

**WALCYR DUARTE NASCIMENTO**

**GOWEB, UM FACILITADOR PARA A APRENDIZAGEM EM GEOTECNIA**

**Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.**

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2009**

**WALCYR DUARTE NASCIMENTO**

**GOWEB, UM FACILITADOR PARA A APRENDIZAGEM EM GEOTECNIA**

**Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.**

**APROVADA: 03 de julho 2009**

---

**Prof. Frederico José Vieira Passos**

---

**Profa. Marie-Claire Ribeiro Póla**

---

**Prof<sup>a</sup>. Regina Coeli Moraes Kopke**

---

**Prof. Dario Cardoso de Lima  
(Co-Orientador)**

---

**Prof. Cláudio Henrique de Carvalho Silva  
(Orientador)**

*A Aldinha e aos nossos filhos,  
Mateus e Laura, com muito amor.*

## AGRADECIMENTOS

*Ao professor Cláudio Henrique de Carvalho Silva, pela orientação e liberdade concedidas, e por transmitir o significado que está além da ciência.*

*Ao professor Paulo Sérgio de Almeida Barbosa, pela orientação, envolvimento, amizade e por acreditar sempre.*

*Aos professores do CTU, Romário Geraldo (Diretor), Antony Nunes (Chefe do Depto. de Construções Cíveis) e Alberto “Roberto” (Depto. Informática), pelo apoio.*

*Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFV, pela oportunidade de realização do Doutorado.*

*Aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFV, pelo convívio e pela riqueza das informações.*

*À CAPES e à UFJF pela bolsa de estudos.*

*Aos professores Dario Cardoso, Frederico Passos, Lúcia Calijuri, Marie-Claire Póla e Regina Kopke, pelo incentivo e contribuições.*

*Aos professores e alunos que participaram voluntariamente no projeto, pela paciência, tolerância, força de vontade e contribuições.*

*Aos companheiros do Departamento de Construções Cíveis do CTU/UFJF.*

*Aos colegas da UFV, da UFOP e da UFJF, que contribuíram nas discussões e construção do conhecimento.*

*A minha família, meus pais, irmãos e irmã, cunhados e cunhadas, primos e primas, sobrinhos e sobrinhas, a meu sogro e a minha sogra, pela convivência e paciência.*

*À Denise e seus dois filhotes, Paulinho e Tatá, sempre tão especiais.*

*Aos amigos e também vencedores, Edgar, Marcos Amado e “Tchako”, pelo companheirismo, convívio nas viagens e nos estudos.*

*À secretária Cristina Beatriz pelo pronto atendimento e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a construção desta tese.*

*A Nossa Senhora e Deus que, segundo minhas crenças, iluminaram meu caminho.*

## ÍNDICE

<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>xiii</b>
<b>LISTA DE SIGLAS</b>	<b>xv</b>
<b>RESUMO</b>	<b>xvi</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xvii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.2 JUSTIFICATIVA	2
1.3 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	4
1.4 DIAGNÓSTICO PARA A DELIMITAÇÃO DO TEMA	4
1.4.1 Conteúdo programático de Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV	5
1.4.2 Objetivos da disciplina Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV	7
1.4.3 Análise das avaliações aplicadas no curso Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV	8
1.4.3.1 Distribuição de Notas por Frequência	9
1.4.3.2 Gráfico de Dispersão	10
1.4.3.3 Grau de Dificuldade	11
1.4.4 Delimitação do tema	13
1.5 HIPÓTESE E QUESTÕES DE PESQUISA	13
1.6 OBJETIVOS	14
1.7 DESCRIÇÃO DOS DEMAIS CAPÍTULOS	14
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>16</b>
2.1 TECNOLOGIA EDUCACIONAL	16
2.1.1 O uso do computador no processo de ensino e aprendizagem	16
2.1.2 Software educacional	21
2.1.3 Objetos de aprendizagem	40
2.1.4 Programação orientada a objeto e linguagem visual	41

2.2 MOVIMENTO DE ÁGUA NOS SOLOS	42
2.2.1 Leis de Bernoulli e Darcy	45
2.2.2 Forças e tensões no solo submetido à percolação	48
2.2.3 Gradiente hidráulico crítico e ruptura hidráulica dos solos	49
2.3 TRABALHOS EXISTENTES SOBRE O PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM MEDIADA POR COMPUTADOR NA GEOTECNIA	50
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>55</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	55
3.2 ETAPAS DA PESQUISA	56
3.3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	57
3.3.1 Elaboração do GeoWeb	57
3.3.1.1 <i>Caracterização do GeoWeb</i>	58
3.3.1.2 <i>Estratégias para a criação do GeoWeb</i>	59
3.3.2 Elaboração dos recursos de validação da pesquisa	62
3.3.2.1 <i>Elaboração da avaliação quantitativa</i>	64
3.3.2.2 <i>Elaboração da avaliação qualitativa</i>	66
3.4 APLICAÇÃO DA PESQUISA	67
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>72</b>
4.1 O GEOWEB	72
4.1.1 Caderno eletrônico sobre “Cargas Hidráulicas”	73
4.1.2 Caderno eletrônico sobre “Permeabilidade dos Solos”	83
4.1.3 A avaliação quantitativa	92
4.2 PRIMEIRA FASE DA AVALIAÇÃO DA PESQUISA	96
4.2.1 Resultados das avaliações quantitativas	96
4.2.2 Resultados dos questionários fechados	101
4.2.3 Observações <i>in loco</i> do uso do programa	102
4.3 SEGUNDA FASE DA AVALIAÇÃO DA PESQUISA	103
4.3.1 Resultados das avaliações quantitativas	103
4.3.2 Resultados dos questionários fechados	108
4.3.3 Resultados dos questionários abertos	109
4.3.4 Resultados das entrevistas	129
4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	131

<b>5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES</b>	<b>133</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>140</b>
<b>ANEXOS, 159</b>	
ANEXO 1 - Modelo de questionário adotado para qualificar o software educacional interativo (SEI) quanto à “Usabilidade”	160
ANEXO 2 - Modelo de questionário adotado para se qualificar o software educacional interativo (SEI) quanto à “Confiabilidade Educacional”	162
ANEXO 3 - Levantamento de dados, realizado junto aos docentes, relativo à segunda etapa da avaliação	164
ANEXO 4 - Levantamento de dados, realizado junto aos doutorandos, relativo à segunda etapa da avaliação	166
ANEXO 5 - Levantamento de dados, realizado junto aos formandos, relativo à segunda etapa da avaliação	168
ANEXO 6 - Levantamento de dados, realizado junto aos alunos da turma CIV 332, relativo à segunda etapa da avaliação	170
ANEXO 7 - Levantamento de dados, realizado junto aos alunos da turma CIV 335, relativo à segunda etapa da avaliação	172
ANEXO 8 - Resultados comparativos dos critérios de Usabilidade do SEI	174
ANEXO 9 - Resultados comparativos dos critérios de Confiabilidade Educacional do SEI	179
ANEXO 10 - Questionário de Avaliação do software - Modelo do Professor	184
ANEXO 11 - Questionário de Avaliação do software - Modelo do Aluno	185
ANEXO 12 – Roteiro de entrevista	186

## LISTA DE SÍMBOLOS

$a$	Área da seção transversal do tubo onde a variação da água é medida.
$A$	Área da seção transversal da amostra de solo perpendicular à direção do fluxo; ou área de fluxo
$d$	Desvio da média
$DP$	Desvio padrão
$f_p$	Força de percolação por unidade de volume
$F_1$	Força atuando na amostra
$F_2$	Força atuando na amostra
$F_P$	Força resultante ou força de percolação
$g$	Aceleração da gravidade
$h$	Energia total da água no solo ou carga hidráulica total no solo
$h_A$	Carga de elevação ou carga piezométrica
$h_e$	Carga de elevação ou carga piezométrica
$h_p$	Carga piezométrica
$h_T$	Carga total
$h_1$	Altura do nível da água
$h_2$	Altura do nível da água
$H$	Perda de carga total
$i$	Gradiente hidráulico
$i_c$	Gradiente hidráulico crítico
$IF$	Índice de facilidade
$k$	Coefficiente de permeabilidade ou condutividade hidráulica
$L$	Comprimento da amostra ou comprimento do caminho do fluxo
$n$	Porosidade do solo
$n_{efetiva}$	Relação entre volume drenável e volume total
$Nc$	Número de estudantes que responderam corretamente a questão
$Nt$	Número total de estudantes que responderam à questão
$q$	Vazão de água ou fluxo que atravessa a amostra
$Q$	Vazão de água
$r$	Coefficiente de Correlação do momento-produto
$s$	Resistência ao cisalhamento do solo
$u$	Poropressão num ponto
$u_P$	Poropressão $n$ no ponto $P$
$v$	Velocidade do fluxo da água no solo ou velocidade de descarga ou velocidade de escoamento ou velocidade de Darcy

$V_{real}$	Velocidade de percolação ou velocidade real da água nos vazios do solo
$z$	Diferença de cota entre um ponto considerado e o nível de referência ou eixo das ordenadas representando a cota de elevação da água
$W_{sub}$	Peso do solo submerso
$\Delta h$	Diferença de potencial total ou perda de carga
$\eta$	Rendimento ou índice de aproveitamento
$\gamma_w$	Peso específico da água
$\gamma_{sat}$	Peso específico do solo saturado
$\gamma_{sub}$	Peso específico do solo submerso
$\phi'$	Ângulo de atrito efetivo
$\sigma'$	Tensão efetiva
$\sigma_P$	Tensão total no ponto P

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1.1 - Distribuição de Notas por Frequência para as três provas de Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV, do 1º. semestre de 2007	09
Figura 1.2 - Relação entre as questões teóricas e práticas para as três provas de Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV, do 1º. semestre de 2007	11
Figura 1.3 - Grau de Dificuldade por questão para as três provas de Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV, do 1º. semestre de 2007	12
Figura 2.1 - Fluxo de etapas do desenvolvimento de um software educacional (SANTOS, 1999)	25
Figura 2.2 - Processo de interação usuário-computador (NORMAN, 1990)	27
Figura 2.3 - Modelos de interação usuário-computador (SOUZA et. al., 1999)	28
Figura 2.4 - Fatores de aceitação de um sistema (NIELSEN, 1993)	37
Figura 2.5 - Exemplo de questionário fechado, adaptado de CAMPOS (1994)	40
Figura 2.6 - Representação gráfica da ordenação dos conteúdos relacionados à permeabilidade dos solos	44
Figura 2.7 - (a) Esquema do experimento realizado por Darcy; (b) Gráfico de carga em função da altura e (c) Permeômetro com fluxo ascendente	45
Figura 2.8 - Forças de percolação	48
Figura 3.1 - Composição do GeoWeb	59
Figura 3.2 - Esquema de validação adotado	62
Figura 3.3 - Funções da avaliação diagnóstica (REIS & JOULLIÉ, 1981)	63
Figura 3.4 - Funções da avaliação formativa (REIS & JOULLIÉ, 1981)	63
Figura 4.1 - Janela principal do software educacional interativo GeoWeb.	73
Figura 4.2 - Janela referente ao caderno eletrônico sobre Cargas Hidráulicas.	74
Figura 4.3 - Janela referente à introdução do tópico Cargas Hidráulicas	75
Figura 4.4 - Janela referente às definições do tópico Cargas Hidráulicas	76
Figura 4.5 - Janela referente ao 1º exemplo sobre Cargas Hidráulicas	76
Figura 4.6 - Janela referente ao 2º exemplo sobre Cargas Hidráulicas	77
Figura 4.7 - Janela referente ao 3º exemplo sobre Cargas Hidráulicas	77
Figura 4.8 - Janela de acesso aos exercícios sobre Cargas Hidráulicas	78
Figura 4.9 - Interface do 1º exercício interativo sobre Cargas Hidráulicas	80
Figura 4.10 - Aspecto final da interface do 1º exercício interativo sobre Cargas Hidráulicas	80
Figura 4.11 - Interface do 2º exercício interativo sobre Cargas Hidráulicas	81

Figura 4.12 - Interface do 3º exercício interativo sobre Cargas Hidráulicas	81
Figura 4.13 - Interface do 4º exercício interativo sobre Cargas Hidráulicas	82
Figura 4.14 - Interface do 5º exercício interativo sobre Cargas Hidráulicas	82
Figura 4.15 - Interface do 6º exercício interativo sobre Cargas Hidráulicas	83
Figura 4.16 - Janela referente ao caderno Permeabilidade dos Solos.	84
Figura 4.17 - Janela referente à apresentação da lei de Darcy.	85
Figura 4.18 - Janela referente ao permeâmetro de carga constante.	86
Figura 4.19 - Janela referente ao permeâmetro de carga variável.	86
Figura 4.20 - Janela referente às velocidades de descarga e de percolação.	87
Figura 4.21 - Janela de acesso aos exercícios interativos sobre Permeabilidade dos Solos	87
Figura 4.22 - Interface do 1º exercício interativo sobre Permeabilidade	89
Figura 4.23 - Interface do 2º exercício interativo sobre Permeabilidade	89
Figura 4.24 - Interface do 3º exercício interativo sobre Permeabilidade	90
Figura 4.25 - Interface do 4º exercício interativo sobre Permeabilidade	90
Figura 4.26 - Interface do 5º exercício interativo sobre Permeabilidade	91
Figura 4.27 - Interface do 6º exercício interativo sobre permeabilidade	91
Figura 4.28 - Interface inicial do teste de verificação de aprendizagem eletrônica	92
Figura 4.29 - Modelo do arquivo de saída de dados	93
Figura 4.30 - Apresentação das questões de 1 a 4 do teste	93
Figura 4.31 - Apresentação das questões de 5 a 8 do teste	94
Figura 4.32 - Apresentação da 9ª. questão do teste	94
Figura 4.33 - Apresentação da 10ª. questão do teste	95
Figura 4.34 - Apresentação da 11ª. questão do teste	95
Figura 4.35 - Apresentação da 12ª. questão do teste	96
Figura 4.36 - Faixa de variação do rendimento global, relativo à 1ª. fase de avaliação da pesquisa	97
Figura 4.37 - Faixa de variação do rendimento da parte prática, relativo à primeira fase de avaliação da pesquisa	99
Figura 4.38 - Comparação dos Rendimentos da turma de Mecânica Solos 1, da UFV (1º. Semestre de 2008) antes e depois do uso do SEI	100
Figura 4.39 - Comparação dos Rendimentos da turma de Mecânica Solos 2, da UFJF (1º. Semestre de 2008) antes e depois do uso do SEI	100
Figura 4.40 - Comparação dos Rendimentos da turma de Mecânica Solos 1, da UFOP (2º. Semestre de 2008) antes e depois do uso do SEI	101
Figura 4.41 - Comparação dos Rendimentos da turma de Mecânica Solos 1, da UFV (2º. Semestre de 2007) antes e depois do uso do SEI	101

