis		Roberto	Hermes	Eliane(*)
Márcio		Telma	João	Gisele(*)
Nilson			Andressa	
Paulo			Silvia	
Cristina			Júlia	
Evelise				

FONTE: Pesquisa de campo

(\*) Faltaram à atividade do dia.

A observação desse quadro mostra que a uniformidade apresentada nos outros não se manteve, salvo o grupo que mais obteve acertos, que continuou praticamente o mesmo.

### **Desempenho no roteiro de Contextualização**

A última atividade, denominada roteiro de contextualização, corresponde à de maior grau de liberdade. A proposta dessa desta atividade não pode ser contabilizada por acertos e erros, mas pela quantidade de conceitos que se pretendia trabalhar é possível avaliar o seu cumprimento na íntegra ou não. Dentre todos os alunos, Cléber, Fábio, João e Telma foram os que apresentaram no papel, que foi a forma tomada como avaliação da atividade, os roteiros menos completos, não atendendo inteiramente os pontos sugeridos.

Esta atividade apresentou uma grande diversidade de representações, como era de se esperar, em função de ter sido estipulado somente um parâmetro na sua construção. Essas representações diferiam em disposição, quantidade de elementos utilizados, grau de complexidade e até mesmo em quantidades de situações mostradas pelos alunos. O critério de avaliação aqui adotado foi observar se todas

as metas solicitadas foram cumpridas. O quadro 15 mostra quais desses pontos foram apresentados pelos alunos.

QUADRO 15 - CUMPRIMENTO DE TAREFAS NO ÚLTIMO ROTEIRO

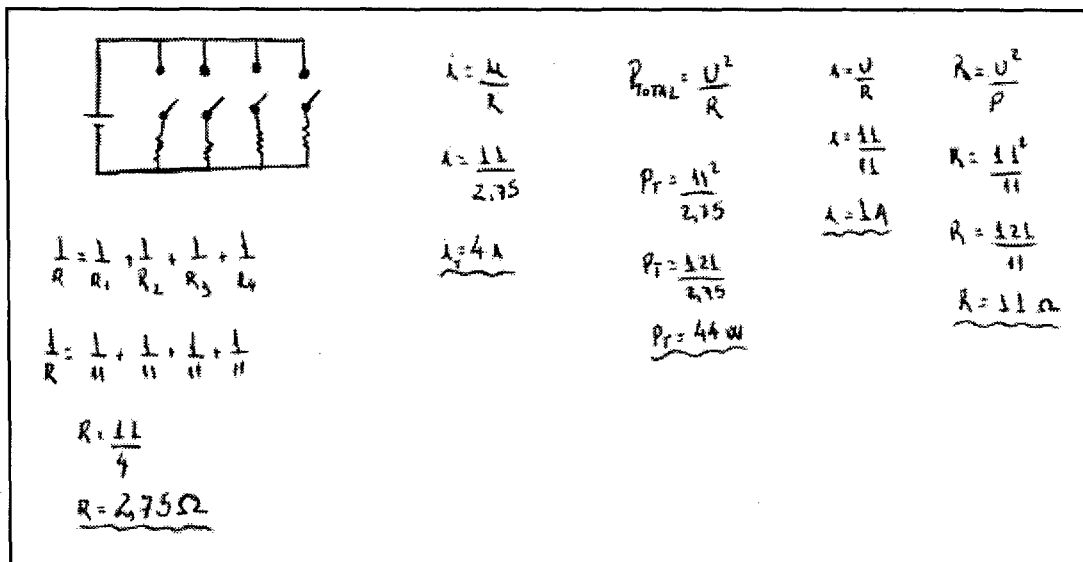
QUESTÕES	ALUNOS																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Desenho	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cálculos	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

FONTE: Pesquisa de campo

Para este roteiro faz-se importante mostrar parte dos trabalhos dos alunos como forma de visualizar as diferenças citadas acima e dar uma idéia de como ocorreu a resolução da atividade.

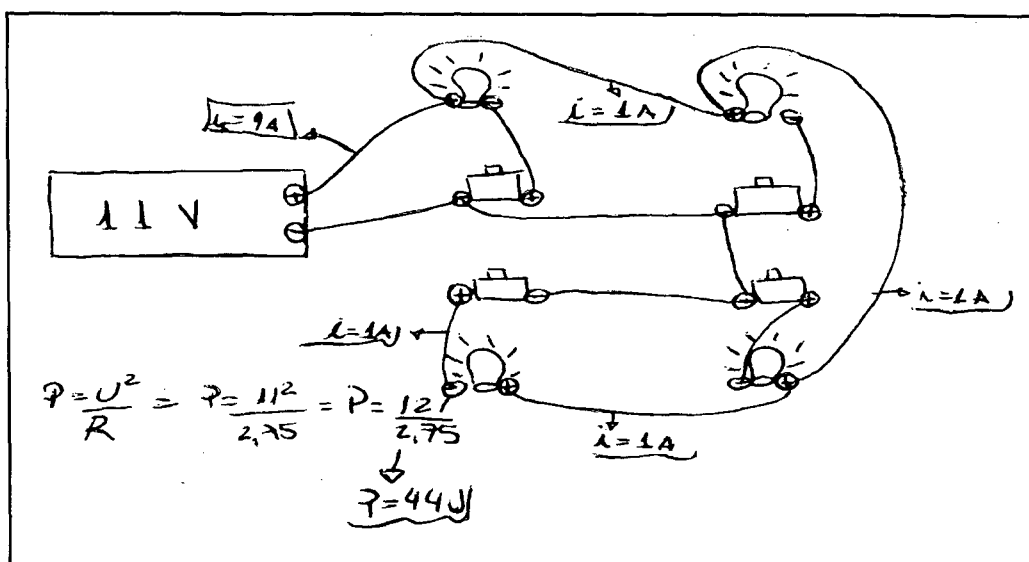
Abaixo, têm-se exemplos de circuitos e cálculos apresentados pelos alunos.

FIGURA 3 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE ARI



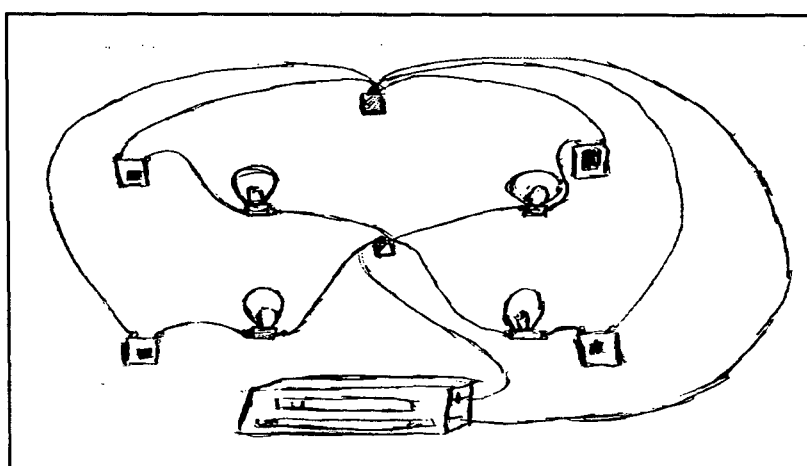
Nessa figura, vemos a representação do circuito em forma esquemática, onde fonte de energia, interruptores e lâmpadas são representados por símbolos. Os cálculos correspondem aos solicitados na atividade, não estão com identificação, porém são facilmente reconhecidos pelo professor.

FIGURA 4 - O CIRCUITO DE EVELISE



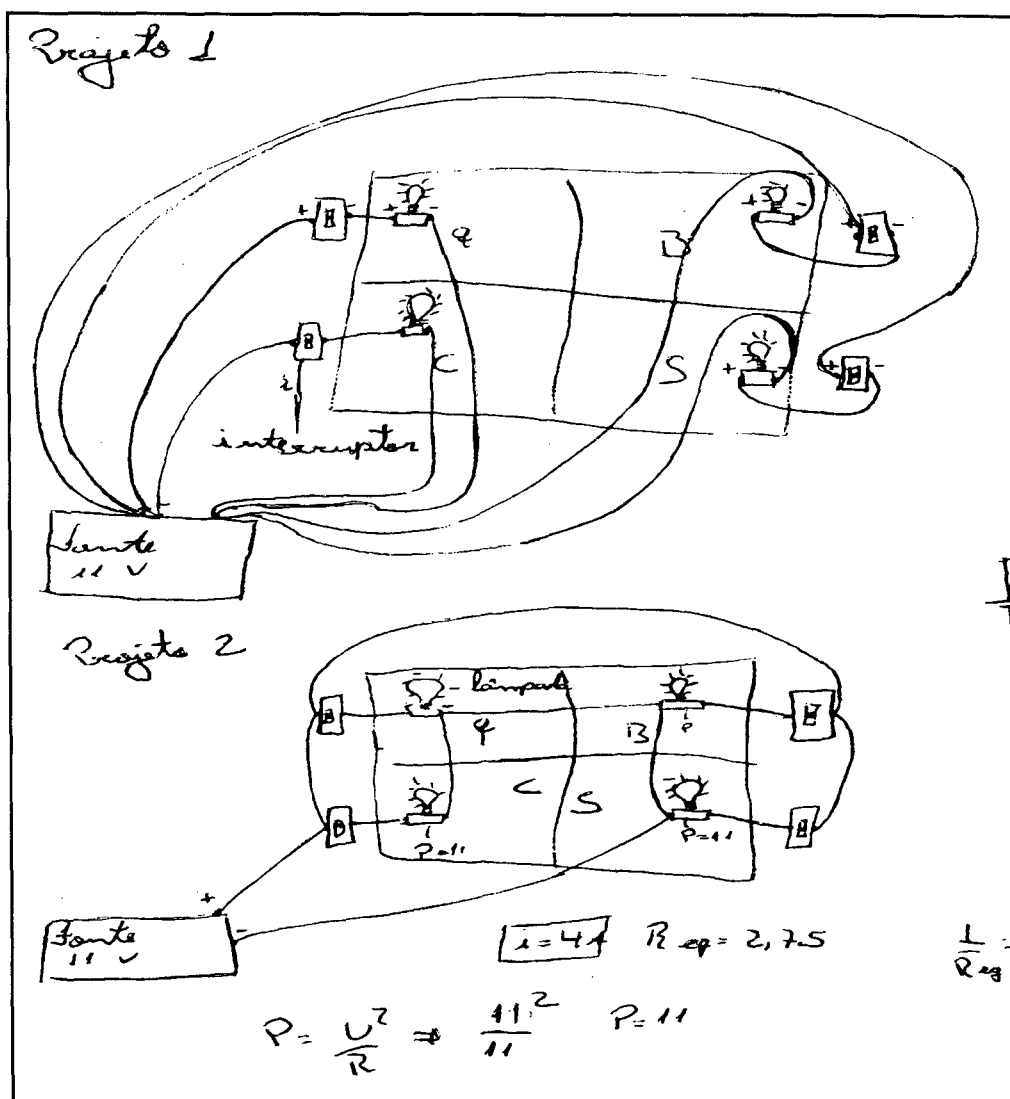
Nesse desenho, nota-se mais uma forma de dispor os elementos. Também é interessante observar que os valores de corrente estão indicados nos ramos do desenho, representando a quanto aquele respectivo pedaço estava submetido. O desenho também é um esboço fiel à representação do computador.

FIGURA 5 - O PROJETO DE JOÃO



Mais uma maneira diferente de representar o circuito. João utilizou-se de conectores para desenvolver a malha da instalação elétrica. Esse desenho também está correto, mas o trabalho de João é classificado como incompleto por não apresentar os cálculos solicitados.

FIGURA 6 - OS DOIS PROJETOS DE FRANCIS



As duas figuras são duas maneiras distintas de se representar o mesmo sistema. Em funcionamento, a medida das grandezas físicas envolvidas dá exatamente o mesmo valor. Importante observar que a forma de representação dos componentes difere do desenho anterior, que é um esboço fiel do que foi feito no computador.



FIGURA 7 - ORGANIZAÇÃO DOS CÁLCULOS DE CRISTINA

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{11} + \frac{1}{11} + \frac{1}{11} + \frac{1}{11} \Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{4}{11} \Rightarrow R = \frac{11}{4} = 2,75 \Omega$$

$$R_A = 11 \Omega \quad R_B = 11 \Omega \quad R_C = 11 \Omega \quad R_D = 11 \Omega$$

$$P_A = \frac{U^2}{R} = \frac{11^2}{11} = \frac{121}{11} = 11 \text{ w}$$

$$P_B = \frac{U^2}{R} = \frac{11^2}{11} = \frac{121}{11} = 11 \text{ w}$$

$$P_C = \frac{U^2}{R} = \frac{11^2}{11} = \frac{121}{11} = 11 \text{ w}$$

$$P_D = \frac{U^2}{R} = \frac{11^2}{11} = \frac{121}{11} = 11 \text{ w}$$

$$P_{\text{Total}} = \frac{U^2}{R} = \frac{11^2}{2,75} = \frac{121}{2,75} = 44 \text{ w}$$

$$U = R i_a \rightsquigarrow 11 = 11 i_a \rightsquigarrow i_a = 1A$$

$$U = R i_b \rightsquigarrow 11 = 11 i_b \rightsquigarrow i_b = 1A$$

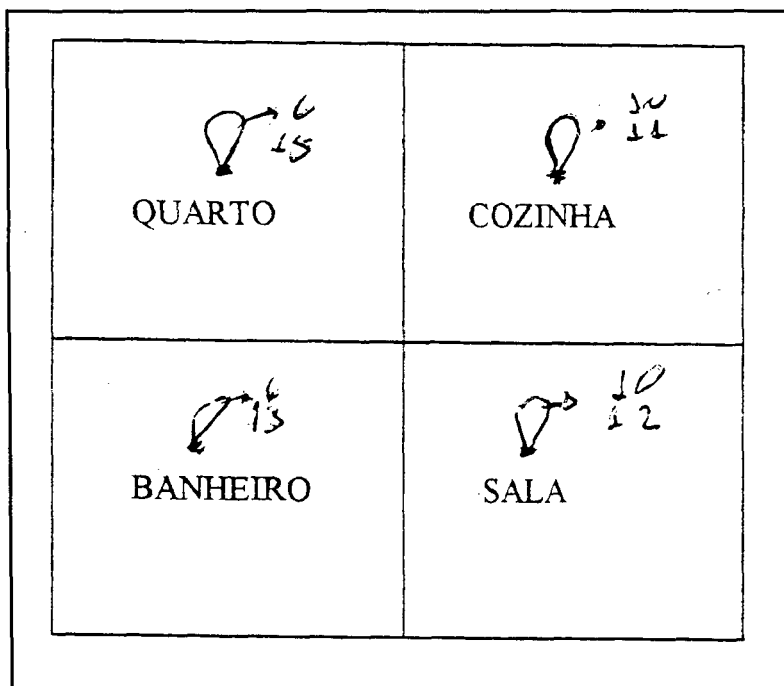
$$U = R i_c \rightsquigarrow 11 = 11 i_c \rightsquigarrow i_c = 1A$$

$$U = R i_d \rightsquigarrow 11 = 11 i_d \rightsquigarrow i_d = 1A$$

$$U = R_{\text{total}} \rightsquigarrow \frac{11}{2,75} \rightsquigarrow i_{\text{total}} \rightsquigarrow i = 4A.$$

Essa figura demonstra a forma organizada como Cristina apresenta os cálculos, tanto na disposição quanto na identificação das grandezas a serem calculadas. Observando essa figura e a figura 3, nota-se que os valores encontrados para as correntes são iguais, sugerindo que houve colaboração entre os alunos. Essa colaboração inclusive foi observada com maior frequência no laboratório do que na sala de aula comum.

FIGURA 8 - A ATIVIDADE DE FÁBIO



$$R = \frac{U^2}{P} \rightarrow R = \frac{11^2}{15} = \frac{121}{15} = 8,06 \Omega$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{8,06} + \frac{1}{8,06} + \frac{1}{8,06} + \frac{1}{8,06}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{4}{8,06} \Rightarrow R = \frac{8,06}{4} = 2,01 \Omega$$

$$i = \frac{U}{R} \Rightarrow i = \frac{4}{2,016} \quad | \quad i = 5,45 \text{ A}$$

$$P = \frac{U^2}{R} \Rightarrow P = \frac{121}{2,0167} \Rightarrow P = 59,83 \text{ W}$$

$$\Rightarrow \text{Energia} = P \times \Delta t$$

Aqui é interessante observar que Fábio não desenhou seu projeto no papel, mas na tela do computador, permitindo assim que seus cálculos fossem desenvolvidos corretamente. Sua atividade foi considerada incompleta pelo fato de a apresentação do desenho ser solicitada no papel.

#### 4.1.2 A Tipologia do Aluno

A observação dos dados obtidos na fase de avaliação de desempenho dos alunos (item 4.1.1), bem como sua participação nas aulas de laboratório, dão um perfil do aluno em relação ao uso de uma ferramenta tecnológica que é o computador, através da manipulação de um *software* de simulação. Aliando esse perfil ao tradicional construído ao longo deste ano letivo através das avaliações curriculares e também por observações em sala, destacamos quatro perfis em que os alunos podem se enquadrar.

É importante salientar que este quadro serve como referência, mas não expressa na íntegra a tipologia do aluno que corresponde a uma entidade bem mais complexa. Sabemos que quanto maior o universo de uma amostra, maior será o número de não conformidades tanto quanto maior for o número de elementos que estão na média. Sendo assim, alguns alunos devem se encaixar perfeitamente em um determinado perfil, enquanto outros apenas se aproximam.

Os perfis são mostrados no quadro 16 abaixo. É importante lembrar aqui que o termo aprendizagem mediada por computador corresponde a uma postura do professor diferente da postura que está relacionada à pedagogia tradicional, ou seja, o professor como facilitador do processo ou como figura central de referência tem grande importância no encaminhamento da aprendizagem que se quer mostrar nesse quadro:

QUADRO 16 - TIPOS DE PERFIL DOS ALUNOS

1	Aluno com facilidade de aprendizagem tanto pela pedagogia tradicional quanto pela mediada pelo computador.	Corresponde aos alunos que em nenhum momento encontraram dificuldades na manipulação e compreensão do <i>software</i> ou, quando encontraram, conseguiram contorná-las por esforço próprio em reinvestir na situação-problema, pela interação com o professor ou com os colegas. Esse tipo de aluno, quando participante de uma aula de estilo tradicional, também encontra facilidade em compreender e absorver os conteúdos propostos. Seus atos em atividades com alto grau de liberdade são praticamente autônomos.
2	Aluno com facilidade de aprendizagem pela pedagogia tradicional e dificuldade pela mediada pelo computador.	Aluno que encontra no professor o apoio e orientação necessária à construção de seus conhecimentos, porém, quando o professor diminui sua intervenção, sente-se deslocado e inseguro, não encontrando uma base firme para que dê novos passos. Em atividades que envolvam ou exijam maior autonomia do aluno, este se sentirá desamparado e pode ficar desmotivado ou atribuir eventuais falhas à falta de apoio do professor.
3	Aluno com dificuldade de aprendizagem pela pedagogia tradicional e facilidade pela mediada pelo computador.	Aluno que não consegue aprender quando assume uma postura passiva. Geralmente trabalha no plano concreto, não enxergando sentido nas formas abstratas, necessita manipular o objeto de estudo. A mediação da aprendizagem por computador para esse aluno é um ingrediente que vem suprir sua deficiência no plano de abstração ou firmar a base de construção desse plano. Para esse aluno, as inferências do professor só são significativas se este puder intervir diretamente com o objeto de estudo.
4	Aluno com dificuldade de aprendizagem tanto pela pedagogia tradicional quanto pela mediada pelo computador.	Aluno com dificuldade tanto no plano concreto quanto no plano abstrato. Não é receptivo à exposição formal de conteúdos mas também não possui autonomia para investir na construção de seu conhecimento. Esse perfil pode ter várias fontes, como uma deficiência na sua formação básica, dificuldade natural de aprendizagem, desinteresse pelo estudo em questão ou pela forma como este é conduzido, entre outras.