Figura 4.42 - Efeito do uso do software nos alunos de CIV 332, com relação à parte prática	105
Figura 4.43 - Efeito do uso do software nos alunos de CIV 335, com relação à parte prática	105
Figura 4.44 - Efeito do uso do software nos formandos, com relação à parte prática	105
Figura 4.45 - Progressão dos resultados incluindo o pré-teste, o pós-teste e sua reaplicação após duas semanas: (a) resultados globais; (b) resultados da parte teórica; (c) resultados da parte prática	107
Figura 4.46 - Opinião discente sobre o que achou do GeoWeb	110
Figura 4.47 - Opinião docente sobre o que achou do GeoWeb	110
Figura 4.48 - Levantamento das especificidades do GeoWeb	111
Figura 4.49 - Opinião discente sobre o que mais gostou no GeoWeb	112
Figura 4.50 - Opinião docente sobre o que mais gostou no GeoWeb	112
Figura 4.51 - Opinião discente sobre o que menos gostou no GeoWeb	114
Figura 4.52 - Opinião docente sobre o que menos gostou no GeoWeb	114
Figura 4.53 - Opinião discente sobre o conteúdo apresentado	115
Figura 4.54 - Opinião docente sobre o conteúdo apresentado	116
Figura 4.55 - Especificidades do software apontadas pelos respondentes	117
Figura 4.56 - Opinião docente sobre o que leva à aprendizagem	119
Figura 4.57 - Opinião discente sobre o que leva à aprendizagem	119
Figura 4.58 - Opinião dos alunos das disciplinas CIV 332 e CIV 335 sobre a forma de integração pedagógica do SEI	121
Figura 4.59 - Especificidades do software apontadas pelos respondentes	122
Figura 4.60 - Opinião sobre a funcionalidade do <i>feedback</i>	123
Figura 4.61 - Especificidades do <i>feedback</i> apontadas pelos respondentes	123
Figura 4.62 - Especificidades da interatividade implementada	124
Figura 4.63 - Atividades motivadoras apontadas pelos respondentes	125
Figura 4.64 - Atividades menos motivadoras apontadas pelos respondentes	126
Figura 4.65 - Especificidades do software apontadas pelos respondentes	127
Figura 4.66 - Opinião docente sobre reutilizar o SEI	128
Figura 4.67 - Opinião discente sobre reutilizar o SEI	128
Figura A8.1 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Facilidade de uso”	173
Figura A8.2 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Facilidade de se localizar no programa”	173
Figura A8.3 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Clareza dos comandos”	174
Figura A8.4 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério	

“Informações suficientes”	174
Figura A8.5 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Existência de recursos motivacionais”	175
Figura A8.6 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Uso de figuras ilustrativas”	175
Figura A8.7 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Uso de cores”	176
Figura A8.8 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Uso de recursos sonoros”	176
Figura A8.9 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Facilidade de leitura na tela”	177
Figura A8.10 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Facilidade de mudança de tela”	177
Figura A9.1 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Adequação aos objetivos educacionais”	178
Figura A9.2 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Adequação ao conteúdo programático”	178
Figura A9.3 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Adequação ao nível do usuário”	179
Figura A9.4 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Facilidade de achar informações úteis”	179
Figura A9.5 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Ausência de erros”	180
Figura A9.6 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Quantidade de textos”	180
Figura A9.7 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Qualidade dos textos”	181
Figura A9.8 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Quantidade de exercícios interativos”	181
Figura A9.9 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Qualidade dos exercícios interativos”	182
Figura A9.10 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Retro-alimentação indicando acertos e erros”	182

## LISTA DE TABELAS

	pág.
Tabela 1.1 - Conteúdo programático de Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV.	6
Tabela 1.2 - Objetivos da disciplina Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV.	7
Tabela 1.3 - Relação “questão x assunto x rendimento $\eta$ x peso” das provas de Mecânica dos Solos 1	8
Tabela 2.1 - Classificação dos softwares educacionais (VALENTE, 1993)	23
Tabela 2.2 - Ciclo de Vida de um software educacional (PRESSMAN, 2002)	24
Tabela 2.3 - Modelo de avaliação disponibilizado em MERLOT (2004).	33
Tabela 3.1 - Etapas utilizadas para a elaboração da pesquisa	56
Tabela 3.2 - Estratégias das questões do teste de verificação de aprendizagem.	65
Tabela 4.1 - Objetivos do caderno eletrônico sobre Cargas Hidráulicas.	75
Tabela 4.2 - Objetivos dos exercícios interativos do caderno eletrônico de Cargas Hidráulicas.	78
Tabela 4.3 - Objetivos do caderno eletrônico sobre Permeabilidade dos Solos.	84
Tabela 4.4 - Objetivos dos exercícios interativos sobre Permeabilidade dos Solos.	88
Tabela 4.5 - Resumo geral dos resultados da aplicação do pré e pós-teste, relativo à primeira fase de validação da pesquisa.	97
Tabela 4.6 - Resultados teórico e prático da aplicação do SEI, relativo à primeira fase de avaliação da pesquisa.	98
Tabela 4.7 - Resumo geral dos resultados da aplicação do pré e pós-teste, relativo à segunda fase de validação da pesquisa.	103
Tabela 4.8 - Resultados teórico e prático da aplicação do SEI, relativo à segunda fase de avaliação da pesquisa.	104
Tabela 4.9 - Grau de satisfação com o uso do SEI	108
Tabela A1.1 - Avaliação de <i>Usabilidade</i>	159
Tabela A2.1 - Avaliação de <i>Confiabilidade Educacional</i>	161
Tabela A3.1 - Avaliação de <i>Usabilidade</i> – Docentes	163
Tabela A3.2 - Avaliação de <i>Confiabilidade Educacional</i> – Docentes	164
Tabela A4.1 - Avaliação de <i>Usabilidade</i> – Doutorandos	165
Tabela A4.2 - Avaliação de <i>Confiabilidade Educacional</i> – Doutorandos	166
Tabela A5.1 - Avaliação de <i>Usabilidade</i> – Formandos	167
Tabela A5.2 - Avaliação de <i>Confiabilidade Educacional</i> – Formandos	168
Tabela A6.1 - Avaliação de <i>Usabilidade</i> – CIV 332	169

Tabela A6.2 - Avaliação de <i>Confiabilidade Educacional</i> – CIV 332	170
Tabela A7.1 - Avaliação de <i>Usabilidade</i> – CIV 335	171
Tabela A7.2 - Avaliação de <i>Confiabilidade Educacional</i> – CIV 335	172

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CP	Corpo de prova
CTU	Colégio Técnico Universitário da UFJF
DEC	Departamento de Engenharia Civil da UFV
DT	Departamento de Transportes da UFJF
NR	Nível de referência
SEI	Software Educacional Interativo
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora/MG
UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto/MG
UFV	Universidade Federal de Viçosa/MG

## RESUMO

NASCIMENTO, Walcyr Duarte, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2009. **GEOWEB, um facilitador para a aprendizagem em geotecnia.** Orientador: Cláudio Henrique de Carvalho Silva. Co-orientadores: Dario Cardoso de Lima e Maria Lúcia Calijuri.

Historicamente e com mais ênfase ao nível internacional, tem-se dedicado esforços na concepção e implementação de objetos educacionais para o ensino de mecânica dos solos em cursos de Engenharia Civil, em particular, para o tópico *Movimento de Água no Solo*. Seguindo essa visão, o presente trabalho analisa a relação ensino-aprendizagem do tópico *Movimento de Água no Solo*, que integra as ementas das disciplinas de Mecânica dos Solos, com o emprego de ferramentas interativas virtuais e em contraponto à metodologia tradicionalmente utilizada no Brasil. Para esse fim, foi desenvolvida uma plataforma de apoio com base em programas escritos em uma linguagem visual contendo interfaces gráficas que possibilitaram aos usuários digitarem as suas respostas a problemas formulados através de uma planilha eletrônica e conferirem, em tempo real, os resultados alcançados. Esta plataforma, chamada GeoWeb, foi disponibilizada a docentes e a discentes de graduação e pós-graduação das áreas de Engenharia Civil e Ambiental de três universidades federais mineiras (UFJF, UFOP e UFV), no período de 2006 a 2008. Por meio de pré e pós-testes, questionários abertos e fechados, além de entrevistas, os usuários que participaram do projeto demonstraram que o uso das ferramentas interativas virtuais desenvolvidas no presente trabalho mostrou-se mais eficiente do que o processo de ensino e aprendizagem tradicional, com rendimento percentual dos alunos superior a 80%, bem como, grau de satisfação com o software em relação à usabilidade e à confiabilidade educacional, respectivamente de 94 e 99%. Outro fruto do trabalho foi contribuir para a formação de uma equipe de apoio, aptos a desenvolver e difundir o uso de ferramentas interativas dedicadas ao processo de ensino e aprendizagem de mecânica dos solos e áreas afins.

## ABSTRACT

NASCIMENTO, Walcyr Duarte, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2009. **GEOWEB, a facilitator for learning in geotechnical.** Adviser: Cláudio Henrique de Carvalho Silva. Co- Advisers: Dario Cardoso de Lima and Maria Lúcia Calijuri.

Historically and with more emphasis on the international level, efforts have been dedicated in the design and implementation of *Learning Objects* for the teaching of soil mechanics courses in Civil Engineering, in particular, to the topic of Water Movement in Soil. Following this vision, this paper examines the relationship between teaching and learning in the topic of Water Movement in Soil of Soil Mechanics courses that are offered by the of Civil Engineering Department of the Federal University of Viçosa - UFV, with the use of virtual and interactive tools in contrast to the traditional teaching method used in Brazil. A support platform based on programs written in a visual language with graphical interfaces and creative programs was developed in order to allow users to type their responses to questions raised through a spreadsheet and give them in real time the results achieved. This platform, called GeoWeb, was made available to teachers and students of undergraduate and graduate programs of Civil and Environmental Engineering of three federal universities of Minas Gerais/BR (UFJF, UFOP and UFV), in the period 2006 to 2008. Through pre-and post-tests, open and closed questionnaires, and interviews, users who participated in the project demonstrated that the procedure using of interactive online tools developed in this work was more effective than the traditional teaching-learning process, reaching as grade average hyper than 80%, as well as degree of satisfaction the students of 94 and 99%, respectively, regarding tools friendly approach and reliability. Another result of this work was to help train a team of developers of Learning Objects, herein named multipliers, that are able to develop and disseminate the use of interactive tools dedicated to the teaching-learning process in soil mechanics and related areas.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Ferramentas interativas virtuais cada vez mais vêm sendo desenvolvidas com a intenção de auxiliar os estudantes no aprendizado de conceitos e princípios sobre os diversos temas científicos.

Historicamente e com mais ênfase ao nível internacional, tem-se dedicado esforços na concepção e implementação destas ferramentas educacionais para o ensino da engenharia geotécnica, em particular, para a mecânica dos solos.

Dentre as ferramentas, tem-se, por exemplo, os softwares educacionais e os objetos educacionais, que buscam favorecer o processo de ensino e aprendizagem por se apresentarem como recursos digitais que motivam sua exploração. O uso destes recursos pode propiciar a criação de situações de aprendizagem que estimulam a formação de estudantes críticos e capazes de tomar decisões.

A criação de softwares educacionais de qualidade pode romper a dicotomia existente na educação formal ao aproximar alunos e professores. A busca pela qualidade é uma área de pesquisa relevante, uma vez que ferramentas educacionais sem esta propriedade podem comprometer a aprendizagem do usuário (VICCARI, 1989; SANTOS, 1999).

Seguindo essa visão, o presente trabalho analisa a relação ensino e aprendizagem do tópico *Movimento de Água nos Solos*, que integra as ementas das disciplinas *CIV 332 Mecânica dos Solos I* e *CIV 335 Elementos de Mecânica dos Solos*, que são oferecidas pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa, MG - DEC/UFV, com o emprego de ferramentas interativas virtuais e em contraponto à metodologia tradicionalmente usada no Brasil. Este tema foi escolhido devido, principalmente, às dificuldades de aprendizado verificadas nos alunos das

disciplinas de Mecânica dos Solos do DEC /UFV.

Nas demais seções deste capítulo apresentam-se, inicialmente, a justificativa e a contextualização social-acadêmica necessária para se encadear a problematização com a elaboração da hipótese do estudo. Prossegue com a exposição geral do problema, com a delimitação do tema que será abordado para tornar a pesquisa viável e com a apresentação da hipótese elaborada para conduzir a pesquisa. Finaliza com a apresentação dos objetivos da pesquisa e com a descrição dos demais capítulos deste trabalho.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

Considerando uma situação hipotética na qual o tempo necessário para se qualificar um estudante é o mesmo tempo gasto para se qualificar vários, tem-se um exemplo relevante para o qual se justifica a implementação de um software educacional.

Instrução e prática são consideradas, por alguns autores, as funções de maior potencial de utilização da tecnologia de ambiente virtual (BUEN et al., 1998). Nos Estados Unidos, apenas como exemplo, estima-se em 47 bilhões de dólares o que se gasta anualmente em qualificação nas corporações via tecnologia digital (RAGUSA, 1998). Esses sistemas possuem a característica de reduzir o tempo de instrução e tornar os estudantes mais experientes. O processo de formação de um estudante pode levar um longo tempo e ser dispendioso, se a experiência for adquirida através da repetição de erros em situações reais. Assim, tornar acessível, aos estudantes, os modelos virtuais de conhecimento pode reduzir a duração necessária para a aprendizagem dos mesmos, como também reduzir riscos.

Fora do Brasil, diversos ambientes virtuais estão sendo desenvolvidos nas mais diversas especialidades (YUEN & NAIDU, 2007; SANTANA & LAMAS, 2007). No entanto, no Brasil, na área de geotecnia, poucas aplicações em ambientes virtuais são apresentadas na literatura, embora seja amplamente reconhecida a potencialidade desse domínio do conhecimento.

Na resolução de exercícios numéricos, a limitação do tempo disponível e

a falta de experiência dos alunos justificam o uso das tecnologias de informação e comunicação. A geotecnia é uma área de conhecimento propícia para se utilizar a tecnologia digital na criação de softwares educacionais.