FONTE: Pesquisa de campo

O quadro 17 faz o enquadramento dos alunos conforme os perfis expostos acima. Reiteramos a idéia de que alguns alunos irão se encaixar naturalmente em um dos perfis e outros se enquadram aproximadamente:

QUADRO 17 - ENQUADRAMENTO NOS PERFIS

PERFIL 1	PERFIL 2	PERFIL 3	PERFIL 4
Ari	Cléber	Fabrcio	João
Francis	Fábio	Roberto	Andressa
Gustavo	Silvia	Cristina	Eliane
Hermes		Gisele	Júlia
Márcio			Telma.
Nilson			
Paulo			
Evelise			

FONTE: Pesquisa de campo

A oposição entre os perfis 2 e 3 é um fato de grande relevância e interesse. O quadro acima mostra que Gisele teve maior facilidade trabalhando assistida por computador do que Fábio, porém, quando submetidos à pedagogia tradicional, a situação se inverte. Esse fato já foi observado por Sandholtz (1997), quando faz comentários a respeito de certos alunos participantes do projeto ACOT.

## **4.2 Conceito Abordado**

Apesar de o título do tópico ser conceito abordado, não é sobre o conceito de eletrodinâmica que discutiremos, mas sim como ele foi abordado. Lembramos que o problema conceitual já foi tratado na introdução no capítulo 1, quando levantamos a problemática da pesquisa.

Alguns pontos aqui levantados encontrarão reforço no tópico que analisa a construção dos roteiros, pois, quando estes foram idealizados, imaginavam-se certos procedimentos por parte dos alunos e também levava-se em conta o conteúdo a ser trabalhado.

### **4.2.1 Falhas na Exposição de Conteúdos**

Quando se arrasta uma lâmpada para a bancada de trabalho, clica-se duas vezes sobre ela para abrir uma janela. Nessa janela são informados os valores de potência da lâmpada e de sua diferença de potencial (tensão).

O programa oferece também três tipos de fontes (alimentação do sistema): duas de valores fixos 1,5V e 4,5V e a terceira variável, entre 0 e 12V. A primeira atividade desenvolvida pelos alunos era ligar a lâmpada em uma fonte. Por problemas de dimensionamento correto para os elementos, o qual os alunos desconheciam, certas ligações estouravam as lâmpadas. Para se ter idéia do que isso significa, o problema aqui mencionado é o mesmo que ligar um aparelho que funciona em 110V numa rede que é de 220V.

Esse problema conceitual deveria ter sido previsto no roteiro de inicialização. A forma de contorná-lo no decorrer das aulas, principalmente a primeira, foi sugerir que os parâmetros de potência e tensão da lâmpada fossem alterados e, quando a lâmpada funcionasse, o aluno fizesse uma comparação entre os valores dimensionados para a fonte e a lâmpada de forma a contribuir em utilizações futuras.

A utilização do amperímetro e do voltímetro deveria ter ganho espaço na fase de internalização do roteiro de associação, pois sua utilização seria necessária no final desse mesmo roteiro. Sendo assim, o aluno que não terminou o primeiro roteiro pela falta desse conceito gastaria mais tempo para completar o segundo.

#### 4.2.2 O Consumo de Energia

Sendo energia nas suas várias formas um assunto atual e de relevância até mesmo no que tange à qualidade de vida dos indivíduos, deveria ter sido trabalhado formalmente dentro dos roteiros e não esporadicamente, como ocorreu quando das dúvidas de alunos, inserções oportunas em determinados momentos e sugestão a ser considerada no roteiro de contextualização. A discussão sobre energia poderia ter ganho corpo e profundidade no último roteiro, uma vez que este estava aberto à contextualização.

#### 4.2.3 Tipologia dos Erros

Nesta fase faremos um levantamento do tipo de problema a ser resolvido em cada questão e posteriormente avaliaremos onde se situam os erros cometidos pelos alunos. Esta fase apontará também um perfil dos erros cometidos pela turma, o que pode contribuir, no futuro, para um direcionamento no modo de exposição e trabalho dos conteúdos como forma de minimizar as deficiências encontradas.

## O tipo

Para cada roteiro será construído um quadro que irá mostrar a natureza do raciocínio exigido para sua resolução. A partir dos quadros, pode-se ver a maior incidência de erros cometidos.

QUADRO 18 - TIPO DE RACIOCÍNIO NO ROTEIRO DE INICIALIZAÇÃO

RACIOCÍNIO	3	5a	5b	6	7a	7b	8	9	11	15
Lógico-matemático	X	X	X		X	X				
Interpretação de texto				X			X	X	X	X

FONTE: Pesquisa de campo

No roteiro de inicialização, vemos claramente que 50% correspondem a questões que envolvem raciocínio lógico matemático e outros 50% tratam de interpretação de uma situação.

QUADRO 19 - TIPO DE RACIOCÍNIO NO ROTEIRO DE ASSOCIAÇÃO, PARTE DE INTERNALIZAÇÃO

RACIOCÍNIO	3	5a	5b	6
Lógico-matemático	X	X	X	
Interpretação de texto				X

FONTE: Pesquisa de campo

Nessa parte, predominam as questões cujo tipo de raciocínio é lógico-matemático com 75% contra 25% que envolvem interpretação de situação.

QUADRO 20 - TIPO DE RACIOCÍNIO NO ROTEIRO DE ASSOCIAÇÃO, PARTE DOS NOVOS CONCEITOS

RACIOCÍNIO	8a	8b	9a	9b	10	11	12	13	15a	15b
Lógico-matemático	X	X	X	X			X		X	X
Interpretação de texto					X	X		X		

FONTE: Pesquisa de campo

Nessa parte do roteiro de associação, vemos que 70% correspondem a questões que envolvem raciocínio lógico-matemático e outros 30% tratam de interpretação de uma situação.

QUADRO 21 - TIPO DE RACIOCÍNIO NO ROTEIRO DE INTERNALIZAÇÃO

RACIOCÍNIO	2	4	5	7	9	10	12	13	14	15	16
Lógico-matemático	X	X	X			X	X	X	X	X	X
Interpretação de texto				X	X						

FONTE: Pesquisa de campo

A predominância nesse roteiro são das questões cujo tipo de raciocínio é lógico-matemático com aproximadamente 82% contra 18% das questões que envolviam a interpretação de uma situação.

O quarto roteiro não pôde ser avaliado como os anteriores por não ter uma quantidade determinada de questões. Nesse roteiro, existem os dois tipos de raciocínio. Considera-se aqui que o mais importante nessa fase seria a interpretação da atividade e criatividade dos alunos, privilegiando, portanto, o raciocínio que envolva a interpretação do contexto.

### O que os alunos erraram?

Nessa fase, observamos os quadros 7, 9, 10, 12 e 13 para verificar onde os alunos erraram e classificar conforme o tipo do erro cometido. Nos quadros 22 e 23, a sigla LM corresponde ao raciocínio lógico-matemático e a sigla IT corresponde ao raciocínio que tratava de interpretação.

Inicialmente faremos um levantamento da quantidade de erros por roteiro para depois os englobarmos num quadro totalizador que trará um percentual geral e individual de erros.



QUADRO 22 - TIPO E QUANTIDADE DE ERROS POR ROTTEIRO

ALUNOS	ROTEIRO DE INICIALIZAÇÃO		ROTEIRO DE ASSOCIAÇÃO		ROTEIRO DE INTERNALIZAÇÃO		TOTAL	
	LM	IT	LM	IT	LM	IT	LM	IT
1 Ari	0	1	1	0	0	0	1	1
2 Cleber	-	-	3	1	-	-	3	1
3 Fábio	1	4	-	-	3	1	4	5
4 Fabrício	0	4	-	-	5	1	5	5
5 Francis	-	-	-	-	-	-	-	-
6 Gustavo	0	2	1	0	7	0	8	2
7 Hermes	0	1	2	0	5	1	7	2
8 João	2	3	6	2	7	1	15	6
9 Marcio	-	-	-	-	-	-	-	-
10 Nilson	0	3	-	-	-	-	0	3
11 Paulo	-	-	-	-	-	-	-	-
12 Roberto	0	3	2	0	5	0	7	3
13 Andressa	3	3	6	3	6	2	15	8
14 Cristina	0	3	3	1	-	-	3	4
15 Eliane	0	3	4	2	-	-	4	5
16 Evelise	-	-	-	-	-	-	-	-
17 Gisele	0	2	2	0	-	-	2	2
18 Júlia	1	4	5	1	6	1	12	6
19 Sílvia	0	4	4	0	6	2	10	6
20 Telma	4	4	-	-	7	0	11	4
TOTAL	11	44	39	10	57	9	107	63

FONTE: Pesquisa de campo

Esse levantamento, juntamente com o número total de questões e o tipo de raciocínio exigido por elas, irá gerar dados que mostrarão em que tipo de erros os alunos incidem.

As questões não respondidas nos roteiros são contadas como erros neste levantamento. As faltas às atividades fazem com que as questões do respectivo relatório não sejam contabilizadas, assim a proporção é considerada sempre em função do desenvolvimento em sala de aula.

QUADRO 23 - TOTALIZADOR DE ERROS GERAL E INDIVIDUAL

ALUNOS	TOTAL DE QUESTÕES	TOTAL LM	TOTAL IT	ERROS EM LM	ERROS EM IT	% DOS ERROS LM	% DOS ERROS IT
1 Ari	35	24	11	1	1	4, 1%	11, 1%
2 Cleber	14	10	4	3	1	30%	25%
3 Fábio	21	14	7	4	5	27, 5%	71, 4%
4 Fabrício	21	14	7	5	5	35, 7%	71, 4%
5 Francis	35	24	11	0	0	-	-
6 Gustavo	35	24	11	8	2	33, 3%	18, 2%
7 Hermes	35	24	11	7	2	29, 2%	18, 2%
8 João	35	24	11	15	6	62, 5%	54, 5%
9 Marcio	35	24	11	0	0	-	-
10 Nilson	35	24	11	0	3	-	27, 3%
11 Paulo	35	24	11	0	0	-	-
12 Roberto	35	24	11	7	3	29, 2%	27, 3%
13 Andressa	35	24	11	15	8	62, 5%	72, 3%
14 Cristina	35	24	11	3	4	12, 5%	36, 4%
15 Eliane	24	15	9	4	5	26, 7%	55, 6%
16 Evelise	35	24	11	0	0	-	-
17 Gisele	24	15	9	2	2	13, 3%	22, 2%
18 Júlia	35	24	11	12	6	50%	54, 5%
19 Sílvia	35	24	11	10	6	41, 2%	54, 5%
20 Telma	21	14	7	11	4	78, 6%	57, 1%
TOTAL	615	418	197	107	63	25, 6%	32%

FONTE: Pesquisa de campo

Aqui a representação percentual sintetiza bem o que se quer demonstrar, remetendo inclusive a dados que auxiliam a construção de perfil do tópico 4.1.2

Não houve, pelo que mostra esse quadro, grandes discrepâncias entre os erros matemáticos e os de interpretação. Os alunos que erraram menos mantiveram para os erros iguais patamares, bem como os que mais erraram também mantiveram a mesma proporção nos tipos de erro.