No âmbito social, todos os anos são gastos cifras elevadas em atividades de engenharia civil no Brasil. No entanto, a infra-estrutura desta nação (rodovias, saneamento, etc.) continua aquém das expectativas e as estimativas de gastos para sua expansão e manutenção são da ordem de bilhões de reais a cada ano. Porém, esses investimentos não estão sendo realizados a contento (YOSHIDA, 2007).

Configura-se então, uma típica situação de “círculo-vicioso”, na qual os problemas vão se agravando e avolumando, exigindo cada vez mais o maior número possível de mão de obra qualificada para tratá-los. Se esta demanda não for suprimida, os critérios de contratação de pessoal ficarão cada vez mais relaxados em detrimento da qualidade, comprometendo a resolução do problema e recaindo no círculo vicioso referido.

O quadro geral indica a necessidade de alunos recém formados (os futuros profissionais) cada vez mais capacitados para enfrentar os problemas práticos de engenharia. Por isso, o uso das tecnologias virtuais aliadas a métodos didáticos que facilitam o aprendizado, tem campo de aplicação vasto dentro das escolas de engenharia como recurso adequado para potenciar a prática de exercícios.

No setor acadêmico, muitas áreas de conhecimento vêm utilizando as tecnologias de comunicação e informação para se apresentarem de forma mais adequada às necessidades atuais e o ensino virtual tem se destacado por apresentar resultados práticos.

A solução de qualquer problema de engenharia envolvendo solos e as considerações das diversas opções tecnológicas de solução implicam em um nível de complexidade que favorece o uso do software educacional como ferramenta de auxílio na formação de técnicos e engenheiros.

Embora a literatura na área de geotecnia seja extensa, este estudo

focou a aprendizagem virtual interativa cuja aplicação ainda está potencialmente limitada pela falta de experiência dos professores e pelos poucos recursos computacionais disponíveis, entre outros motivos.

O crescimento das pesquisas para integrar educação e tecnologia digital na busca de qualidade e eficiência no processo ensino e aprendizagem foi o que motivou o desenvolvimento deste trabalho.

### **1.3 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA**

A integração entre tecnologias digitais e educação na busca de eficiência e qualidade no processo de ensino e aprendizagem aplicado à engenharia geotécnica é um campo de pesquisa amplo. Diante disso, foi preciso delinear um problema para se constituir, assim, o ponto de partida deste trabalho.

As análises e observações realizadas por um professor<sup>1</sup>, em sala de aula, constataram uma deficiência nos alunos quanto à aplicação de conceitos pré-requisitos da disciplina de Mecânica dos Solos 2. Ele também observou que os alunos já apresentavam dificuldades no aprendizado de tópicos específicos da disciplina Mecânica dos Solos 1, pré-requisito da anterior.

Constatadas as dificuldades de aprendizado de conceitos e princípios da Mecânica dos Solos, definiu-se que o problema da deficiência de aprendizado na disciplina de Mecânica dos Solos 1 seria o objeto de pesquisa do presente trabalho. Para viabilizar a resolução deste problema foi necessário estabelecer um tema específico dentro da Mecânica dos Solos. O processo para a escolha do tema específico e a formulação de uma hipótese para tratar deste tema estão descritos nas duas seções seguintes.

### **1.4 DIAGNÓSTICO PARA A DELIMITAÇÃO DO TEMA**

Nesta seção apresenta-se a análise dos resultados de determinadas

---

<sup>1</sup> Professor Paulo Sérgio de Almeida Barbosa, que ministra as disciplinas Mecânica dos Solos 1 e 2 do Departamento de Engenharia Civil da UFV/MG.

provas<sup>2</sup>, para subsidiar algumas das implementações computacionais (objetos educacionais) que facilitem e favoreçam a melhoria do processo de aprendizagem da disciplina.

Para uma análise consistente dos resultados, optou-se pelo uso da curva de distribuição de notas por frequência (MARTINS, 1990), do gráfico de dispersão para correlacionar a teoria com a prática (TYLER, 1973), do grau de dificuldade e rendimento das questões (LEVINE & ELZEY, 1976), além de observações realizadas pelo professor da disciplina. As ferramentas estatísticas foram adaptadas à forma de avaliação utilizada na disciplina, uma vez que elas, tradicionalmente, são usadas em testes objetivos. As avaliações utilizadas na disciplina são do tipo misto, composto por questões teóricas (dissertativas) e práticas (resolução de problemas).

A proposta consistiu em verificar, através das análises das avaliações, se os objetivos da disciplina foram alcançados pelos alunos. Essas análises permitiram identificar o progresso e as dificuldades de aprendizagem. Através delas foi possível selecionar os conteúdos que deveriam ser trabalhados de forma mais adequada e para os quais seriam criados objetos educacionais para facilitar o alcance dos objetivos pelos alunos.

Nesta perspectiva, primeiramente apresenta-se o conteúdo programático e os objetivos da disciplina Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV. Em seguida, apresenta-se o resultado das análises das três provas aplicadas no primeiro semestre de 2007 e, por fim, a seleção do tema a ser abordado por meio dos objetos educacionais.

#### **1.4.1 Conteúdo programático de Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV**

O conteúdo programático de uma disciplina contribui para que o aluno se torne capaz de identificar o campo de conhecimento que ela abrange. O conteúdo é desenvolvido levando-se em consideração as informações, conceitos, leis, princípios etc., e é organizado em função dos objetivos

---

<sup>2</sup> Provas do primeiro semestre de 2007, aplicadas aos alunos da disciplina de Mecânica dos Solos 1, do curso de Engenharia Civil da UFV/MG. A idéia foi contextualizar os problemas de aprendizagem da realidade do DEC/UFV.

estabelecidos para o processo de ensino e aprendizagem (NÉRICI, 1989).

A Tabela 1.1 apresenta o conteúdo programático adotado para a disciplina Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV, o qual está distribuído em quinze aulas de duas horas cada, abrangendo nove capítulos.

Tabela 1.1 – Conteúdo programático de Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV.

<b>Aula</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Carga horária</b>
1 <sup>a</sup> .	<b>1. A mecânica dos solos e a engenharia</b> 1.1 Introdução 1.2 Histórico 1.3 A mecânica dos solos e as obras	<b>2</b>
2 <sup>a</sup> .	<b>2. O solo sob o aspecto da engenharia</b> 2.1 Conceituação 2.2 Tipos de solos segundo suas origens 2.3 Tamanho e forma das partículas 2.4 Descrição dos tipos de solos	<b>2</b>
3 <sup>a</sup> .	<b>3. Propriedades índices dos solos</b> 3.1 Introdução 3.2 Fases do solo 3.3 Índices físicos 3.4 Granulometria 3.5 Elasticidade e estados de consistência	<b>2</b>
4 <sup>a</sup> .	<b>4. Estruturas dos Solos</b> 4.1 Introdução 4.2 Estrutura dos solos grossos 4.3 Noções de química coloidal aplicada aos solos 4.4 Estrutura dos solos finos 4.5 Amolgamento e sensibilidade das argilas 4.6 Tixotropia	<b>2</b>
5 <sup>a</sup> .	<b>5. Classificação e Identificação dos solos</b> 5.1 Introdução 5.2 Classificação por tipo de solo 5.3 Classificação genética geral 5.4 Classificação granulométrica 5.5 Classificação unificada	<b>2</b>
6 <sup>a</sup> .	5.6 Classificação HBR ( <i>Highway Research Board</i> ) 5.7 Identificação visual e tátil dos solos	<b>2</b>
7 <sup>a</sup> .	<b>6. Tensões atuantes num maciço de terra</b> 6.1 Introdução 6.2 Tensões totais, efetivas e pressão neutra 6.3 Esforços geostáticos	<b>2</b>
8 <sup>a</sup> .	6.4 Cálculo de distribuição de tensões no solo pela teoria da elasticidade 6.5 Cálculo simplificado de distribuição de tensões no solo	<b>2</b>
9 <sup>a</sup> .	6.6 Limitações da teoria da elasticidade	
10 <sup>a</sup> .	<b>7. Permeabilidade dos solos</b> 7.1 Introdução	<b>2</b>

	7.2	Natureza da água intersticial dos solos	
	7.3	Fluxo d'água através dos solos	
11 <sup>a</sup> .	7.4	Forças de percolação	2
	7.5	O fenômeno da areia movediça	
	7.6	Filtros de proteção	
	7.7	capilaridade	
12 <sup>a</sup> .	<b>8.</b>	<b>Movimentação d'água através do solo</b>	<b>2</b>
	8.1	Introdução	
	8.2	Limitações da lei de Darcy	
13 <sup>a</sup> .	8.3	Equações que regem o fluxo d'água através do solo	2
	8.4	Soluções da equação de Laplace	
14 <sup>a</sup> .	8.5	Teoria das redes de fluxo	2
15 <sup>a</sup> .	<b>9.</b>	<b>Compactação</b>	<b>2</b>
	9.1	Introdução	
		Curva de compactação e fatores que interferem na compactação dos solos	
	9.2	dos solos	
	9.3	Ensaio laboratoriais de compactação	
	9.4	Equipamentos de compactação de campo	
	9.5	Métodos de controle de compactação no campo	
	9.6	Aterros experimentais	
	9.7	Estruturas dos solos compactados	
	9.8	Características mecânicas e hidráulicas dos solos compactados	

#### 1.4.2 Objetivos da disciplina Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV

A Tabela 1.2 ilustra os principais objetivos que a disciplina Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV deve alcançar, os quais estão diretamente relacionados com os conteúdos da TABELA 1.1.

Tabela 1.2 - Objetivos da disciplina Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV.

<b>Objetivos</b> (para guiar o aprendizado)	
1.	Explicar a formação dos solos
2.	Descrever os tipos de solos
3.	Listar os principais minerais de um solo
4.	Comparar solos de graduação fina e grossa
5.	Listar os parâmetros físicos que caracterizam os solos
6.	Determinar a proporção dos principais constituintes de um solo
7.	Determinar as propriedades índices do solo
8.	Obter equações que descrevem a relação entre os constituintes do solo
9.	Justificar a determinação do tamanho das partículas de uma massa de solo
10.	Explicar os ensaios de granulometria em solos grossos e finos
11.	Reconhecer os aspectos de uma curva granulométrica
12.	Caracterizar os solos baseado no tamanho das partículas
13.	Listar os ensaios necessários para caracterizar os solos
14.	Explicar os limites de Atterberg
15.	Classificar os solos
16.	Descrever o que causa o fluxo de água através do solo
17.	Citar a lei que descrevem o fluxo de água através do solo
18.	Definir permeabilidade

19. Explicar a lei de Darcy
20. Determinar o coeficiente de permeabilidade de um solo
21. Listar os fatores que influenciam a permeabilidade de um solo
22. Determinar a taxa de fluxo de água através do solo
23. Conceituar e descrever os fatores que afetam a compactação de solos
24. Descrever os efeitos da água sobre o peso específico dos solos
25. Determinar o peso específico seco máximo e o teor de umidade ótimo

### 1.4.3 Análise das avaliações aplicadas no curso de Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV

A primeira prova da disciplina de Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV, do primeiro semestre de 2007, constou de seis questões, sendo duas práticas e quatro teóricas. A segunda prova constou de cinco questões, sendo duas práticas e três teóricas. A terceira e última prova constou de sete questões, sendo três práticas e quatro teóricas.

A Tabela 1.3 mostra a relação entre assunto, rendimento e peso da questão para cada prova. O Índice de Aproveitamento ou Rendimento ( $\eta$ ) de uma questão capacita o professor a estimar o desempenho dos alunos na mesma. Ele é definido como sendo a razão entre o somatório dos escores obtidos pelos alunos e o produto do valor máximo da questão pelo número de alunos.

Tabela 1.3 - Relação "questão x assunto x rendimento  $\eta$  x peso" das provas da disciplina de Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV.

Prova	Questão	Tipo	Assunto abordado	$\eta$ %	Peso
I	1 <sup>a</sup>	Prática	Propriedades Índices: índices físicos	38	0,33
	2 <sup>a</sup>	Teórica	Propriedades Índices: granulométrica	49	0,20
	3 <sup>a</sup>	Teórica	Estrutura dos Solos: solos finos	48	0,13
	4 <sup>a</sup>	Teórica	Propriedades Índices: granulometria	64	0,13
	5 <sup>a</sup>	Prática	Classif. e Identif. dos Solos: classif. unificada	70	0,13
	6 <sup>a</sup>	Teórica	Classif. e Identif.: classif. Unificada e HRB	29	0,08
II	1 <sup>a</sup>	Prática	Tensões num maciço de terra: teoria da elasticidade	56	0,25
	2 <sup>a</sup>	Prática	Tensões num maciço de terra: teoria da elasticidade	65	0,50
	3 <sup>a</sup>	Teórica	Tensões num maciço de terra: tensões totais e efetivas	65	0,10
	4 <sup>a</sup>	Teórica	Tensões num maciço de terra: teoria da elasticidade	63	0,10
	5 <sup>a</sup>	Teórica	Tensões num maciço de terra: teoria da elasticidade	25	0,05

	1 <sup>a</sup>	Prática	Permeabilidade: permeâmetro	19	0,15
	2 <sup>a</sup>	Prática	Movimento de água: redes de fluxo	20	0,30
III	3 <sup>a</sup>	Prática	Permeabilidade: permeâmetro e cargas hidráulicas	54	0,15
	4 <sup>a</sup>	Teórica	Permeabilidade: fatores que afetam a permeabilidade	73	0,10
	5 <sup>a</sup>	Teórica	Permeabilidade: conceitos	86	0,10
	6 <sup>a</sup>	Teórica	Compactação: conceito e objetivo	68	0,10
	7 <sup>a</sup>	Teórica	Tema Livre	81	0,10

**Nota:** no Tema Livre, o aluno elabora sua própria questão.

#### 1.4.3.1 Distribuição de Notas por Frequência

Após aplicar e corrigir uma prova, o professor pode proceder a um estudo dos resultados visando o aprimoramento de suas atividades docentes, bem como à preparação cada vez melhor das suas futuras provas. Há várias maneiras de se analisar os resultados de uma prova. Será abordada aqui apenas a interpretação gráfica da distribuição de notas por frequência.

Monta-se uma distribuição de notas por frequência, estabelecendo-se intervalos denominados classes e verificando-se o número de alunos que obtiveram notas em cada intervalo, o que se denomina frequência. A seguir lançam-se os resultados num sistema de eixos cartesianos, com as classes no eixo-X e as frequências no eixo-Y, conforme ilustrado na Figura 1.1.