Um outro ponto que este quadro vem reforçar é o perfil do aluno abordado no tópico anterior no que tange à aprendizagem assistida por computador. A observação do percentual de erros concorda com o quadro 17 de enquadramento de perfis.

### 4.3 Avaliação dos Roteiros

Esta análise torna-se importante em função da observação em sala de aula de alguns aspectos, como tipos de dúvidas dos alunos em relação aos roteiros, uso do tempo, respostas às questões, disposição dos conteúdos, entre outros.

Dividiremos este estudo por roteiro, considerando que certas observações aplicadas a um determinado roteiro não cabem a outro. Percebe-se, em função desta avaliação de roteiros que ocorre após sua aplicação, que um trabalho que poderia ser desenvolvido no futuro e seria de grande relevância é um estudo que envolva construções de roteiros como forma de resgatar ao máximo as potencialidades do objeto e do aluno.

Um fator que fará parte da investigação de todos os roteiros é o tempo, portanto apresentamos aqui o quadro 24, que resgata parte do quadro 1 para ajudar a fazer a composição desse item de estudo.

QUADRO 24 - CONCLUSÃO DE ROTEIRO

	ROTEIRO DE INICIALIZAÇÃO		ROTEIRO DE ASSOCIAÇÃO		ROTEIRO DE INTERNALIZAÇÃO		ROTEIRO DE CONTEXTUALIZAÇÃO	
	Completo	Incompleto	Completo	Incompleto	Completo	Incompleto	Completo	Incompleto
TOTAL	8	11	12	5	7	10	16	4
PERCENTUAL	42,1%	57,9%	70,6%	29,4%	41,2%	58,8%	80%	20%

FONTE: Pesquisa de campo

NOTA: Entram na estatística somente os alunos presentes.

#### 4.3.1 O Roteiro de Inicialização

##### Uso de figuras

As análises já feitas até aqui mostraram que praticamente metade da turma encontrou dificuldade na aprendizagem mediada pelo uso do computador. Essa dificuldade poderia ser em relação à máquina em geral, ao *software* de trabalho ou a algum aspecto ligado à mudança na postura do professor.

Certas pretensões, principalmente neste roteiro que fazia a introdução do *software* como ferramenta auxiliar no processo de aprendizagem do sujeito, poderiam obter melhor efeito se fossem usadas figuras para auxiliar os alunos.

Essas figuras, quando estrategicamente colocadas, mostrando janelas abertas, aparelhos ligados ou outra representação qualquer, poderiam suprimir em vários casos a necessidade da presença do professor, acarretando em ganho de tempo para o aluno.

### **Cálculo de resistência e uso do ohmímetro**

O primeiro fato observado neste roteiro foi o comando para arrastar uma lâmpada para a área de trabalho e escrever sua resistência. Quando clicamos duas vezes sobre a lâmpada, abre-se uma janela que traz os valores de potência da lâmpada e sua tensão. A resistência elétrica não está explícita, mas deve ser calculada por uma expressão que envolve as duas grandezas que aparecem na janela.

Considerando que este roteiro tem caráter tutorial, essa expressão poderia ter aparecido no comando que solicitava o valor da resistência da lâmpada, ou a atividade poderia ter sido iniciada introduzindo o uso de um aparelho virtual disponibilizado pelo *software* chamado ohmímetro, que, uma vez ligado aos terminais da lâmpada, mostraria o valor de sua resistência.

Qualquer uma dessas medidas seria de grande valia, pois a determinação dessa resistência representou um gasto desnecessário de tempo, além de desorientar os alunos que tinham dificuldade na manipulação do programa e na interpretação de como ou por que esta grandeza, resistência elétrica, estava relacionada às outras da janela.

### **O uso do tempo**

No quadro 24, vemos que apenas 42,1% dos alunos conseguiram completar a atividade. Este é um indício de que sua programação era muito extensa. Um fato que reforça essa colocação é a observação do quadro 7, que mostra que as questões deixadas em branco são para praticamente todos os alunos as últimas, indicando uma possível falta de tempo.

Um atenuante que pode ser aqui usado é a observação, também no quadro 7, de que os alunos que não completaram a atividade são quase todos os que no quadro 17 pertencem aos perfis 2 e 4, ou seja, encontram dificuldades na aprendizagem mediada por computador, e assim o fator tempo fica comprometido com maior frequência.

### **O uso do amperímetro e do voltímetro**

Amperímetro e voltímetro são aparelhos destinados à medição de grandezas elétricas. Os conceitos trabalhados ao longo de todas as atividades seriam amparados, portanto, pelo conhecimento ou determinação desses valores. O primeiro roteiro contemplou o uso desses aparelhos, porém colocou-os nas questões finais. Os alunos que não concluíram essa tarefa não chegaram a manipulá-los, o que gerou maior dificuldade às questões que sugeriam ou exigiam seu uso nos roteiros posteriores.

Uma outra percepção é a idéia de que o primeiro roteiro ou pelo menos seu início, poderia ser dedicado ao uso de aparelhos de medida, sendo úteis em atividades futuras. No decorrer das atividades, percebeu-se que certos alunos teriam ganho muito tempo se soubessem manipulá-los facilmente ou em variadas condições.

Cumpra aqui declarar que se pensou na proposta colocada acima mas também acreditava-se que a introdução precoce dos aparelhos poderia fazer com que os alunos deixassem os cálculos necessários de lado, incorrendo em prejuízo na absorção do conteúdo proposto.

### **O que foi construtivo**

Observou-se que a disposição dos conteúdos obedecia a uma seqüência que aumentava paulatinamente o grau de dificuldade da tarefa. Esse foi um fator de grande contribuição, de forma que a conclusão de um item construía uma base para o investimento no próximo e assim por diante. Os alunos partiam de uma construção

mais simples e acrescentavam sistematicamente novos elementos ao circuito deixando-o mais complexo, no entanto não perdiam o foco, que era como ele funcionava e a relação entre as grandezas envolvidas.

Outro ponto apreciável foi a distribuição dos raciocínios nesta atividade. Dos 10 envolvidos, 5 contemplavam a lógica matemática e outros 5 exigiam interpretação das situações apresentadas. A educação em geral ainda segue uma linha que está inserida numa pedagogia que tende mais para o lado tradicionalista. Sendo assim, questões de raciocínio lógico-matemático sempre estão em evidência, questões de observação por muitas vezes exigem um contexto e, por natureza, têm menos incidência. Essa atividade privilegiou as duas formas de raciocínio. Ressalte-se que a introdução do *software* foi fundamental, pois criou o contexto necessário à observação e abriu espaço para a interpretação em função do que os alunos viam na tela e não tradicionalmente, quando escutam o professor ou lêem livros sobre o conteúdo, para depois registrarem suas observações que muitas vezes são apenas uma reprodução sem inclusão de um parecer construído.

O único ponto a lamentar é o fato de que grande parte das questões que envolviam a interpretação (8, 9, 11 e 15) estavam na parte final do roteiro. Dessa forma, os alunos que não o completaram resolveram praticamente somente questões de raciocínio lógico-matemático.

#### 4.3.2 O Roteiro de Associação

##### **O tempo**

O quadro 24 mostra que o tempo foi melhor aproveitado pelos alunos apontando 70,6% roteiros completos contra 42,1% do anterior. Esse aumento sugere que os alunos já estão mais ambientados ao programa e respondem mais rápido às propostas estabelecidas. É importante observar que a quantidade de

questões aumentou de 10 para 16, sendo 6 na fase de internalização e 10 envolvendo conceitos novos. Observa-se também que as duas últimas (15a e 15b) exigiam demanda maior de tempo na resolução.

A observação do quadro 10 mostra que foram justamente os alunos que encontram mais dificuldade na interação com o par *hardware/software* que não completaram o respectivo roteiro. Outro ponto observável é que as questões deixadas em branco são as do final. Nesse caso, a evidência maior é que o tempo para a conclusão era suficiente, porém os que encontraram maior dificuldade não foram capazes de controlá-lo.

### **A internalização**

Essa foi uma atividade rápida, mas necessária, pois visava consolidar o conhecimento e construir base para novas aquisições. As seis questões envolvidas buscavam resgatar o trabalho da atividade anterior e, pelo que se observa no quadro 9, o objetivo foi atingido.

A internalização só não atendeu a um ponto fundamental: a utilização de instrumentos de medida do final do roteiro anterior não foi contemplada nesta parte. Portanto, conclui-se que os alunos que não atingiram esse ponto continuaram descobertos em relação a esse conceito.

### **Tipo de raciocínio**

O raciocínio lógico-matemático sobressaiu-se muito neste roteiro, conferindo-lhe alto grau de automatização. Percebe-se também que as questões reflexivas que eram em número reduzido não privilegiaram os recursos do *software* que visualmente eram muitos.

Ex.: a introdução do ohmímetro ocorreu depois que os alunos tinham efetuado todas as associações de resistores e calculado o necessário para concluí-la. Esse

aparelho, dotado de um mostrador digital, teria a finalidade de informar visualmente o valor obtido com as associações.

Perdeu-se, neste caso que reflete mais de 50% do roteiro, uma grande oportunidade de conciliar a observação propiciada pelo programa de simulação com o desenvolvimento de cálculos que por sinal seriam confirmados por este. Acredita-se que este encaminhamento daria mais autonomia ao aluno que, tendo uma confirmação visual de seus procedimentos, iria recorrer ao professor somente nos momentos em que não encontrasse o esperado, outros talvez nem assim o fariam, pois, sabendo a que resultado deveriam chegar, reinvestiriam na questão de forma a solucioná-la.

### **Série e paralelo**

Esta parte envolvia basicamente raciocínio lógico-matemático e pode-se dizer que foi de cumprimento satisfatório por parte dos alunos. As questões que envolviam esse conteúdo (8a, 8b, 9a, 9b) na turma geraram 68 respostas (17 alunos presentes) e apenas 10 delas apresentavam erros, ou seja, 85,3% de acertos para um assunto desenvolvido pela primeira vez. Lembramos que a média geral de acertos para esse tipo de raciocínio na turma foi inferior a 75% (ver quadro 23, coluna: % de erros em LM).