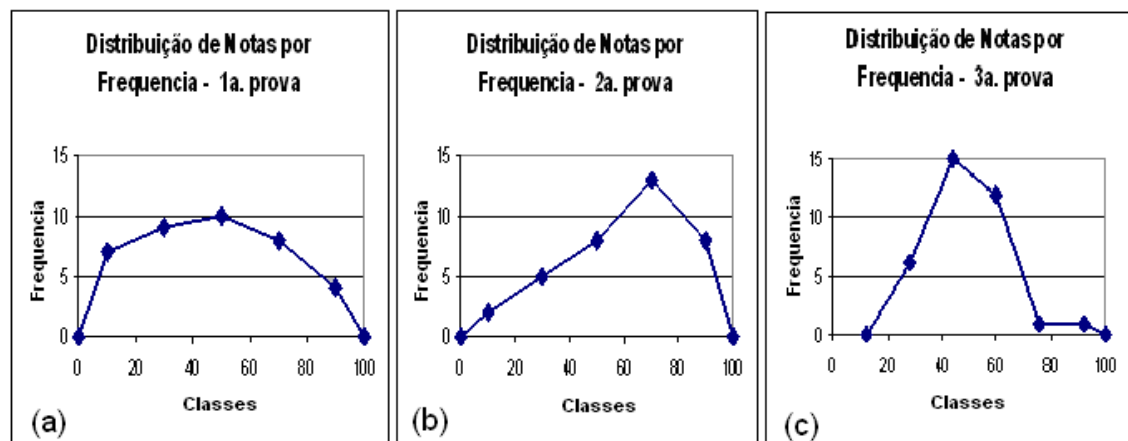


Figura 1.1 - Distribuição de Notas por Frequência para as três provas de Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV, do 1º. semestre de 2007.

A primeira prova de Mecânica dos Solos 1 (Figura 1.1a) alcançou os seguintes resultados: média = 49, mediana = 50,5 e moda = 53. Segundo Martins (1990), este é um exemplo de que a prova se ajustou à turma, pois

metade da turma alcançou nota em torno da média. O aspecto quase simétrico da curva, que não se enviesa para os lados, e que é bem mais achatada do que a curva de Gauss, indica uma turma com amplas diferenças individuais em torno da tendência central.

A segunda prova de Mecânica dos Solos 1 (Figura 1.1b) alcançou os seguintes resultados: média = 60,5, mediana = 61 e moda = 61. O resultado desta prova mostra que a maioria dos alunos obteve notas altas, pois a curva desviou-se para a direita. Segundo Martins (1990), isso demonstra que os assuntos de prova foram muito bem ministrados pelo professor, bem como, que os alunos estudaram muito e assimilaram bem a matéria, apesar do elevado grau de dificuldade da prova (conforme constatado adiante).

A terceira prova de Mecânica dos Solos 1 (Figura 1.1c) alcançou os seguintes resultados: média = 48, mediana = 45 e moda = 38. Pela análise do resultado desta prova, pode-se verificar que a maioria dos alunos obteve notas abaixo da média. Segundo Martins (1990), neste caso em que a curva se desviou para a esquerda, pode-se interpretar que a prova foi muito difícil e que os alunos não estudaram o suficiente ou então que a matéria não foi bem explicada. Como a maioria dos alunos desta turma foi aprovada após as duas primeiras provas, pode-se ponderar que a prioridade de estudo foi direcionada para outras disciplinas ou que o professor não abordou adequadamente os assuntos da prova.

Para finalidades avaliativas, as três provas são consideradas satisfatórias, pois discriminaram razoavelmente bem as notas entre os alunos que as realizaram. As distribuições de notas por frequência revelam que o grupo é bastante variado no que tange ao desempenho de cada prova. As curvas obtidas representam o tipo mais frequentemente encontrado, isto é, um tipo em que a maioria dos alunos tende a concentrar-se ao redor da média do grupo e só uns poucos atingem níveis extremamente altos ou baixos.

#### *1.4.3.2 Gráfico de Dispersão*

Para saber o grau de relação entre dois conjuntos de notas do mesmo

grupo de pessoas, usa-se o Coeficiente de Correlação do momento-produto ( $r$ ) ou Correlação de Pearson (TYLER, 1973). Esta correlação é a razão entre a somatória do produto dos desvios da média ( $d$ ) e a multiplicação do número de alunos ( $Nt$ ) pelo produto dos dois desvios-padrões ( $DP$ ),  $r = \frac{\sum(d1)(d2)}{Nt(DP1)(DP2)}$ .

Por exemplo, a relação entre as notas da parte prática e a parte teórica de uma prova de Mecânica dos Solos pode ser indicada por este índice estatístico. O valor de “ $r$ ” pode variar de -1,00 a +1,00. Uma correlação “ $r$ ” igual a 0,21 entre as notas da parte prática e teórica de uma prova é interpretada como significativamente baixa.

Para a terceira prova, mostrada na Figura 1.2, a concentração de pontos no alto e à esquerda sinaliza que a parte teórica se sobressaiu à prática. Uma situação desejável seria a de uma concentração localizada na extremidade superior da diagonal. Há uma indicação que se deva realizar mais exercícios práticos com a turma.

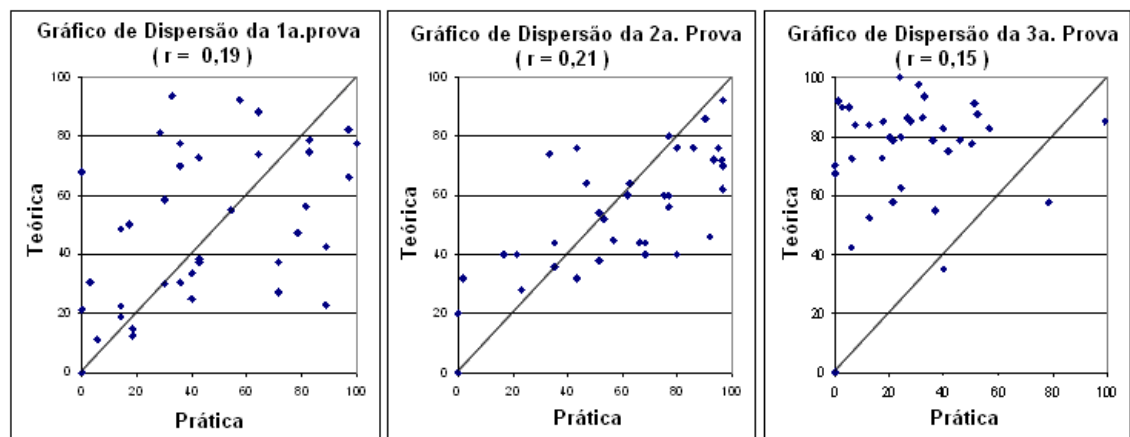


Figura 1.2 - Relação entre as questões teóricas e práticas para as três provas de Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV, do 1º. semestre de 2007.

#### 1.4.3.3 Grau de Dificuldade

O Índice de Facilidade ( $IF$ ) capacita o professor a estimar o grau de dificuldade de uma questão para a turma que a responde (LEVINE & ELZEY, 1976). Permite a análise das características de cada questão isoladamente identificando seu nível de facilidade. O  $IF$  é a razão entre o número de

estudantes que responderam corretamente a questão ( $N_c$ ) e o número total de estudantes que responderam à questão ( $N_t$ ), ou seja,  $IF = N_c / N_t$ .

De acordo com a Figura 1.3, as três provas de Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV, do primeiro semestre de 2007, apresentaram um elevado grau de dificuldade.

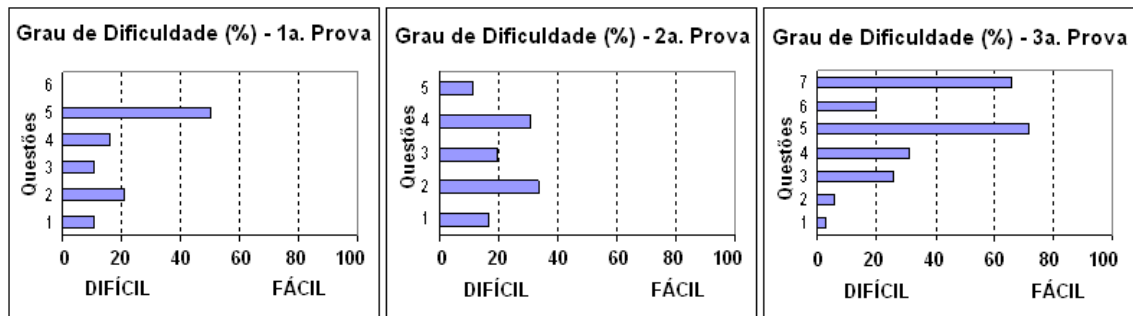


Figura 1.3 - Grau de Dificuldade por questão para as três provas de Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV, do 1º. semestre de 2007.

A análise do grau de dificuldade das questões constituintes da primeira prova mostra que as questões 1 (prática), 3 (teórica), 4 (teórica) e 6 (teórica) foram consideradas difíceis pelo grupo que as realizou. A questão 2 (teórica) foi relativamente difícil e a questão 5 (prática) foi de nível médio. Ao cruzar essas informações com o rendimento das questões apresentadas na Tabela 1.3, verificou-se que, apesar do grau de dificuldade das questões, apenas os objetivos propostos pelas questões 1 e 6 não foram alcançados satisfatoriamente pela maioria da turma. Há uma forte indicação de que se deva trabalhar melhor os conteúdos destas duas questões.

A análise da segunda prova mostra que as questões 1 (prática), 3 (teórica) e 5 (teórica) foram consideradas difíceis pelo grupo. As questões 2 (prática) e 4 (teórica) foram relativamente difíceis. Novamente, ao cruzar essas informações com o rendimento das questões apresentadas na Tabela 1.3, verificou-se que, apesar do grau de dificuldade das questões, há uma forte indicação de que apenas o objetivo proposto pela questão 5 não foi devidamente alcançado pela maioria da turma e que, portanto, deve ser trabalhado melhor o seu conteúdo.

Para a terceira prova de Mecânica dos Solos 1, a análise do grau de

dificuldade das questões mostra que as questões 1 (prática), 2 (prática) e 6 (teórica) foram consideradas difíceis pelo grupo que as realizou. As questões 3 (prática) e 4 (teórica) foram relativamente difíceis e as questões 5 (teórica) e 7 (teórica) foram relativamente fáceis. Ao cruzar essas informações com o rendimento das questões (Tabela 1.3), observou-se que os objetivos propostos pelas questões 1 e 2 não foram alcançados pela maioria da turma e que se deve trabalhar melhor os seus conteúdos.

#### 1.4.4 Delimitação do tema

Do que foi exposto nos parágrafos anteriores, os principais problemas apareceram nas questões 1 e 6 da primeira prova, na questão 5 da segunda prova e nas questões 1 e 2 da terceira prova. Dos conteúdos abordados por essas cinco questões problemáticas, “Permeabilidade” foi o tema selecionado para ser trabalhado por meio das implementações computacionais, os chamados objetos educacionais. Esta escolha foi devida a sua relevância e por ser pré-requisito para o tema subsequente, que também foi problemático.

### 1.5 HIPÓTESE E QUESTÕES DE PESQUISA

Após a descrição do problema e a delimitação do tema, levando-se em conta a intenção de direcionar o trabalho de pesquisa, foi possível estabelecer a seguinte hipótese para se resolver o problema levantado:

*“O desenvolvimento e uso de um software educacional interativo e específico pode ser uma estratégia eficiente para se resolver o problema de deficiência de aprendizado verificado nos alunos de Mecânica dos Solos 1 do DEC/UFV, em relação ao tema Movimento de Água nos Solos.”*

A pesquisa teve o intuito de trabalhar o problema da deficiência no aprendizado dos princípios do movimento de água nos solos, um tópico clássico da disciplina de Mecânica dos Solos da Engenharia Civil, utilizando para isso um software educacional interativo e específico. Pretende-se apresentar respostas a algumas questões em aberto, dentre as quais: **O software é eficiente? Em que situações? O custo-benefício é favorável?**

## 1.6 OBJETIVOS

O objetivo geral foi analisar a relação ensino-aprendizagem do tópico *Movimento de água nos solos* com o emprego do GeoWeb, um software educacional interativo (SEI), adequadamente desenvolvido para melhorar o entendimento e a retenção do conhecimento, em contraponto à metodologia tradicionalmente usada nas escolas de engenharia brasileiras.

Especificamente, a pesquisa realizada objetivou:

(a) desenvolver um ambiente computacional para facilitar o processo de ensino e aprendizagem na engenharia geotécnica, em particular, para o tópico *Movimento de água nos solos*;

(b) avaliar o ambiente desenvolvido, do ponto de vista tecnológico e pedagógico;

(c) verificar as efetivas contribuições do ambiente desenvolvido para o processo de ensino e aprendizagem do tópico *Movimento de água nos solos*.

## 1.7 DESCRIÇÃO DOS DEMAIS CAPÍTULOS

Nos demais capítulos, serão apresentados os detalhes de como a pesquisa foi conduzida e demonstrar sua adequação, considerando-se tanto a forma (software educacional interativo) quanto o conteúdo (com fundamentação teórica, aplicação e validação);

O **capítulo dois** – Revisão de Literatura – apresenta o enquadramento teórico deste trabalho em relação às seguintes duas áreas de conhecimento: Tecnologia Educacional e Movimento de Água nos Solos. Mais ainda, apresenta algumas pesquisas já realizadas na mesma linha de atuação desta tese e seus respectivos resultados (quando for o caso).

A primeira área de conhecimento aborda o uso das tecnologias computacionais no processo de ensino e aprendizagem, enfatizando os tópicos que subsidiaram a implementação do software educacional desta pesquisa. Inicialmente, apresentou-se um breve panorama do uso do computador como

recurso educacional. Em seguida, são relacionados os aspectos de interesse deste trabalho, ou seja: os softwares educacionais; as relações entre interface gráfica e interação usuário-computador; as questões relativas à avaliação dos softwares educacionais; os objetos de aprendizagem; a programação orientada a objetos e a programação visual. A segunda área de conhecimento expõe as teorias e os princípios relacionados ao problema do movimento de água nos solos, tema do software educacional interativo desenvolvido neste trabalho.

O **capítulo três** – Materiais & Métodos – inicia com a caracterização da pesquisa segundo os seguintes critérios: natureza, abordagem, objetivos, e procedimentos técnicos. Após a identificação da pesquisa, apresenta-se o esquema da metodologia utilizada através das seguintes etapas: *desenvolvimento*, *aplicação* e *resultados*. Finalizando o capítulo, as duas primeiras etapas citadas são percorridas com o intuito de esclarecer os procedimentos envolvidos. Para a etapa de *desenvolvimento* do software educacional interativo GeoWeb, apresenta-se desde a sua caracterização, passando pela implementação dos objetos educacionais, até finalizar com elaboração dos recursos usados para validá-lo. Na etapa de *aplicação* do GeoWeb, descrevem-se como os dados foram coletados.

A *análise* e a discussão dos resultados obtidos com o uso da ferramenta interativa desenvolvida para apoiar o ensino da percolação, bem como a avaliação do grau de satisfação deste uso, estão apresentadas no **capítulo quatro**.

No **capítulo cinco** apresenta-se, inicialmente, uma recapitulação sintetizada da pesquisa, um balanço dos resultados obtidos e os argumentos usados para demonstrar que os objetivos foram atingidos e que a hipótese foi confirmada. Por fim, apresentam-se as principais contribuições e algumas sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo foi organizado em torno de duas áreas de conhecimento nas quais se inseriu a pesquisa: *Tecnologia Educacional e Movimento de Água nos Solos*. Para ambas foi feito um enquadramento teórico. Ao final, foram apresentados alguns trabalhos que estão relacionados ao problema levantado bem como a contribuição proposta para o software educacional interativo GeoWeb.

### 2.1 TECNOLOGIA EDUCACIONAL

Esta seção aborda o uso de recursos educacionais como elementos ativos em situações de ensino e aprendizagem, enfatizando-se os tópicos que subsidiaram a implementação do software GeoWeb descrito, adiante, no Capítulo 3.

Inicialmente, apresenta-se um breve panorama do uso do computador no processo de ensino e aprendizagem. Em seguida, são relacionados os aspectos de interesse sobre software educacional: classificação, desenvolvimento, relações entre interface gráfica e interação usuário-computador, e avaliação. Finaliza-se com uma discussão sobre objetos de aprendizagem, programação orientada a objeto e programação visual.

#### 2.1.1 O uso do computador no processo de ensino e aprendizagem

Segundo Berns (2004), o uso das tecnologias computacionais associadas ao processo de ensino e aprendizagem é uma das estratégias utilizadas por professores e alunos na busca de melhores desempenhos acadêmicos e/ou qualificação profissional.

Esta tendência vem provocando o aumento do número de pesquisas específicas sobre o desenvolvimento de meios efetivos de apoio à aprendizagem com o uso das tecnologias digitais, além de promover alterações na maneira tradicional de ensino. Neste contexto, o uso de softwares

educacionais tornou-se um aliado para auxiliar o desenvolvimento cognitivo dos alunos (GAMA & SCHEER, 2004).

Em diversas áreas de conhecimento, os softwares educacionais têm sido desenvolvidos e testados com o intuito de atender às expectativas (dos alunos e professores) de se alcançar os melhores desempenhos possíveis. Segundo Santos (2003), como tudo ainda é recente nesta área de pesquisa, torna-se necessário, cada vez mais, a realização de novos estudos, experimentações, discussões e comparações com o que vem sendo feito em outras instituições de pesquisa, para que se possa realmente compreender o alcance das aplicações.

Uma das alternativas para a produção de softwares educacionais é através da adaptação, para o formato digital, de metodologias de ensino já existentes no formato tradicional, ou seja, utilizar as capacidades inerentes do computador para chamar a atenção do aluno (através de efeitos visuais, animações e manipulação de dados alfanuméricos), com o intuito de repassar os conteúdos curriculares (SPURLIN, 2006). Foi por este motivo que se optou, neste estudo, pelo uso de uma linguagem de programação visual como ferramenta para desenvolver o trabalho, uma vez que ela está direcionada para a criação de softwares com recursos gráficos e interativos.

O uso do computador no processo de ensino e aprendizagem viabiliza a implementação de métodos e técnicas nos quais os estudantes deixam de ser meros receptores de informações e passam a ter a possibilidade de interagir com o computador para construir seu próprio conhecimento (VICCARI, 1989). Os alunos também podem receber *feedback* pelas tarefas realizadas no computador e trocar informações com colegas e/ou o professor para iniciar novas experimentações. Além disso, a participação do professor na relação ensino-aprendizagem está mudando. Ele abandona a postura de “dono” do conhecimento e passa a agir como um orientador, atuando de forma focada no aluno com a responsabilidade de indicar as atividades e ferramentas mais adequadas para a construção do conhecimento pelos alunos (VALENTE, 1993).

O computador quando utilizado como ferramenta de auxílio ao processo de ensino e aprendizagem, pode substituir outros recursos tecnológicos e ainda permitir a interatividade usuário-computador tanto por meio de softwares adequados quanto pela internet. O aluno pode estabelecer interatividade em tempo real com o computador, baseado no princípio de funcionamento da máquina, ou seja, entrada, saída e processamento de informações, o que não é possível com as outras tecnologias. Quando o aluno interage com o computador, ele “manipula” conceitos e isso contribui ainda mais para o seu desenvolvimento cognitivo. Além disso, o computador pode ser utilizado como instrumento de aprendizado coletivo ou individual (CAMPOS et al., 2003).

Dentre as soluções pensadas para o uso dos computadores no ensino de forma geral e aqui, no caso, no ensino da engenharia, pode-se citar o problema das reprovações e o abandono de disciplinas. Cabe ao professor, a realização de experiências de ensino usando o computador como ferramenta de apoio ao processo de ensino e aprendizagem, de tal forma que elas possam servir de ponto de partida e base de trabalho na busca de soluções (BUDHU & COLEMAN, 2002).

De acordo com Silva (1998), dentre as principais características que fazem do computador uma ferramenta adequada para auxiliar o docente no processo de ensino e aprendizagem, pode-se citar as capacidades de: interação, memória, repetição, adaptação, análise e audiovisual. Quando se desenvolve um software educacional capaz de utilizar todas essas potencialidades do computador, espera-se que ele conduza o aluno à aprendizagem efetiva<sup>3</sup>.

A aprendizagem efetiva acontece quando existe um envolvimento ativo dos alunos no processamento da informação, pois quando o aluno tem a possibilidade de “fazer” (manipular, sentir, desenvolver), ele interioriza novos conceitos aos já existentes, de maneira mais fácil (EVANS, 1997). Assim, o computador se revela como uma ferramenta que contribui para a concepção de ambientes de aprendizagem efetiva por permitir que conceitos antes

---

<sup>3</sup> A aprendizagem efetiva, por definição, é aquela que facilita a percepção e a compreensão dos fatos pelo aluno (AUSUBEL, 1980).

verbalizados sejam manipulados digitalmente através da imagem e do som, tornando-se mais evidentes e interessantes (WILEY, 2000a).

Conforme exposto por alguns autores (AUSTIN & LUTTERODT, 1982; VALENTE, 1993), o computador pode apoiar o processo de ensino e aprendizagem das seguintes formas: como tutor, como instrumento, como aprendiz e como elemento de consulta. Independente da forma de uso, o usuário deverá ser capaz de lidar com a questão de entrada e saída de dados, ou seja, selecionar, interpretar e avaliar os respectivos resultados (POTTS & ZDRAVKOVIC, 1999).

Segundo Valente (1993), a introdução do computador no ensino deve ser feita com planejamento, levando em consideração a reflexão sobre os objetivos educacionais visados, a forma de concretizá-los e a avaliação dos resultados.

Uma alternativa para apoiar o trabalho docente e a aprendizagem discente está na criação de recursos digitais especificamente projetados para orientar os alunos de modo que eles atinjam os objetivos educacionais desejados. Isto é, recursos que forneçam os meios adequados para que os alunos alcancem as competências necessárias e que lhes permitam demonstrar as suas capacidades num dado domínio (SANTOS, 1999; SPURLIN, 2006).

Um programa computacional torna-se eficiente quando leva os seus usuários a alargar os horizontes, a aumentar a auto-estima, a aumentar a atividade de reflexão e resolução de problemas. Um software educativo específico torna-se eficiente quando reforça a aquisição de competências cognitivas dos alunos, assim como os seus métodos de raciocínio (AMARAL & GUEDES, 2005).

Segundo Campos et al. (1998), num cenário de ensino assistido por computador, o aluno poderá aprender através de uma abordagem guiada com reforço pré-programado ou segundo uma abordagem baseada em Ausubel (1980), na qual a compreensão do problema fica demonstrada pela habilidade

de aplicá-la a exemplos.

Segundo Santos (1999a), Santoro et al. (2002), Campos et al. (2003) e Kenski (2003), entre os cenários de aquisição de conhecimentos que as tecnologias computacionais podem suportar, estão os de aprendizagem individualizada e os de aprendizagem em grupo ou cooperativos. Como não há mais restrições de espaço e de tempo na aprendizagem auxiliada por computador, alunos e professores não têm mais a necessidade de estar no mesmo local e nem de desenvolver a atividade ao mesmo tempo. Isso favorece a construção do conhecimento, seja ela uma aprendizagem individualizada ou em grupo (SANTOS, 1999a).

Na aprendizagem individual, o usuário tem acesso ao material de estudo em formato digital, e pode se beneficiar de mecanismos de adaptação às suas próprias características. Na aprendizagem em grupo (composto por duas ou mais pessoas), dois cenários de cooperação devem ser considerados: a aprendizagem interativa e o trabalho em grupo de modo assíncrono. No cenário de *aprendizagem interativa* o aluno/usuário comunica-se com uma segunda pessoa, que pode ser um professor/tutor ou um colega. Ambos têm acesso à mesma instância do curso, e podem trabalhar cooperativamente sobre o mesmo material. Já no *trabalho em grupo de modo assíncrono*, é permitido que vários alunos trabalhem ao mesmo tempo, sobre o mesmo curso, mas as ações de cada um deles com o material do curso não são propagadas aos outros, apesar da possibilidade de comunicação entre eles. O professor pode estabelecer alguns encontros destinados a permitir a sincronização do ritmo de exploração do material por todos os alunos (SANTOS, 1999a).

Estes cenários podem ser combinados, de modo a introduzir conceitos de ensino e capacitação muito mais complexos. Por exemplo, uma sessão de aprendizagem pode consistir em vários passos diferentes. Primeiro, o grupo usa a *aprendizagem interativa*: o professor dá uma introdução comentada de alguns módulos do curso. Depois, os alunos usam o *trabalho em grupo de modo assíncrono*, para explorar, eles próprios e em mais detalhe, os tópicos ministrados. Quando houver alguma dúvida sobre um tópico particular, o aluno pode estabelecer o contato com o professor/tutor para resolver o problema. No

final, o professor pode apresentar uma questão global para discussão em grupo. Esta questão pode ser realizada num encontro, o que permite a sincronização e a reorganização do grupo (SANTOS, 1999a).

### **2.1.2 Software educacional**

Quando o software é utilizado para estimular a criatividade ou auxiliar o processo de desenvolvimento do raciocínio e estruturação do pensamento, ele é designado como software educacional (ROCHA & CAMPOS, 1993).

Segundo Gama & Scheer (2005), os softwares educacionais podem ser usados para diminuir os problemas de aprendizagem, pois favorecem a organização do conhecimento, propiciam maior disposição no enfrentamento dos erros e estimulam a cooperação entre os usuários.

Esta utilização deve ser explorada da forma mais ampla possível no processo de ensino e aprendizagem para levar o aluno, dentre outros objetivos: a resolver situações-problema; a validar estratégias e resultados; a desenvolver formas de raciocínio e estabelecer conexões com outras áreas de conhecimento. É importante que o professor enfatize o caráter construtivo do erro para não desestimular o usuário. Ao se deparar com um erro, o usuário terá oportunidade de corrigi-lo (SILVA, 1998).

Para que um software possa ser utilizado de forma diferenciada da originalmente criada, basta que o professor conheça suas especificidades e, com criatividade, o adapte às necessidades do aluno. Então, como a forma de uso do software depende da flexibilidade do professor, qualquer software pode ser designado como educacional. Para “fugir” desta generalização, o critério adotado neste trabalho para que um determinado software seja considerado educacional é que ele tenha sido feito sob a ótica da educação para desenvolver algum objetivo educacional (CAMPOS, 1994).

Segundo Ponte (1997), as pesquisas indicam que o aluno adquire maior interesse pelas atividades acadêmicas quando utiliza um software educacional. Neste contexto, um ensino voltado para experimentações agradáveis (por exemplo, com o uso de softwares específicos) tem maior probabilidade de

sucesso, pois favorece o desenvolvimento de habilidades mentais, a tomada de decisão, a criatividade e o raciocínio.

O uso adequado de um programa de computador específico, como recurso educacional, pode transpor o limite entre o conhecimento teórico e a aplicação prática e, ainda, auxiliar na transferência de aprendizagem e habilidades a novas situações. Num programa específico, o ritmo de aprendizagem de cada aluno deve ser respeitado. O programa deve permitir que o aluno-usuário tenha a oportunidade de explorar as informações e suas possibilidades, através de uma capacitação adequada que valorize a memorização, a atenção e o raciocínio. A seguir estão alguns dos aspectos, listados por Schaefermeyer (1990) e McDougall & Squires (1995), que devem ser considerados na escolha de um software educacional:

- clareza e eficácia do manual;
- facilidade de instalação e navegação;
- visual agradável;
- adequação da linguagem ao nível a que se destina;
- correção conceitual, gramatical e ortográfica;
- apresentação de diferentes níveis de dificuldade;
- seqüência de apresentação dos exercícios (aleatória ou linear);
- motivação para solução de problemas;
- feedback que auxilie na compreensão dos erros e na construção das respostas corretas.

Independente da modalidade para a qual o software foi originalmente desenvolvido é a concepção didática do professor que direcionará o seu uso para um dado contexto, ou seja, é preciso que o educador conheça bem o software e procure seus aspectos considerados positivos para poder indicá-lo como material didático (GOMES & PADOVANI, 2005).

A Tabela 2.1 apresenta a classificação dos softwares educacionais proposta por Valente (1993). Outros trabalhos sobre classificação de softwares educacionais estão disponíveis nas literaturas especializadas e entre eles tem-se: Reggini (1990), Stahl (1990), Ramos (1991), Campos (1994a), Campos & Campos (2001a) e Gomes & Padovani (2005).

Tabela 2.1 – Classificação dos softwares educacionais (VALENTE, 1993).