Apesar do alto grau de aproveitamento nessas questões, percebe-se que o roteiro não foi adequado, pois nessa parte poderia ter associado a investigação visual de outro conceito que é potência e não o fez. A inclusão desse tipo de questão nessa parte traria ao roteiro raciocínios que exigiriam maior grau de reflexão, contextualização e apelo visual, que era por sinal o grande *feeling* do simulador. Vale lembrar que essa inclusão não deveria trazer prejuízo ao tempo previsto para a atividade, visto que a observação seria imediata, bastando a inclusão de um elemento que a promovesse.



## A determinação de parâmetros

Os itens 12 e 14 atribuíam parâmetros para a última fase da atividade 2 (compreendida desde o item 12 até o 15b). Essa medida visava fazer com que os alunos gastassem menos tempo para a sua realização e não chegassem também a cálculos matemáticos trabalhosos. Percebeu-se que alguns alunos encontraram dificuldade na seleção de um valor determinado de resistência por não saber articular os termos da equação. Isso representa um automatismo em que uma simples inversão de ordem desorienta esse tipo de aluno.

Quando o parâmetro não foi atribuído, toda seleção ficou por conta do aluno e um eventual erro era consertado alterando-o. Já para valores determinados de resistência a mudança no parâmetro devia ocorrer de forma que a resistência não sofresse alteração e isso era um conceito físico importante propiciado pelo simulador.

O que queremos dizer trocando por metáfora é que, se queremos chegar ao valor 40 através da multiplicação de dois números, existem infinitas possibilidades, como  $4 \times 10$  ou  $5 \times 8$  ou  $2,5 \times 16$ , etc., então, se a resistência tivesse de ser 40 ohms, deveríamos escolher os parâmetros de forma a não alterá-la.

É interessante salientar que a reprodução do efeito através do *software* era tão próxima da realidade que dois circuitos aparentemente idênticos, porém diferindo em um único parâmetro poderiam apresentar resultados visuais bem diferentes como um funcionar e outro queimar ou um brilhar muito e outro pouco. Um desenvolvimento que levasse a esse tipo de situação feito somente através de cálculo, muitas vezes não traria ao aluno esse tipo de conclusão por não saber avaliar resultados em função da quantidade numérica obtida.

A ocorrência desse tipo de situação é rica no processo de aprendizagem porque leva à indagação. Esclarecemos aqui que, quando da criação do roteiro, não se percebeu que poderia ocorrer esse tipo de situação.

### 4.3.3 O Roteiro de Internalização

#### **O tempo**

Dentre todas as atividades, a que mais demonstrou desajuste em relação ao tempo foi esta. Tem-se esse parecer pelo fato de certos alunos não a concluírem quando destes esperava-se o contrário. Observando o quadro 13, percebemos que dos 17 alunos presentes apenas 7 concluíram a atividade, sendo justamente aqueles que apresentaram maior desenvoltura no uso do *software*.

Considerando que esse roteiro apresentava duas atividades que exigiam mesmo tipo de raciocínio diferindo apenas em grau de complexidade, e que a primeira foi concluída por um número maior de alunos, pode-se inferir então que o fator tempo é o predominante. Acredita-se que, se houvesse tempo maior, mais atividades seriam concluídas, pois muitos dos alunos têm bom nível de compreensão, mas avançam num ritmo mais lento.

#### **Os parâmetros**

Fruto de uma observação relacionada ao roteiro anterior e já comentada inclusive neste roteiro, os parâmetros foram determinados, porém, para que os circuitos construídos pelos alunos não funcionassem de forma diferente, as resistências seriam obtidas partindo dos mesmos valores.

Lembramos que a inclusão de parâmetros tinha a intenção de dar agilidade em relação ao tempo, porém o efeito não foi o desejado.

#### **O tipo de raciocínio**

Esse roteiro possuía 11 questões mas apenas 2 exigiam maior grau de reflexão (7 e 9). As outras 9 questões tratavam de raciocínio quase que automático, em função

de uma seqüência lógica apresentada no decorrer do roteiro. Percebe-se que sua construção foi equivocada, não apresentando necessidade de aumentar o grau de dificuldade da mesma atividade já desenvolvida. Ela poderia estar apoiada em questões que fizessem o aluno refletir acerca dos conceitos trabalhados, provocando assim um reinvestimento por parte deste na construção de seu próprio conhecimento.

### **A interação**

Os números mostram que este foi o roteiro que menos trouxe interação ao aluno, pois a determinação de parâmetros não propiciou aquele momento em que eles argumentam entre eles ou com o professor sobre por que usar este ou aquele valor. Sabe-se também que questões reflexivas abrem caminho para discussões e troca de informações e o que vemos aqui é uma predominância quase que por completo de questões que exigiam raciocínio lógico-matemático.

Outro fator que pode ter contribuído para esse quadro é a repetição da atividade. Os alunos podem tê-la enxergado como algo chato e desmotivador. Dessa forma, seria natural perceber um certo grau de desinteresse aqui.

### **A internalização**

Esse roteiro foi dedicado à internalização, na intenção de fortalecer ou oferecer uma base sólida até o fechamento do programa. Uma vez que nos dois roteiros anteriores os conceitos trabalhados eram novos, este teria a missão de provocar o aprofundamento que ocorreu apenas em parte.

Em função da disposição e da forma de trabalhar os conteúdos, os alunos não foram levados a um grau satisfatório de exploração de suas próprias potencialidades. Percebeu-se também, em função disso, que o simulador prestou-se principalmente a um processo de repetição, que traz privilégios somente aos mais familiarizados com esse tipo de proposta. Tomemos como exemplo a questão 16,

que pedia a realização de 12 cálculos, deixando de lado toda a interatividade proporcionada pelo EDISON e sua vasta gama de recursos visuais.

Percebemos que a reflexão exigida para a realização destes cálculos é bem diferente da reflexão que procura responder a um estímulo visual, mostrando, portanto, a falha neste processo de internalização.

#### 4.3.4 O Roteiro de Contextualização

##### **O tempo**

Dentre todos os roteiros, este foi o melhor administrado em relação ao tempo: dos 20 alunos, 16 conseguiram concluí-lo. Esse aproveitamento em parte se deve à bagagem adquirida nos encontros anteriores, pois a atividade proposta não trazia novidades em relação ao conteúdo. A quantidade de raciocínios a serem desenvolvidos era variável conforme a construção do aluno, porém não eram menores que outros roteiros, confirmando, então, que o dimensionamento do tempo estava apropriado.

##### **O Raciocínio**

Esse roteiro exigia um planejamento por parte do aluno dando, portanto, grande ênfase às questões reflexivas. A leitura da proposta que pode ser vista no capítulo 3 mostra o que deve ser feito, mas abre caminho à criatividade, pois deu-se ao aluno a liberdade para ousar, e toda a simplicidade ou complexidade seria fruto de sua construção mental.

Os raciocínios ligados a cálculos matemáticos fariam a confirmação da estrutura planejada, de forma que os valores obtidos indicariam ao próprio aluno se o projeto estava de acordo com suas aspirações.

Outro indicativo que confirma a intenção do aluno é a disposição visual através do brilho das lâmpadas, fios de ligação, indicação de aparelhos, pois qualquer falha de construção remete a uma reflexão sobre o que deve ser feito para repará-la.

### **O contexto**

Apesar de toda a proposta desenvolvida no *software* fazer parte de uma situação semivivencial e, portanto, não corresponder a uma situação contextualizada, podemos dizer também que está muito próxima a um contexto, pois todos os elementos estão aqui representados, os valores simulados correspondem a valores reais e a atividade está inserida numa situação-problema, faltando apenas o objeto real a ser manipulado.

Percebe-se que a situação foi bem internalizada por vários alunos, pois era desejável ou esperado que ocorressem construções centradas no que foi desenvolvido em sala de aula. Encontraram-se, no entanto, várias construções que representavam realmente circuitos simples residenciais e até mesmo uma mais complexa, sugerindo que alguns já tinham subido no telhado ou aberto o quadro de distribuição e atentado para essa disposição.

É importante notar, neste caso, a versatilidade do simulador, que não trabalhava com estruturas rígidas e pré-programadas, objetivando assim que o modelo mental do aluno fosse posto em prática e não o do professor, propiciando, dessa forma, que este mostrasse o seu contexto em relação à proposta.

### **A interação**

Certamente essa atividade foi a mais interativa entre todas, não só pela sua proposta, mas porque a liberdade de construção permitia que os alunos trocassem informações e até mesmo realizassem construções em conjunto, como foi observado em sala e em certos roteiros.

Considerando que não havia rigidez no desenvolvimento, a interação sujeito/objeto ganhou um ingrediente especial que foi a experimentação, como por exemplo:

O aluno Gustavo escreveu em seu roteiro que uma garagem era composta de duas lâmpadas e um ventilador, na verdade confundindo ou imaginando ser assim, pois o elemento em questão era um motor. Percebe-se que ele explorava os recursos do programa, a fim de encontrar elementos que servissem ao seu propósito.

Andressa, por exemplo, irritou-se por ligar o mesmo motor a um osciloscópio e não conseguir fazê-lo funcionar. Quando se perguntou qual era sua intenção, a resposta foi imediata: "Testar".

#### **4.4 O Uso da Simulação**

Nesta parte, faremos uma análise do tipo de contribuição trazida pelo *software* e observada em sala de aula. Essa contribuição é considerada a partir das observações do professor e interpretação de situações vividas pelos alunos.

##### **4.4.1 Sem o Ônus do Erro**

As atividades programadas eram em número de 4 (4 roteiros), mas, como já comentado, ocorreram 5. Considera-se que o primeiro momento dos alunos com o simulador lhes trouxe um enorme ganho, internalizado em maior grau por uns e em menor grau por outros.

Esse primeiro encontro correspondeu a um momento em que se disse aos alunos: "Este é um simulador em eletrodinâmica, mexam, liguem o que quiserem e vejam bem o que vai acontecer". A intenção, com essa medida, era que eles não tivessem que descobrir o que fazer ou como manipular somente quando estivessem com o roteiro em mãos. Nesta oportunidade, aconteceu exatamente o que foi imaginado pelo professor: uns ligariam elementos sem se importar com o significado da operação como, por exemplo, ligar uma fonte de tensão em uma pilha ou reconhecer certos elementos e tentar criar uma situação imaginada ou até mesmo já vivida.