<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>
<i>Tutorial</i>	Versão computacional da instrução programada pode ajudar o estudante a desenvolver sua autonomia. Este tipo de software também pode ajudar o usuário a fazer uma auto-análise, pois ele tenta identificar, localizar seu erro e relacioná-lo com o que ocorreu antes e com o que ocorreu depois.
<i>Exercício-Prática</i>	Tratam de exercícios propostos referentes a um assunto já estudado e são utilizados com o intuito de consolidar a automatização da aprendizagem. São recomendados para usuários que estejam com algum problema de aprendizagem (seja ele cognitivo ou não). Este tipo de software oferece um treino para se trabalhar com o raciocínio.
<i>Simulação</i>	Implicam na criação de modelos simplificados de situações reais e geralmente envolvem sistemas dinâmicos. Com este tipo de software, o usuário passa a compor elementos de uma forma dinâmica, o que é muito mais difícil do que de uma forma estática.
<i>Sistemas hipermídia</i>	Encontrados na Internet, possuem um alto grau de interatividade. Favorece a aprendizagem pela pesquisa que se efetiva a partir da exploração e da descoberta de novas relações. Estas relações sempre conjugam percepção e memória.
<i>Jogos educativos</i>	Constitui-se numa maneira divertida de aprender. É a exploração auto-dirigida ao invés da instrução explícita e direta onde o aprendizado se realiza através da vivência lúdica e da reflexão sobre a mesma.

Santos (1999) considera que o desenvolvimento de um software educacional está diretamente relacionado aos aspectos do processo de aprendizagem dos alunos e aos aspectos do processo de mediação a ser promovido pelo professor. Portanto, é um procedimento que envolve conhecimentos multidisciplinares tanto no âmbito da educação quanto no âmbito da informática, tais como: conhecimento das teorias de aprendizagem; conhecimento dos conteúdos a serem transmitidos; conhecimento do modelo instrucional; conhecimento de informática para escolha de ferramentas; e conhecimento de avaliação do ensino para estimar a eficiência da aprendizagem realizada com o uso do software educacional. De modo pragmático, primeiro é preciso entender como as pessoas aprendem e depois é preciso transferir esse entendimento (codificação) a um modelo de software educacional de forma planejada (SPURLIN, 2006).

A Tabela 2.2 apresenta o desenvolvimento um software educacional de

qualidade funcional e pedagógica, de acordo com as cinco seguintes fases apontadas pela engenharia de software (PRESSMAN, 2002), a saber: análise; projeto; codificação; avaliação e manutenção.

Tabela 2.2 - Ciclo de Vida de um software educacional (PRESSMAN, 2002).

<b>Fases</b>	<b>Descrição</b>
<i>Análise</i>	Definição da melhor solução para o problema que o software educacional irá resolver, definindo o ambiente educacional inclusive;
<i>Projeto</i>	Definição do plano de desenvolvimento do software educacional (especificação, design, diretrizes de interface). Nesta fase, é sempre conveniente usar algum modelo/método para suporte da modelagem;
<i>Codificação</i>	Escolha da plataforma de hardware e software na qual o software educacional vai ser implementado e a implementação propriamente dita
<i>Avaliação</i>	Definição dos critérios e marcos de avaliação do processo de desenvolvimento do produto;
<i>Manutenção</i>	Implantação e controle das versões do software.

Na concepção inicial do modelo apontado pela engenharia de software, as fases eram seqüenciais, bem definidas e só com o encerramento de uma fase passava-se para a próxima. Com isso, o programa era validado apenas no final (depois de pronto), dificultando sua avaliação e/ou manutenção. Contudo, na prática, as fases vêm sendo executadas concorrentemente, ganhando-se tempo no desenvolvimento do software. A necessidade de uma equipe de validação para cada fase deverá ser fator de ponderação ao se optar por este modelo (SANTOS, 1999).

Santos (1999) apresentou uma alternativa para a criação de software educacional. Sua proposta, ilustrada na Figura 2.1, enfatiza a participação dos alunos no controle de qualidade. O processo de desenvolvimento é cíclico, feita por etapas, não necessariamente seqüencial. As etapas são repassadas repetidamente para refinar o programa até se chegar a um produto final aceitável. Neste modelo, uma pequena equipe multidisciplinar tem condições de desenvolver um software educacional de qualidade técnica e pedagógica.

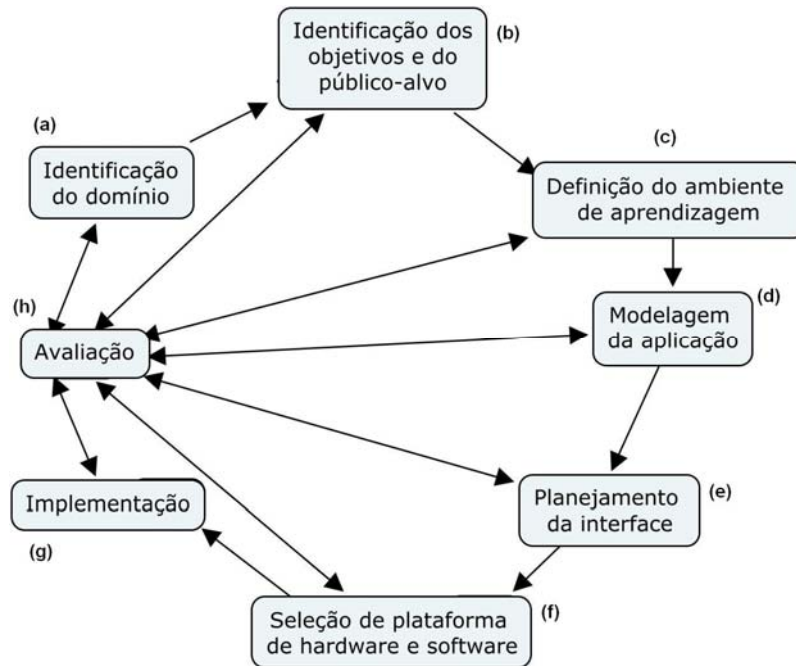


Figura 2.1 - Fluxo das etapas de desenvolvimento de um software educacional (SANTOS, 1999).

A caracterização das etapas ilustradas na Figura 2.1 vem a seguir:

- (a) *identificação do domínio*: nesta primeira etapa é definido o tema a ser abordado pelo software educacional, isto é, o domínio de aplicação;
- (b) *identificação dos objetivos e do público-alvo*: nesta etapa são definidos os objetivos educacionais que o software deverá atingir, verificando as principais características do público-alvo, tais como: nível de conhecimento e habilidade com informática;
- (c) *definição do ambiente de aprendizagem*: é necessário garantir o grau de interatividade do usuário com o software educacional, ou seja, estabelecer o grau de iniciativa permitido ao usuário e verificar como atingir os objetivos educacionais e sua adequação ao público-alvo;
- (d) *modelagem da aplicação*: nesta etapa define-se a modalidade do software educacional;
- (e) *planejamento da interface*: a interface é o mecanismo que estabelece o diálogo entre o software e o usuário, sendo um dos requisitos mais importantes para a aceitação do produto por parte do público-alvo. Nesta etapa, define-se a melhor forma de disponibilizar as funcionalidades do programa para o usuário;
- (f) *seleção de plataforma de hardware e software*: definição de software e

hardware necessários para a implementação do software educacional, bem como os aparatos que o usuário necessitará para utilizá-lo;

- (g) *implementação*: nesta fase é implementado o código do sistema propriamente dito. O software educacional é implementado nas mais diferentes plataformas e linguagens de programação;
- (h) *avaliação*: busca-se determinar a eficácia do programa em uso e fornecer meios para sugerir melhorias. Com base nos resultados da avaliação, o desenvolvimento do software educacional deve sofrer modificações e o ciclo deve ser repetido com a finalidade de aprimoramento.

Com relação à avaliação de softwares educacionais, Campos (1999a) destaca que desenvolvedores e usuários os avaliam de forma distinta. Os primeiros avaliam todas as funcionalidades do software (etapa por etapa do ciclo) através de testes padronizados por normas de qualidade. Já os usuários, usam o software e o avaliam por meio de entrevistas e/ou questionários para fornecer sugestões e críticas. A observação direta da interação usuário-computador também é usada como meio de avaliação.

O constante avanço das tecnologias educacionais está criando diferentes meios de interação entre o usuário e o computador, e ainda, gerando grandes mudanças e expectativas no processo educacional. O uso dessas tecnologias para apoiar o processo de ensino e aprendizagem é mais um desafio aos educadores para se alcançar um ensino efetivo (ALBION, 2000).

Assim, o desenvolvimento de recursos educacionais digitais, exige além de conceitos da pedagogia, a utilização conjunta e integrada de conceitos e técnicas específicas de projeto de interfaces (PRATES & BARBOSA, 2003).

No processo de interação usuário-computador, a interface é o combinado de software e hardware necessário para viabilizar e facilitar os processos de comunicação entre o usuário e a aplicação. A interface é a parte do sistema computacional com a qual o usuário entra em contato físico, perceptivo e conceitual. A interface é caracterizada então como tendo um componente físico, percebido e manipulado pelo usuário e outro conceitual, que o usuário interpreta, processa e raciocina (NORMAN, 1990).

Um modelo simplificado do processo de interação usuário-computador foi apresentado por Norman (1990) e está ilustrado na Figura 2.2, na qual podem ser observadas as intenções de uso sobre a interface e as interpretações de respostas apresentadas.

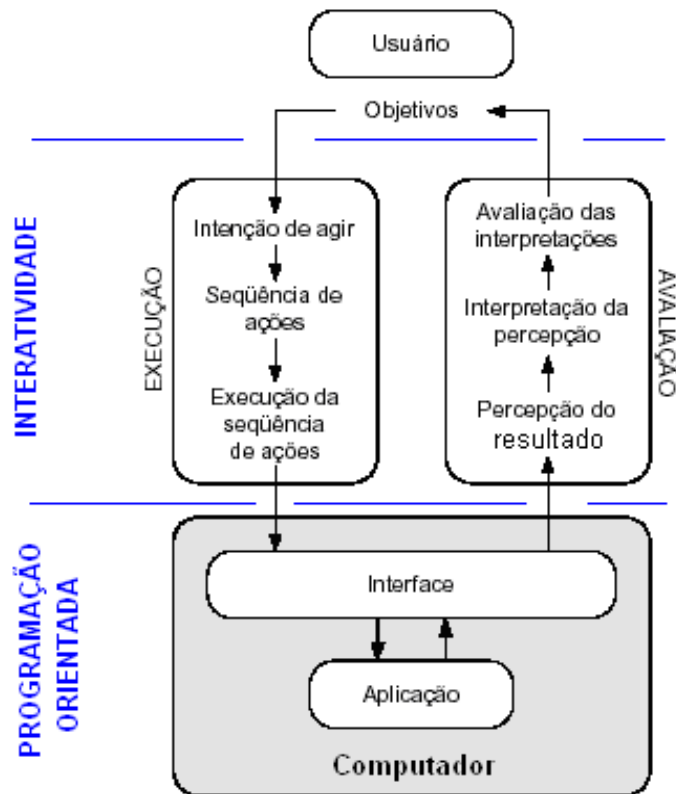


Figura 2.2 - Processo de interação usuário-computador (NORMAN, 1990).

Neste contexto, a interface é o que inicia o programa para seus usuários, habilitando-os a extrair informações de dentro dele. Portanto, é o projeto da interface, mais do que qualquer outra característica, que habilita um software educacional a ser de uso amigável. A interface deve ser flexível o suficiente para se adequar aos diferentes perfis de usuários, permitindo que eles programam no processo de auto-aprendizagem com o programa (NORMAN, 1990).

O projeto das interfaces para uma aplicação computacional educativa pressupõe uma série de critérios gráficos, como conceitos de organização e estrutura visual, estudo de cores, projeto e ergonomia (LEWIS & RIEMAN, 1994; FERNANDES, 2004).

Para que o projeto das interfaces alcance os seus objetivos torna-se necessário que os usuários consigam utilizar o software de maneira adequada. Nos recursos digitais de ensino, uma interface de boa qualidade pode tanto desempenhar o papel de mediador e facilitador entre aluno e conteúdo, quanto estimular o aluno no seu aprendizado, isto é, fazer com que o usuário consiga realizar suas tarefas (SOUZA et al., 1999).

A Figura 2.3 ilustra uma visão da escala evolutiva dos sistemas computacionais e seu entendimento facilita a compreensão das teorias que cercam o projeto das interfaces (SOUZA et al., 1999).

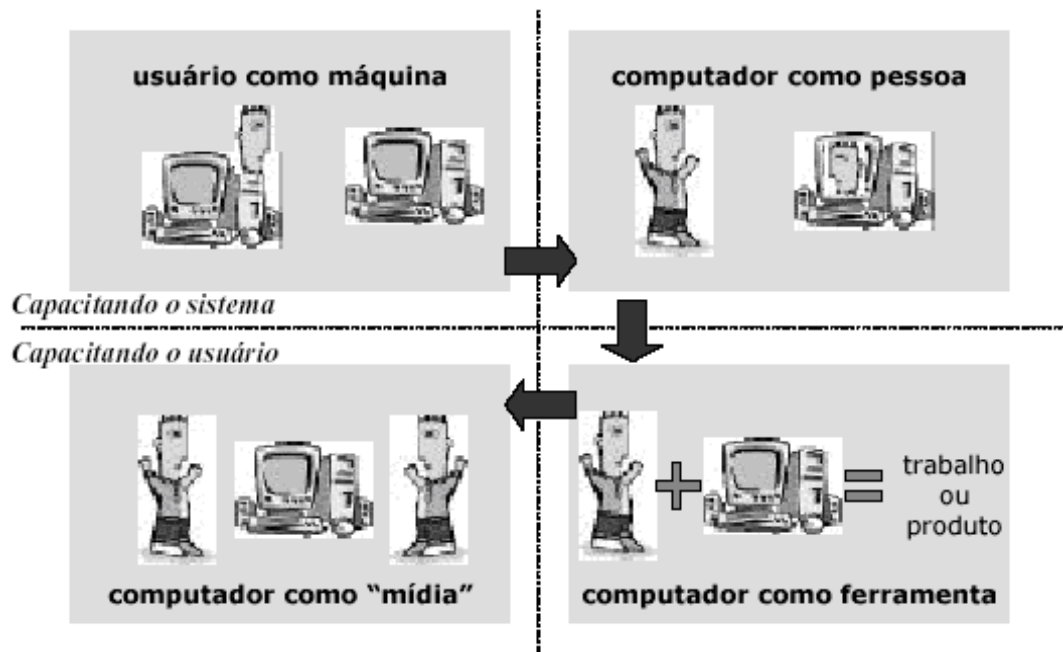


Figura 2.3 - Modelos de interação usuário-computador (SOUZA et al., 1999).