O que a grande maioria dos alunos percebeu e levou para momentos posteriores foi a possibilidade de errar sem que isso acarretasse em ônus. Situações vistas em primeiro momento repetiam-se nos seguintes e o aluno apenas precisava usar a função reparar disponibilizada pelo *software*. Se em função de uma ligação um elemento queimasse, conforme a sinalização visual e/ou sonora obtida, o procedimento era clicar duas vezes sobre o elemento, alterar parâmetros e dar o comando de reparo para ver se o erro foi revertido. É importante salientar que em muitos momentos essa operação não obtinha sucesso, pois o erro estava na construção e, dessa forma, era necessário encontrar uma nova maneira de efetuar-la.

O aluno que percebeu essa possibilidade só recorria ao professor após esgotar todas as suas idéias de como criar a situação desejada, pois em primeiro lugar explorava toda a situação sem o ônus do erro. Em muitos diálogos sobre como determinado aluno chegou a certa construção, a resposta era basicamente: "Eu fui mexendo até que deu". Lembramos que, em se tratando de eletrodinâmica ou até mesmo estendendo a qualquer outra parte da Física, em um laboratório presencial geralmente não dá para ir mexendo até conseguir o que se deseja, pois isso acarretaria em prejuízo ou dano à integridade física do aluno.

Uma fonte de energia em curto-circuito no EDISON tem um custo de 15 segundos, tempo necessário para alterar parâmetros e dar o comando reparar. Uma fonte de energia em curto-circuito num laboratório comum custa alguns reais ou dólares, se o material for importado. A resposta dada pelas duas, seja a fonte real ou a virtual, é exatamente a mesma, se estiverem submetidas aos mesmos elementos e parâmetros.

Abaixo, têm-se algumas situações observadas no decorrer das aulas e que expressam a situação descrita acima.

- Andressa perguntou se o multímetro era um rádio.
- Nilson ligou duas lâmpadas em paralelo, mas não soube responder que tipo de ligação era ao ser perguntado.
- Andressa e Evelise tentaram várias vezes ligar um motor em um osciloscópio sem sucesso. Pensavam que era um ventilador.

- Paulo, ao queimar a fonte, opinou que foi um curto pelo fato de o fio ficar vermelho.
- Hermes e Ari competiam para ver quem queimava maior quantidade de aparelhos em menos tempo.
- Francis usava com perícia interruptores nas suas construções.

#### 4.4.2 O Tempo e a Logística

Como todos os elementos fazem parte de um banco de dados do simulador, pode-se dizer que estão ao alcance de um *mouse*, ou seja, estamos falando em não precisar se deslocar de bancadas para armários economizando tempo e dinamizando a logística. Se pensarmos ainda que entre a conclusão de uma atividade e o início de outra existe a necessidade de desfazer as conexões e apoiar logisticamente a nova situação, no simulador o trabalho é entrar na janela arquivo e dar o comando novo e estamos prontos para experimentar novamente.

### 4.5 Aspectos Gerais

Este tópico fará o fechamento dessa fase de análise, trazendo uma reflexão em torno dos resultados obtidos pelo grupo. Essa observação mostrará como foi a simulação vista pelo terceiro ano noturno. A composição dessa análise é dada pela soma dos desempenhos individuais. Vale lembrar que às vezes um valor médio não traduz um resultado; assim, nestes momentos é importante considerar onde os resultados se concentram e verificar o porquê de sua incidência.

#### 4.5.1 O Desempenho do Grupo

Apoiamo-nos na tipologia do aluno para compor uma análise que reflita o que encontramos no decorrer do programa. O que nos interessa na prática é saber como o simulador contribuiu para que aluno construísse seu conhecimento. Dessa forma,



em relação ao *software*, podemos considerar que os perfis 1 e 3 participam de um conjunto e os perfis 2 e 4 de outro. Os alunos que se encontram no primeiro conjunto citado (60% da turma) correspondem aos que tiveram maior facilidade em frente ao simulador e o segundo conjunto (40%) encontrou mais dificuldades.

É importante observar que esse levantamento não reflete um meio-termo, sendo importante lembrar que o uso do *software* não representa encaminhar o aluno para uma completa desenvoltura ou seu oposto, mas sim se apresentar como mais um caminho pelo qual se pode conduzir o processo de aprendizagem, sendo mais ou menos aproveitado conforme o interesse e esforço do aluno e competência do professor para instigá-lo.

#### 4.5.2 As Atividades

Fazemos aqui uma leitura do conteúdo ministrado, apoiando-nos no desempenho observado nos roteiros através dos pontos levantados quando da construção dos mesmos e da observação de raciocínios.

A última linha do quadro 23 totaliza a quantidade de erros cometidos pelos alunos, dividindo os raciocínios.

Total de questões	615
Total LM	418
Total IT	197
Erros em LM	107
Erros em IT	63
% dos erros LM	25,6%
% dos erros IT	32%
TOTAL GERAL DE ACERTOS	72,4%

Observando os valores percentuais, o primeiro (25,6%) vem a ser o percentual em erros nas três atividades envolvendo o raciocínio lógico-matemático. Esse número mostra que os alunos acertavam 3 a cada 4 raciocínios desenvolvidos,

sendo esse número agravado pela quantidade de questões não resolvidas no roteiro de Internalização e já comentadas. O valor representado (32%) corresponde ao percentual de erros nas questões que exigiam interpretação de uma situação apresentada. Esse valor também poderia ter sido menor, pois, no roteiro 1, a grande maioria das questões não resolvidas eram desse tipo.

Vê-se nos números que 72,4% do programa corresponde a acertos, pois de um total de 615 questões a que os alunos foram submetidos 445 tinham resposta certa. É claro que isso não expressa o real aproveitamento da turma em relação às atividades, mas também não deixa de ser um indício de como foi seu comportamento.

Nesses números não entra a atividade 4, por justamente não se poder contabilizá-la assim, porém todo o trabalho desenvolvido até se chegar a ela tem agora um reflexo direto em função de que exigiria a aplicação de todo o conhecimento já adquirido. A observação da conclusão dessa atividade mostrou que 16 alunos a completaram de forma satisfatória, sendo que os 4 não completos mesmo assim ainda apresentavam considerações significativas, o que vem demonstrar que as atividades propostas atingiram seu propósito.

Reconhece-se aqui que, por falta de uma maior experiência na construção de roteiros, certos pontos poderiam ser melhores aproveitados, como o tempo, a distribuição de raciocínios e a utilização profunda dos apelos visuais do simulador. Certamente uma melhor leitura desses fatores contribuiria em muito no aproveitamento das atividades. Vale lembrar que o reconhecimento dos aspectos que tornaram frágeis ou que influenciaram os resultados obtidos no decorrer das atividades mostra-se de grande valia em investidas futuras.

Quanto às atividades propostas, consideramos, em função do que os alunos apresentaram, que a atividade 3 poderia ter recebido um dimensionamento bem diferente do proposto, privilegiando mais o lado reflexivo do aluno e menos o mecânico, abrindo assim mais espaço para a dinâmica visual do *software* que com certeza correspondia ao maior apelo à sua investigação.

A atividade 4 mostrou que os alunos têm grande interesse em exercícios que explorem seu conhecimento não de forma sistemática, mas sim livre, oportunizando-lhes assim expor suas idéias e criar um ambiente conforme sua visão a respeito do objeto ou situação tratada.

#### 4.5.3 O Simulador

O *software* EDISON mostrou-se de fácil manuseio em função principalmente da forma como disponibilizava os elementos e a maneira de ligá-los. A resposta visual de simulação é igual à prática, salvo os aspectos considerados a partir do tato quando se manipula um objeto virtual e um real. Visualmente tem boa apresentação, a qualidade visual das figuras é satisfatória, bem como as informações relativas a elas são de fácil acesso. Como já comentado quando do uso da simulação, o principal fator observado em relação ao uso do simulador é a possibilidade de errar sem incorrer em ônus, detalhe internalizado e aproveitado por boa parte dos alunos.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA A CONTINUIDADE DO ESTUDO**

### **5.1 Conclusões Finais**

Seguindo a análise dos resultados e considerando aquilo que chamamos de contribuições na aprendizagem, que foram estabelecidos no objetivo deste trabalho, passamos a fazer algumas interpretações que entendemos não serem conclusões definitivas, pela complexidade do tema pesquisado.

Primeiramente, percebemos, por meio de estudiosos como Rego (2001), Goulart (2000), Moretto (2000) e outros, que cientificamente se comprovou ser possível modificar as estruturas mentais do aluno. Através de situações que provoquem um desequilíbrio de informações, este desencadeará o processo cognitivo que dará a condição para o aluno interagir e, em função disso, se reestruturará intelectualmente, construindo, assim, estruturas que resultarão na aquisição do conhecimento, ou seja, estará exercitando a aprendizagem.

A dificuldade para se relacionar o conhecimento de Ciências, especialmente da Física, na escola tradicional, leva à busca de novos métodos e utilização de novas ferramentas que tornem a aprendizagem mais agradável e eficiente, relacionando sempre que possível essa tecnologia com a realidade vivenciada e por tantas vezes não percebida pelo aluno.

Estas são questões pelas quais defendemos uma aprendizagem que seja direcionada pelo método experimental informatizado, a aprendizagem por descoberta: levar para a sala de aula uma abordagem construtivista que provoque o aluno, traga interesse e vontade de interagir em situações que lhe dêem condições de substituir seu próprio saber. Para tanto existe a necessidade de mudar os métodos educativos para transmitir (trabalhar) o conhecimento em menos tempo, sem sacrificar nem a amplitude nem a profundidade e muito menos a qualidade de ensino.

Dessa forma, o uso do computador como instrumento auxiliar de aprendizagem no ensino de Física e o apoio prestado pelo professor fornecem aos alunos uma nova perspectiva para o processo de ensino/aprendizagem.