A análise da Figura 2.3 indica que, inicialmente, o usuário era considerado uma máquina, que tinha que aprender a falar a linguagem do computador. Em seguida, com o surgimento da Inteligência Artificial, computador foi considerado como uma pessoa. Nestas duas primeiras perspectivas, o foco fica centrado no computador e não no usuário. Mais tarde, surgiu a perspectiva de computador como ferramenta, que o usuário utiliza para obter um resultado. Por fim, a perspectiva do computador como um mediador da comunicação entre pessoas. Nestas duas últimas perspectivas, o foco fica no usuário e não mais no computador.

Segundo Dias (2002), o projeto da interface de um software começa com a estruturação do conteúdo e a definição do perfil dos usuários. Ele propõe a caracterização do perfil dos usuários através de oito premissas:

- identificação do usuário: Quem a usará?
- definição da aparência da janela: Como ela se parecerá?
- definição das formas de interação usuário-máquina: Como o programa dialoga com o usuário?
- definição da maneira pela qual o usuário vai acessar o software: Como a interface será usada?
- definição das restrições de uso do software: Qual a frequência de uso?
- definição das restrições ao tempo de uso do software: Por quanto tempo?
- como estarão integradas as informações?
- é fácil de ser aprendida a utilização?

No âmbito didático, a interface de um software educacional é constituída pelo conjunto dos elementos gráficos e recursos de interatividade disponibilizados, que por sua vez são responsáveis pela comunicação entre o sistema e o usuário. Sua construção depende da forma pela qual o assunto escolhido deve ser convertido para o formato interativo. Para isso, deve-se definir nesta fase, o aspecto dos gráficos, textos e ilustrações, o posicionamento e características funcionais dos componentes utilizados (botões de seleção, campos de texto), o formato das respostas e a maneira segundo a qual será feita a distribuição do conteúdo na área visível (DIAS, 2002).

As características da interface do programa educacional implementado neste trabalho bem como dos objetos educacionais que compuseram o programa serão apresentadas no capítulo seguinte, tendo como critério, a simplicidade operacional (acionamento de um botão).

Para se entender a relação entre a interface e a aquisição de conhecimentos torna-se, necessário a aplicação de modelos teóricos de aprendizagem e a realização de observações *in loco* da adaptação dos usuários à interface. Essas experiências são realizadas para gerar os conhecimentos que só emergem durante o uso do programa, e assim, cria-se a

base de informações necessárias para se subsidiar novas experimentações.

Algumas destas informações já estão disponíveis nas literaturas técnicas, como, por exemplo, as publicadas por Nielsen (2000): a leitura na tela do computador é cerca de 25% mais lenta do que a leitura de impressos; apenas 21% dos usuários lêem todo o texto, os 79% restantes apenas “passam os olhos” pelo texto; a utilização de textos concisos aumenta em 58% a leitura.

Para a largura das colunas de textos, a recomendação de Lynch & Horton (1997), é de não ultrapassar 8 cm. A razão é de fundo psicológico e fisiológico, pois, o movimento normal dos olhos durante uma leitura não ultrapassa esta largura. As colunas quando muito extensas são desconfortáveis para leitura, pois provocam um movimento leve, mas contínuo da cabeça do usuário ou causam esforço para o músculo de seus olhos correrem a extensão de toda a linha do texto.

Para se avaliar uma aplicação computacional interativa cabe observar se ela obedece ou não a um conjunto de critérios ergonômicos desejáveis. Algumas das recomendações apresentadas em Ramos (1996) serão sintetizadas a seguir. Tais recomendações concernem aos dispositivos de entrada e ordenação, ao vocabulário e sintaxe e às mensagens de erros e guias de utilização. Tem-se:

- sucessão de operações: o problema está na adequação entre a ordem das operações fixadas pela máquina e aquela necessária ao usuário para realizar sua tarefa não importando o ambiente, mas sim que a sucessão se dê de acordo com a lógica do usuário ou com uma lógica de utilização. Trata-se neste caso (RAMOS, 1996):
  - ✓ do tipo de encadeamento entre as operações;
  - ✓ da possibilidade do encadeamento variar segundo o grau de experiência e do tipo do usuário;
  - ✓ da possibilidade de acesso a todas as informações a todo momento;
  - ✓ de poder sair, anular ou interromper (com retorno ao mesmo ponto) uma transação a qualquer momento;
  - ✓ de fazer uma chamada a uma operação qualquer que seja a partir de

uma outra e voltar a primeira.

- linguagem de interação: a linguagem de interação usuário-computador deve conter um vocabulário simples, para guiar o usuário nas operações que ele deseja que a máquina faça e também, permitir que o usuário interprete as respostas que lhe são fornecidas após a execução das operações solicitadas. Privilegiar o vocabulário comumente falado pelos usuários facilita a memorização e favorece a formação de automatismos (RAMOS, 1996).
- os tempos de resposta: na interação usuário-computador, o tempo de retorno da resposta do computador pode ser de imediato ou compatível com a velocidade do processo cognitivo do ser humano. O tempo de resposta numa conversação entre duas pessoas é da ordem de dois segundos e a retenção dos dados na memória curta leva de dois a seis segundos no máximo (RAMOS, 1996).
- o tratamento de erros: cabe neste caso, distinguir os erros de execução e os de intenção. Os *erros de execução* são facilmente detectáveis e retificáveis. Ocorrem, por exemplo, ao se “cliquear” inadvertidamente outra tecla que não aquela desejada. Os *erros de intenção* correspondem a uma má interpretação dos procedimentos. Estes erros podem não ser detectados e sua retificação pode exigir um esforço de aprendizagem de parte do usuário. Ambos os erros devem ser assinalados de imediato (ou o mais rapidamente possível) por causa da volatilidade da memória curta. Para a correção de erros, o usuário deverá rever as operações ou o ponto no qual se situa o erro e anular o trabalho realizado a partir dele (RAMOS, 1996).
- a ajuda na realização de tarefas:
  - ✓ *transferência de dados* - o usuário pode transferir um dado de uma aplicação a uma outra, sem precisar reescrevê-lo. Esta função permite minimizar os embargos e evitar os erros de digitação;
  - ✓ *interrupção* – o usuário pode interromper uma operação para ir executar uma outra operação, e retomar à primeira a partir do ponto interrompido. A interrupção permite ao usuário saia e retome, não importa qual a

operação esteja em curso de execução;

- ✓ *saída* - o usuário pode precisar abandonar seu trabalho a qualquer momento ou ir para um outro item do menu. O software deve sinalizar as conseqüências desta atitude, conforme o lugar no qual o usuário se encontra;
  - ✓ *retardar* - o usuário pode querer retardar não importa qual operação dentro do tempo. Retardar se distingue da saída porque dentro da ação de retardar existe a memorização da tarefa não terminada, e isto, não acontece na ação de saída;
  - ✓ *anular* - o usuário pode anular a última ação que foi realizada, esta possibilidade é particularmente útil para que se possam corrigir os erros cometidos pelo usuário ou assinalados pelo software.
- A ajuda na aprendizagem: trata-se do auxílio à aprendizagem de manuseio do software interativo (e não do trabalho em si), por meio de pelo menos dois guias (RAMOS, 1996):
    - ✓ *guia funcional* - o usuário deve poder ter acesso, a qualquer momento, a um comando do tipo "S.O.S." que lhe permite reconhecer a lista de operações possíveis dentro do estágio atual do trabalho com a explicação das funções ou os efeitos de um dado comando. Este tipo de possibilidade é clássico e possui grande popularidade;
    - ✓ *guia de utilização* - o usuário deve poder ter acesso, a qualquer momento, a um guia elaborado segundo uma lógica de utilização e um objetivo que ele tenha fixado. Este guia viabiliza a resposta a questões do tipo "Como fazer para...?". Sua elaboração encadeia uma estruturação do sistema em objetivos, sub-objetivos, operações e precedências. O *help* descritivo do tipo "O que é isso? O que é que isso faz?" é o que se encontra na maioria dos softwares educacionais. Eles ocorrem no modo de execução, quando o usuário aponta (com o auxílio do *mouse*) para um objeto na tela e aparece uma descrição.

O estabelecimento de critérios avaliativos é uma técnica adequada para controlar a qualidade de um software educacional. A definição dos critérios deve passar por um rigoroso e contínuo processo de experimentação e reavaliação com o passar do tempo. Isso implica na formação de uma equipe

de mantenedores para efetuar checagens e atualizações no código fonte do programa. A contínua melhoria de um software educacional facilita sua integração na grade curricular e isso justifica a relevância do envolvimento do professor no desenvolvimento do programa, como responsável em estabelecer os objetivos educacionais e os futuros usuários (ALBION, 2000).

A qualidade, segundo a norma ISO (ISO/CD8402, 1990), é a totalidade das características de um produto ou serviço que lhe confere a capacidade de satisfazer as necessidades implícitas de seus usuários. Assim, através da avaliação de um software educacional torna-se possível aferir a qualidade, que por sua vez, vem a ser a responsável pela difusão do uso do recurso tecnológico no meio acadêmico.

O modelo de avaliação disponível no repositório *Merlot - Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching* (MERLOT, 2004) enfatiza três atribuições: qualidade de conteúdo, efetividade como recurso de ensino e facilidade de uso. Este modelo de avaliação está na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Modelo de avaliação disponibilizado em MERLOT (2004).

<b>Qualidade de conteúdo</b>	<b>Efetividade como recurso de ensino</b>	<b>Facilidade de uso</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- É claro e conciso.</li> <li>- Demonstra um conceito base.</li> <li>- É relevante.</li> <li>- Apresenta informações precisas.</li> <li>- É flexível e reutilizável.</li> <li>- Inclui quantidade adequada de material.</li> <li>- Resume bem o conceito.</li> <li>- Alta qualidade de conteúdo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifica objetivos de aprendizagem.</li> <li>- Identifica conhecimentos de pré-requisito.</li> <li>- Reforça conceitos progressivamente.</li> <li>- Fundamenta-se em conceitos prévios.</li> <li>- Demonstra relações entre conceitos.</li> <li>- É muito eficiente (pode-se aprender muito em um pequeno período de tempo).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- É fácil de usar.</li> <li>- Tem instruções bem claras.</li> <li>- É engajador.</li> <li>- É visualmente atraente.</li> <li>- É interativo.</li> <li>- Elevada qualidade de projeto.</li> </ul>

De um modo geral, a criação de um software educacional de qualidade técnica e pedagógica é uma das metas de trabalho dos grupos de desenvolvedores. Neste contexto, a idéia é fornecer uma relação de aspectos que devem ser observados para a avaliação de um software educacional considerando-se as diversas possibilidades de uso da tecnologia da informática

no processo educacional. Existem características que são peculiares a cada tipo, não fazendo sentido avaliar de forma idêntica um tutorial e uma simulação.

Segundo Carraher (1990), os dois principais contextos nos quais podem ser inseridos os aspectos observáveis na avaliação de um software educacional são: o pedagógico (ou educacional) e o computacional (ou técnico).

Com base nas referências (RAMOS, 1991; CAMPOS, 1994; CAMPOS, 1994a; RAMOS, 1996; BELCHIOR, 1997; EVANS, 1997; CAMPOS et al., 1999; BRAGA & MAUBRIGADES, 2005; GOMES & PADOVANI, 2005), percebe-se que a avaliação de um software educacional específico com relação ao âmbito pedagógico, não exige a definição de um padrão de qualidade para o mesmo porque não há, a princípio, um modelo de comparação (ou *benchmark*), uma vez que cada software tem um processo de criação distinto, dependente da demanda e dos objetivos educacionais a que se destina.

Segundo Ramos (1996), o ato de classificar um software quanto ao tipo de uso educacional a que se destina, é uma das etapas da avaliação do software. Na verdade, a primeira e a principal etapa, pois o tipo de uso a que se destina, reflete a concepção pedagógica do software.

A explicitação da concepção pedagógica é fundamental para a definição do padrão de qualidade a ser adotado no processo de avaliação. Aposta-se então que um software educacional eficiente propiciará experiências educacionais adequadas, ou pelo menos tornará mais produtivo o ensino efetivado nos moldes tradicionais.

Considerando os aspectos abordados anteriormente, apresenta-se a seguir uma relação das questões pedagógicas a serem observadas na avaliação de alguns tipos de softwares educacionais.

Em geral, sob o enfoque comportamentalista, a qualidade da estratégia educacional deve ser aferida com relação à eficiência de se provocar determinada mudança de comportamento, de maneira a não causar esforços e/ou angústias desnecessárias (RAMOS, 1991). Serão relacionados a seguir,

segundo Ramos (1991), os aspectos que devem ser observados nos softwares educacionais dos tipos *Tutorial* e *Exercício-Prática*, como segue:

- *tutorial*: Sob quais aspectos justifica-se o uso dos recursos computacionais na proposta? Com relação à motivação para o aprendizado e a apresentação dos conteúdos: A estratégia motivadora utilizada é eficiente e adequada? O ritmo de trabalho é controlável? O conteúdo está desenvolvido corretamente? O diálogo é rico e bem formulado? Com respeito à aplicação dos conhecimentos e retro-alimentação: A seqüência de problemas propostos é adequada? Permite tratamento personalizado do erro com estratégias corretas de reforço? O resultado final alcançado pelos alunos é satisfatório? Outras questões de interesse: O software é de fácil operação? As instruções fornecidas são claras? Permite o registro eficiente da evolução de cada aluno?
- *exercício-prática*: excetuando-se a etapa da apresentação do conteúdo esta modalidade reproduz a anterior, devendo ser observados os mesmos aspectos.

Sob o enfoque cognitivista/construtivista, a avaliação deve se encaminhar no sentido de definir o potencial cognitivo da proposta, o nível de satisfação e de interesse demonstrado pelos alunos, o nível de sociabilização fomentado entre os alunos e também, o nível de interação permitido entre o ambiente e o aprendiz (RAMOS, 1991). Serão relacionados a seguir, segundo Ramos (1991), os aspectos que devem ser observados nos softwares educacionais dos tipos *Simulações* e *Jogos Educativos*, como segue.