A crescente presença de computadores nas escolas, principalmente na rede privada, torna necessário o uso de programas voltados para um ensino mais ativo e participativo pelo aluno. Todavia, o computador como novo recurso de aprendizagem não deve repetir a mesma situação já tradicional de sala de aula. Devemos utilizá-lo de forma a termos um ensino do qual o aluno seja um agente ativo. O contato dos alunos com a tecnologia é importante, porém não basta, é necessário também que eles aprendam a pensar e se exprimir com clareza e objetividade.

O uso de aplicativos, tais quais o usado neste trabalho, constitui-se em um desafio e estímulo ao autocrescimento do aluno e do professor, buscando a abstração e reflexão no processo ensino/aprendizagem de Física, características estas não existentes no meio tradicional.

O ensino tradicional, utilizando-se o computador como instrumento didático, não precisa ser abolido. O computador deve ser considerado como ferramenta auxiliar do processo, sendo que seu uso exclusivo não é recomendado, pois, além de o aluno deter informações, ler e escutar, ele precisa refletir, discutir e aplicar conhecimentos, logo deve ser associado a outros procedimentos de ensino.

Quando comparado à sala de aula tradicional, o ambiente em que trabalhamos atribuiu mais responsabilidade aos alunos em razão de sua própria aprendizagem. Esse tipo de responsabilidade fez com que alguns alunos se sentissem frustrados e pouco à vontade, especialmente por estarem acostumados com um professor que na maioria das vezes lhes "transmite conhecimento".

Para os alunos que se familiarizaram bem com a nova situação, a responsabilidade adicional revelou uma liberdade de exploração individual, de trabalho prático e reflexão. Assim que os alunos superaram o seu desconforto inicial, começaram a perceber o valor da aprendizagem construtivista e conseqüentemente,

nos momentos posteriores, promoveram toda a gama de interações desejáveis professor/aluno, aluno/aluno e aluno/objeto.

Podemos dizer que o uso do *software* de simulação no ensino de Física (em especial a Eletrodinâmica), em maior ou menor grau, dependendo do enfoque dado ao conteúdo e a própria interação ocorrida, teve um ganho significativo no que tange à movimentação do aluno para desenvolver a proposta.

Ainda que o simulador seja uma mediação entre o aluno e o conteúdo, ele não tem autonomia para se adaptar às transformações das necessidades dos alunos. Por isso a mediação do professor e dos roteiros se faz primordial, pois estes são os condutores do processo.

Perceberam-se grandes avanços pedagógicos na relação entre professor e aluno, que se tornou mais próxima, mais aberta, mais participativa, colaborativa e multidirecional. Porém, diríamos que o ambiente, o uso do computador e a simulação interferiram decisivamente nas mudanças educacionais. Ressalta-se que as tecnologias de comunicação, embora fundamentais no processo de ensino e aprendizagem, não mudam necessariamente por si só a relação pedagógica.

Encontraram-se mudanças na forma de aprender. Observamos que esta é mais instigante e prazerosa quando não está centrada num processo de repetição e passividade por uma das partes. Observamos que o aluno de posse de uma ferramenta instigante só procura orientação após esgotar todas as suas possibilidades de encontrar a solução.

Neste novo ambiente (montagem de situações, determinação de parâmetros, indicação visual para confirmar os raciocínios, etc.) com tarefas e encaminhamentos tão diferentes da sala de aula comum, pode-se ampliar a visão dos fenômenos estudados pelos alunos e isto ocasionou avanços no campo da relação sujeito e conhecimento.

Observaram-se também avanços no processo de ensino e aprendizagem com o uso dos roteiros. Essa ferramenta viabilizou uma nova relação professor/aluno no processo de aprendizagem, pois mostrou-se mais interativa e mais colaborativa

porque o professor só interferia no processo caso fosse solicitado pelo aluno ou quando percebia algo relevante a ser ponderado.

Notamos que para certos alunos o processo de aprendizagem apresentou características de auto-aprendizado, à medida que este avançava no conteúdo por conta de seu discernimento e havia a troca franca de idéias e experiências com o professor, criando assim base própria para novas investidas.

Com relação à postura dos estudantes, os avanços foram progressivos e poderíamos dizer que o ambiente, o uso da simulação e a postura diferente do professor foi fundamental para essas mudanças. O ambiente mais livre, que não se entenda "solto" de qualquer compromisso, mas interativo e participativo, é decisivo para o crescimento e desenvolvimento cognitivo, emocional, pessoal e grupai do aluno.

O professor, como já comentamos, assumiu uma nova postura, pode-se dizer que de forma natural, apesar de saber da necessidade dessa mudança. O próprio ritmo dinâmico das aulas provocava de maneira semiconscente tal mudança, a ponto de o próprio professor refletir em vários momentos sobre ela, porém em menor escala se comparada ao aluno.

Nota-se que o professor, neste processo, para boa parte dos alunos tornou-se um conselheiro educacional, pois na maioria das vezes que solicitado não precisava usar de uma postura diretiva, mas sim apelava para a reflexão em função do que o aluno havia construído.

É importante lembrar, nesse sentido, que o uso do computador não substitui o professor, apenas redimensiona sua postura e função no cenário escolar e educacional, pois a sua forma de trabalho e de levar a turma não reside no uso da rede eletrônica. Podemos exemplificar a referência observando que, se o aluno estivesse em outro ambiente trabalhando com sucata, o mesmo professor teria uma nova postura mas a forma de levar a turma seguiria princípios básicos e intrínsecos do próprio.

Sobre as dificuldades enfrentadas no decorrer do caminho, podemos dizer que foram poucas e de forma alguma comprometeram o andamento dos trabalhos. Na

realidade, antes de seu início já se sabia que problemas surgiriam, só não se sabiam quais seriam. Os problemas estiveram vinculados ao aspecto temporal, à inflexibilidade curricular, à formação básica de alguns alunos que tornavam a turma heterogênea e aos problemas técnicos. Abaixo, encontram-se alguns desses problemas:

- Apesar de a sala estar reservada, em dois momentos perdeu-se tempo na troca de turma (espera para que a turma anterior deixasse a sala).
- Alguns *mouses* não se encontravam em perfeitas condições, deixando o aluno irritado.
- Pela inflexibilidade do currículo, o assunto tratado no laboratório era diferente do tratado em sala de aula, trazendo confusão aos alunos mais fracos.
- Faltas às atividades (poucas, na verdade, mas comprometem em pequeno grau o levantamento estatístico).
- Demora, em alguns momentos, da equipe de apoio para resolver problemas técnicos, quando surgiam.
- Insistência de alguns alunos (os mais desmotivados ou desinteressados) em utilizar a internet.

O projeto traz uma nova visão de currículo, diferente da atual, fragmentada, em que o ambiente cooperativo tem base na interdisciplinaridade. O projeto de simulação juntamente com um trabalho paralelo de pesquisa, seja pela Internet, de campo, ou periódicos, por exemplo, permite a fusão dos conteúdos de várias disciplinas, levando aluno e professor ao caminho da descoberta. A utilização do computador leva-nos a crer em uma nova dimensão qualitativa para o ensino, através da qual se coloca o ato educativo voltado para uma visão mais internacionalizada e colaborativa.

O uso da simulação através do computador está trazendo à prática pedagógica um ambiente atrativo onde o aluno é capaz, através da auto-aprendizagem e de seus professores, tirar proveito para sua preparação, para a vida e para o trabalho.

Consideramos importantes os seguintes benefícios gerados pelas atividades do projeto: o trabalho interdisciplinar, mesmo que de pouca abrangência neste projeto, mas visto como perfeitamente possível de ser implantado; a nova forma de interação entre os estudantes em atividades dentro do laboratório; o uso da



simulação e roteiros como auto-aprendizado; o resgate do professor pela motivação de ensinar e pelo gosto de aprender; a valorização do professor enquanto educador e responsável pelo processo de ensino-aprendizagem; a busca da não segmentação dos conteúdos, a produção de materiais; a criação e construção de situações buscando a interatividade mútua; a visão de outras realidades culturais; a oportunidade de aprender por um meio diferente; a valorização pessoal; a melhora na passagem do abstrato para o concreto; a ampliação da consciência dos estudantes sobre os fenômenos físicos e atuais como o caso do racionamento de energia; o aprendizado em um novo ambiente; os ganhos no trabalho cooperativo; a motivação e interação no trabalho do professor e do aluno; a promoção de intercâmbio colaborativo; a capacitação de recursos humanos, a eliminação de fronteiras; a dinamização da prática educacional; a utilização de novas formas de conhecimento; o aumento da comunicação interpessoal; a facilidade no acesso à informação; o uso de novos paradigmas para resolução de problemas e o trabalho em grupo de estudantes e professores.

Na preocupação de tornar cada vez mais dinâmico o processo de ensino e aprendizagem, com projetos interativos que usem computador, a simulação mostramos que todos os processos humanos são realizados por pessoas, a máquina nada faz se não passar pela decisão de um sujeito, portanto, estes são o centro de tudo.

Quem criava e interpretava as situações eram os alunos. As composições na maioria dos momentos eram de seu livre-arbítrio e discernimento. Não podemos perder isso de vista e devemos promover mudanças no ensino envolvendo o professor em novas situações, bem diferente das de sua rotina, mesmo que isso no início represente uma resistência. Porém, o ensino dessa forma não dará as costas para este novo mundo que está surgindo.

Não pretendemos apresentar uma receita salvadora para que os alunos aprendam a construir modelos de conhecimento em Física, utilizando-se da poderosa ferramenta que se constitui hoje o ensino informatizado. A proposta de sua utilização tem o objetivo de iniciar a aprendizagem de um modo diferente de pensamento, não se encerrando nela mesma.

## 5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

Em decorrência das observações e percepções levantadas ao logo deste trabalho, de forma que muitas eram relevantes, mas não aplicadas a este momento, recomendamos abaixo algumas propostas para trabalhos futuros.

- Definir critérios para elaboração de roteiros de trabalho. Refere-se à forma, disposição e proposta que norteia um tutorial que oriente o trabalho do aluno quando numa atividade de exploração.
- Analisar uma situação de aprendizagem através da Realidade Virtual Imersiva, isto é, explorar um ambiente virtual, paramentado com os equipamentos relativos à forma proposta (usando capacete, óculos, luva etc.).
- Refazer a atividade que gerou este trabalho com uma turma menor, porém exercendo controle de tempo na execução das tarefas e formulando novos critérios para a avaliação.
- Desenvolver conteúdo através de mediação tradicional, uma atividade de simulação e uma atividade prática de contextualização, definindo parâmetros que permitam avaliar o tipo predominante de inteligência dos participantes do projeto.
- Fazer uma classificação e uma análise quantitativa e qualitativa dos *softwares* destinados ao ensino de Física e que estão disponíveis no mercado.
- Desenvolver um projeto que contemple a multidisciplinaridade através da simulação.
- Desenvolver um projeto de capacitação do professor para o ensino e avaliação através de simuladores.
- Desenvolver pesquisa para avaliar o tipo de contribuição para a aprendizagem trazido *por games de simulação e gerenciamento estratégico do tipo The Sim's, Cim City 3000, Age of Empires, etc.*
- Criar um RPG que contribua para a aprendizagem de Ciências.

## REFERÊNCIAS

- ALVES FILHO, Britaldo Silveira. **Modelos de simulação computacional no estudo de fenômenos e mudanças ambientais** – o exemplo do programa dinâmica. Disponível em <<http://www.est.ufmg.br/seminarios/res-brit.htm>> Acesso em: 16 jan. 2002.
- ANTUNES, Celso. **As inteligências múltiplas e seus estímulos**. 7.ed. Campinas: Papyrus, 2001. 141p.
- ASMANN, Hugo. **Reencantar a educação**. 3.ed. Petrópolis: Vozes, 1999. 251p.
- BELL, Daniel. **O advento da sociedade pós-industrial**. São Paulo: Cultrix, 1980.
- BERTRAND, Yves; VALOIS, Paul. **Paradigmas educacionais**. Lisboa/Portugal: Editora Instituto Piaget, 1992. 255p.
- BUGATTI, Idelberto de Gênova. **Projeto Revir - Simulação de Trânsito**. Disponível em <<http://www.dc.ufscar.br/~grv/revir/desenv.html>> Acesso em 02 fev. 2002.
- CANZIAN, Nelson. **Vários simuladores de física**. Disponível em <<http://www.fsc.ufsc.br/~canzian/>> Acesso em: 19 fev. 2002.
- CARVALHO NETO, Cassiano Zeferino de. **E agora, professor?** São Paulo: Laborciência, 1997. 240p.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Física: proposta para um ensino construtivista**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., 1989. 65p.
- CHAVES, Eduardo O. C. **Tecnologia na educação** – conceitos básicos. Disponível em <<http://www.edutecnet.com.br>> Acesso em: 27 jan. 2002.
- CYSNEIROS, Paulo Gileno. **Informática na escola pública brasileira**. Disponível em <<http://www.propesq.ufpe.br/informativo/janfev99/publica.htm>> Acesso em 19 jan. 2002.
- DEDE, Christopher J, FONTANNA, Lynn, WHITE, Charles. Tradução: Iolanda B. C. Cortelazzo. **Multimídia: um portal para pensamento de ordem superior**. Disponível em <[http://www.eps.ufsc.br/~cgustavo/leonardo/reflexoes/grupo\\_17.doc](http://www.eps.ufsc.br/~cgustavo/leonardo/reflexoes/grupo_17.doc)> Acesso em 18 jan. 2001
- DEDE, Christopher; PALUMBO, David. **Implications of hypermedia for cognition and communication**. Disponível em <<http://www.virtual.qmu.edu/index1.htm>> Acesso em 27 jan. 2002.
- DEGHI, Gilmar Jonas. **Comunicação, informática e a distribuição de conhecimento nas empresas e na sociedade**. Disponível em: <[http://www.ead.fea.usp.br/semead/4semead/Artigos/Mqi/Deghi\\_e\\_Larucci.pdf](http://www.ead.fea.usp.br/semead/4semead/Artigos/Mqi/Deghi_e_Larucci.pdf)> Acesso em 19 jan. 2002.
- DEMO, Pedro. **Educar pela pesquisa**. Campinas: Editora Autores Associados, 1996. 120p.

- DEMO, Pedro. **Questões para teleducação**. Petrópolis: Vozes, 1998. 388p.
- FIALHO, Francisco Antonio Pereira. **Gestão estratégica do conhecimento**. Florianópolis, 2001 (Apostila).
- FRANCO, Marcelo. **Educação não é isso aí**. Disponível em <<http://www.revista.unicamp.br/infotec/educacao/educacao1-1.html>> Acesso em 23 jan. 2001
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**. 5.ed. São Paulo: Paz e Terra, 1997. 165p.
- GARCIA, Paulo Sérgio. **Redes eletrônicas no ensino de Ciências: avaliação pedagógica do "projeto ecologia" em São Caetano do Sul**. São Caetano do Sul, 1997. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Mackenzie.
- GARDNER, Howard. **Estruturas da mente: a teoria das inteligências múltiplas**. 2.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
- GOLEMAN, Daniel. **Inteligência emocional**. 57.ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 1995. 370p.
- GOULART, Íris Barbosa. 17.ed. **Piaget - Experiências básicas para a utilização do professor**. Petrópolis/RJ: Vozes, 2000. 158p.
- GRINSPUM, Mirian P. S. Zippin. (org.) **Educação tecnológica**. São Paulo: Cortez, 1999. 255p.
- HULL, Dan. **Opening minds opening doors**. 1.ed. USA/Texas: CORD – Center for Occupational Research and Development, 1993. 207p.
- KIRNER, Cláudio. **Realidade virtual – Dispositivos e aplicações**. Disponível em <[http://www.realidadevirtual.com.br/publicacoes/tutorial\\_nv/tutrv.htm](http://www.realidadevirtual.com.br/publicacoes/tutorial_nv/tutrv.htm)> Acesso em 17 jan. 2002.
- KÜSTER, Ivan. (tradução). **Matemática contextual – A pedra angular da mudança de paradigmas**. Curitiba/PR: Colégio Bom Jesus, 2001.
- LÉVY, Pierre. **A máquina Universo**. Lisboa/Portugal: Editora Instituto Piaget, 1987. 245p.
- LÉVY, Pierre. **As tecnologias da inteligência**. 6ed. São Paulo: Editora 34, 1998. 203p.
- LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. 2.ed. São Paulo: Editora 34, 2000. 260p.
- MAULINI, Olivier. Livro do congresso dos expoentes na educação. Competências e Tecnologias nas Instituições de Ensino (artigo). Curitiba/PR: Editora Gráfica Exponente, 2000. 320p.
- MORAN, José Manuel. Caminhos para a aprendizagem inovadora. Disponível em <<http://www.jmmoran@usp.br>> Acesso em 22 jan. 2002.
- MORAN, José Manuel. Como utilizar a Internet na Educação. **Revista Ciência da Informação**, s.l., v.26, n.2, p.146-153, maio/ago. 1997. [jmmoran@usp.br](mailto:jmmoran@usp.br)

MORAN, José Manuel. Novas tecnologias e o reencantamento do mundo. **Revista Tecnológica Educacional**. Rio de Janeiro, v.23, n.126, set./out 1995.

MORAN, José Manuel; MASETTO, Marcos T.; BEHRENS, Marilda A. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 3.ed. Campinas/SP: Papirus, 2001. 173p.

MORETTO, Pedro Vasco. **Construtivismo: a construção do conhecimento em sala de aula**. 2ed. Rio de Janeiro: Editora DP&A, 2000. 124p.

NISKIER, Arnaldo. **Tecnologia educacional**. Petrópolis/RJ: Vozes, 1993. 182p.

OLIVEIRA, Ramon de. **Informática educativa - dos planos e discursos à sala de aula**. 5.ed. Campinas/SP: Papirus, 2001. 176p.

PAZ, Alfredo Mülen da. **Ensino experimental de Física, assistido por computador, na escola formal de 2º grau de Institutos de Ensino Superior**. Florianópolis, 1999. 178 f. Mestrado de Engenharia de Produção.

PRADO, Gilberto. **Internet e educação**. Disponível em: <<http://wawrwt.iar.unicamp.br/AM514/1/disc.htm>>. Acesso em 20 jan.2002.

PRASS, Ricardo. **Vários simuladores em física do ensino médio**. Disponível em: <<http://fisicanet.terra.com.br>> Acesso em 22 jan. 2002.

PROJETO SIMULADOR DE SEMEADORA. **Laboratório de automação agrícola da USP**. Disponível em < <http://www.pes.usp.br/~laa/main.html>> Acesso em 28 jan. 2002.

REGO, Teresa Cristina. **Vygotsky - uma perspectiva histórico-cultural da educação**. 12.ed. Petrópolis: Vozes, 2001. 138p.

SANDHOLTZ, Judith; RINGSTAFF, Cathy Haymore DWYER, David. **Ensinando com tecnologia**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. 196p.

SILVA, Marco. **Sala de aula interativa**. Rio de Janeiro: Quartet, 2000. 230p.

TAPSCOTT, Don. **Geração digital**. São Paulo: Makron Books, 1999. 308p.

TOFFLER, Alvin. **A terceira onda**. Tradução: João Távora. 20.ed. Rio de Janeiro: Record, 1995.

TURKLE, Sherry. **Education in a culture of simulation**. Disponível em <<http://www.prospect.org/authors/turkle-s.html>> Acesso em 20 jan. 2002.

UFRJ/PETROBRÁS. **Simulação em operações portuárias**. Disponível em <[http://www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/fr\\_petrob.htm](http://www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/fr_petrob.htm)> Acesso em 22 jan. 2002.

UNICAMP/PETROBRÁS. **Simulação numérica com reservatórios de petróleo**. Disponível em < <http://www.dep.fem.unicamp.br/unisim/objetivos.html>> Acesso em 26 jan. 2002.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – PÓS-GRADUAÇÃO EM ELETRÔNICA.  
**Simulação de campos eletromagnéticos e circuitos elétricos.** Disponível em:  
<<http://www.cpdee.ufmg.br/~elt/docs/doc5.htm>; <http://www.cpdee.ufmg.br/~elt/docs/doc6.htm>> Acesso em: 20 jan. 2002.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. **Animações volumétricas em VMRL.**  
Disponível em <<http://www.di.ufpe.br/~if124/realidvir.htm>> Acesso em: 03 fev. 2002.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA.  
**Simulação em separação, recuperação e purificação de produtos com alto valor agregado.**  
Disponível em <<http://www.enq.ufsc.br/labs/labsin/apres.html>> Acesso em 17 jan. 2002.

VYGOSTSKY, Lev. S. **A formação social da mente.** 5.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1994.