- *simulações*: A vivência concreta da experiência é inviável por questões financeiras, temporais, geográficas ou de periculosidade? O software permite o enriquecimento cognitivo da experiência ampliando o leque das informações assimiláveis? Este enriquecimento pode ser alcançado de três maneiras, a saber:
  - ✓ com a introdução de interfaces que permitem a captação e o tratamento simultâneo de uma grande massa de dados;
  - ✓ com a facilidade de repetição do experimento, num grande número de vezes, o que permitiria a criação de uma sensibilidade mais aguçada a

respeito do relacionamento das variáveis envolvidas na experiência;

- ✓ com a flexibilidade e o controle das variáveis de entrada do modelo, possibilitando a realização da experiência sob condições dificilmente obtidas na realidade.
- *jogos educativos*: procuram introduzir nas simulações um componente lúdico e prazeroso. Logo além dos aspectos relacionados com os simuladores cabe observar ainda: A estratégia motivadora do prazer não apresenta nenhum tipo de efeito colateral (Competição exacerbada, indução a preconceitos, angústia, etc.)?

Segundo Campos (1994), a avaliação do software educacional com relação ao âmbito técnico está diretamente relacionada à sua aceitação junto a seus usuários (professores e alunos). Daí a relevância dos princípios da usabilidade para o processo de qualificação do programa, pois se o grau de satisfação com o uso do programa for elevado, fica garantida a sua aceitação, não importando o algoritmo ou a arquitetura interna (CAMPOS et al., 1996).

A ISO 9241-11(1998) define usabilidade como “a efetividade, a eficiência e a satisfação com que determinados usuários conseguem atingir objetivos específicos em determinadas circunstâncias”. É um conceito que se refere à qualidade de interação entre o usuário e sistema (software, internet, etc.), sendo apenas um entre vários fatores que influenciam a aceitação prática de um produto pelo usuário final.

A Figura 2.4 ilustra os fatores de aceitação de um sistema computacional segundo a proposta de Nielsen (1993). O custo, a compatibilidade, a confiabilidade e a utilidade de um sistema são também, outros fatores relevantes neste quesito de aceitação prática. A utilidade determina o quanto um sistema está capacitado para que os usuários alcancem seus objetivos iniciais, dividindo-se entre funcionalidade e usabilidade. A funcionalidade trata da escolha das funções necessárias para a realização das tarefas desejadas e a usabilidade trata do método de acesso das funções pelos usuários.

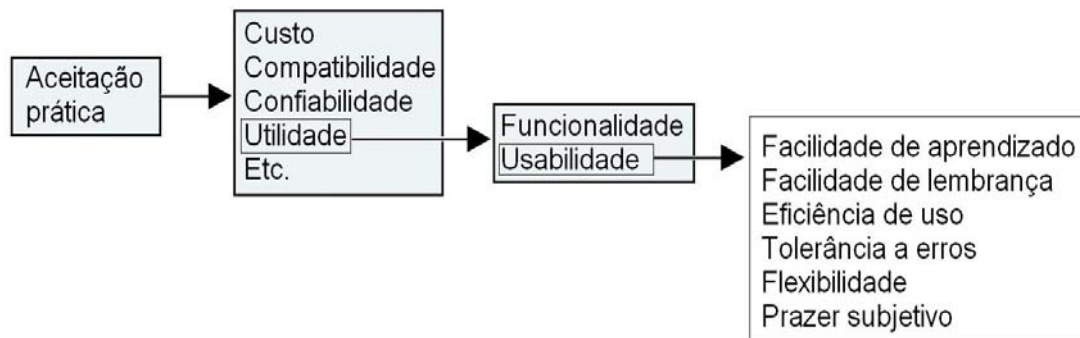


Figura 2.4 - Fatores de aceitação de um sistema (NIELSEN, 1993).

A usabilidade está sendo estudada por profissionais de diferentes áreas de pesquisa, dentre elas: Ergonomia, Engenharia de Fatores Humanos, Interação Homem-Computador e Psicologia Cognitiva. Estas duas últimas áreas pesquisam o comportamento dos usuários e como eles interagem com interfaces de software, de hardware, ambientes interativos e outros artefatos tecnológicos (RAMOS, 1996).

O modelo de Winckler (2001) para avaliação de usabilidade da *Web* pode ser adequadamente ajustado aos cenários fora dela. Segundo este autor, vários problemas podem ser detectados e corrigidos quando a usabilidade é aplicada durante o processo de concepção da interface. Isso viabiliza as seguintes correções: redução do tempo de acesso à informação, tornar informações facilmente disponíveis aos usuários e evitar a frustração do usuário.

De acordo com Winckler (2001), uma determinada interface apresenta problema de usabilidade quando o usuário tem dificuldade de realizar uma tarefa, chegando a ocasionar até mesmo a sua total rejeição. Mais ainda, o que é um problema de usabilidade para um usuário pode não ser para outro.

De acordo com a norma ISO 9241-11 (1998), a avaliação da usabilidade pode ser realizada em qualquer fase do desenvolvimento de sistemas educacionais. Na fase inicial, serve para identificar parâmetros ou elementos a serem implementados no sistema. Na fase intermediária, é útil na validação ou no refinamento do projeto. E na fase final, assegura que o sistema atenda aos objetivos e às necessidades dos usuários.

Conforme Medeiros & Cybis (2000), a avaliação da usabilidade permite obter os resultados descritos a seguir:

- constatar, observar e registrar problemas efetivos de usabilidade durante a interação;
- calcular métricas objetivas para eficácia, eficiência e produtividade do usuário na interação com o sistema;
- diagnosticar as características do projeto que provavelmente atrapalhem a interação por estarem em desconformidade com padrões implícitos e explícitos de usabilidade;
- prever dificuldades de aprendizado na operação do sistema;
- prever os tempos de execução de tarefas informatizadas;
- conhecer a opinião do usuário em relação ao sistema;
- sugerir as ações de re-projeto mais evidentes diante dos problemas de interação efetivos ou diagnosticados.

A avaliação qualitativa de um software educacional deve ser realizada de forma prospectiva, com a participação dos usuários, segundo suas experiências e opiniões, de modo que os dados sejam coletados à medida que os eventos em estudo sejam observados. Essa avaliação baseia-se na aplicação de entrevistas e/ou questionários para estimar o grau de satisfação dos usuários em relação ou ao software educacional ou à interação com a interface (MEDEIROS & CYBIS, 2000).

Não há padronização para se formular entrevistas ou questionários, porém, existem recomendações que podem ser encontradas em Ebel & Frisbie (1991), Bogdan & Biklen (1994), Flick (2004) e Coutinho & Cunha (2004), entre outros.

Segundo Ebel & Frisbie (1991), existem diferenças significativas entre uma entrevista e um questionário. De modo geral, o questionário fornece respostas escritas a questões previamente definidas, enquanto que, com a entrevista, torna-se possível solicitar explicações e obter informações adicionais acerca das reações dos respondentes, ou seja, a entrevista permite conhecer o assunto em causa com maior profundidade do que os questionários (CAMPOS et al., 1994c).

Entrevistas e questionários são utilizados para se avaliar a interação entre o usuário e o software, através da coleta de informações subjetivas sobre qualidade e problemas encontrados no momento do uso, entre outras possibilidades. Essas informações só podem ser obtidas através de perguntas aos usuários. Normalmente, o uso destas técnicas se dá após a conclusão do produto, servindo para refinar sua qualidade, para implementar novos recursos ou ainda para corrigir falhas de interação ou desempenho.

Segundo Coutinho & Cunha (2004), um modelo de entrevista ou de questionário apóia-se nas experiências, nas intuições e nas circunstâncias de seus elaboradores. Ao ser utilizado em pesquisas, o modelo pode deparar-se com situações inicialmente imprevistas, indicando a necessidade de ajustes nas questões norteadoras da pesquisa.

De acordo com Campos (1994b), a entrevista é adequada para se obter informações sobre o processo de ensino e aprendizagem e seus produtos, diagnosticar processos e dificuldades de aprendizagem, fornecer pistas para ultrapassar dificuldades e identificar soluções.

Segundo Winckler (2001), dentre as diversas utilidades de um questionário, destacam-se: a identificação do perfil dos usuários, a determinação do grau de satisfação dos usuários com relação à interface e a estruturação das informações sobre problemas de usabilidade identificados por usuários.

Os questionários normalmente são compostos por uma série de indagações sobre um determinado assunto, incluindo perguntas abertas e/ou fechadas. Com as perguntas abertas torna-se possível obter respostas discursivas dos usuários sobre um assunto. Com as perguntas fechadas, o usuário tem um conjunto de possíveis respostas preestabelecidas a escolher e expressa sua opinião concordando ou discordando de afirmativas dadas. Através das respostas, os desenvolvedores podem centrar suas análises sobre os pontos problemáticos do produto (MEDEIROS & CYBIS, 2000).

A Figura 2.5 ilustra um exemplo de questão do tipo fechada, em que o

usuário registra sua opinião. É utilizada para quantificar o grau de satisfação do usuário. O questionário expõe a análise dos resultados, pois são facilmente mapeadas para números, embora restrinjam as possibilidades de resposta dos usuários.





CONFIABILIDADE EDUCACIONAL:					
Critérios ↓	 Satisfaz completamente	 Satisfaz	Não se aplica	 Satisfaz com restrições	 Não satisfaz
1. Adequação aos Objetivos Educacionais					

Figura 2.5 - Exemplo de questionário fechado, adaptado de CAMPOS (1994).

### 2.1.3 Objetos de aprendizagem

De acordo com Wiley (2000), os objetos de aprendizagem (ou objetos educacionais) são recursos modulares com identificação exclusiva, que podem ser usados para apoiar a aprendizagem. Segundo o *Learning Technology Standards Committee* (LTSC, 2002), os objetos de aprendizagem são quaisquer entidades, digitais ou não, que podem ser usadas, reusadas ou referenciadas durante a aprendizagem apoiada por tecnologia.

Para o propósito deste trabalho de pesquisa, qualquer recurso digital que possa ser reutilizado para apoiar a aprendizagem é considerado como um objeto educacional. A idéia principal é dividir o conteúdo educacional em pequenas partes para que possam ser reutilizadas em vários ambientes de aprendizagem Wiley (1999), no mesmo espírito da programação orientada a objetos visto a seguir.

Segundo Wiley (2000), as principais características de um objeto educacional são:

- autocontido (cada objeto é visto de forma independente);
- reutilizável (um mesmo objeto pode ser utilizado em outros contextos e finalidades);
- agregável (objetos podem se agrupados em coleções maiores de conteúdos, incluindo as estruturas tradicionais do curso);

- indexado com metadados (cada objeto possui informações descritivas, permitindo que sejam facilmente encontrados em uma busca).

#### **2.1.4 Programação orientada a objeto e linguagem visual**

Segundo Rumbaugh et al. (1994), a programação orientada a objeto independe da linguagem da programação, ou seja, o desenvolvimento de programas baseado em objetos é uma maneira de pensar e não uma técnica de programação.

Os *objetos* são metáforas naturais para objetos físicos e entidades abstratas e os *eventos* são as ações realizadas pelo usuário para comandar os objetos, que pode se efetuar, por exemplo, ao clicar o mouse ou ao pressionar uma tecla.

Segundo Barros et al. (2000), o uso deste tipo de programação se intensificou em razão do aparecimento dos ambientes gráficos (como o Windows) e das linguagens visuais como o C++, o Visual Basic, o Delphi, entre outras.

Os programas gráficos são basicamente formados por objetos: formulários, botões, caixas de edição, rótulos, imagens, botões de rádio, caixas de checagem, barras de rolagem, memorandos, caixas de listagem, caixas de mensagem, caixas de diálogo, etc. Os objetos contêm dados e processos que são tratados por eventos (ou ações) de forma que os processos acessem ou modifiquem os dados.

As linguagens visuais são ambientes de desenvolvimento integrado (*Integrated Development Environment* - IDE) que permitem o desenvolvimento de sofisticadas aplicações (programas) para rodar em plataforma Windows com um mínimo de codificação (CORNELL, 1996). Para funcionar, o programa tem que possuir um formulário criado em tempo de programação que se transforma em interface gráfica usuário-máquina no tempo de execução. O desafio de criar interfaces gráficas no ambiente de programação visual está em torná-las, cada vez mais atrativas e intuitivas ao usuário, pois um IDE permite desenhar figuras, fazer cálculos, enviar mensagens ao usuário, exibir janelas e gráficos,

dentre inúmeros outros recursos.

As linguagens visuais utilizam o paradigma da programação orientada a objeto. Esta programação resulta da idéia da “funcionalidade pré-embalada”, ou seja, o programa é formado por objetos com certas propriedades (forma, cor, tamanho, etc.) e funções (armazenar números, textos, imagens, etc.). Os objetos se comunicam com outros objetos ou códigos de programação para saber o que fazer. Na programação orientada a objeto, a preocupação do programador é saber usar de forma adequada a funcionalidade do objeto e alterar suas propriedades (não precisando saber como a funcionalidade foi implementada).

Sendo uma linguagem totalmente orientada a objetos, a vantagem de se trabalhar com uma linguagem visual está na sua simplicidade (PENROD, 1995). Algumas características das linguagens visuais são apresentadas a seguir:

- segura: o código executável não pode ser alterado;
- simples: tem uma sintaxe muito simples que permite ao usuário programar facilmente de forma clara e orientada a objetos;
- robusta: tem por finalidade a criação de programas que sejam confiáveis, eliminando situações de erro;
- multitarefa: em um mesmo programa podem-se ter vários processos rodando de forma concorrente.

É preciso estar atento às inovações tecnológicas proporcionadas pelo computador, entre elas, os softwares educacionais. A concepção e a avaliação não são tarefas simples e imediatas, pelo contrário, exigem conhecimento sobre as teorias de aprendizagem, técnicas computacionais e educacionais, entre outros requisitos. Efetivar a aquisição de conhecimento com o auxílio de um software educacional é um desafio que deve ser superado com a realização de pesquisas.

## **2.2 MOVIMENTO DE ÁGUA NOS SOLOS**

Segundo Terzaghi & Peck (1962), os conceitos que regem a teoria do

fluxo de água nos solos (ou percolação) são fundamentais nos estudos da prevenção da ruptura hidráulica em diversas situações práticas da engenharia geotécnica.

A construção de barragens de terra é uma delas e requer muita cautela do engenheiro, que deve se precaver do fenômeno de retroerosão subterrânea (ou *piping*) que pode ocorrer devido à percolação de água pelas fundações ou por infiltrações pelo corpo da barragem, provocando o arrastamento dos grãos do solo (VARGAS, 1978). Outra situação é a de uma escavação em areia, previamente escorada com estacas pranchas, em que o nível da água é rebaixado para que se possa trabalhar a seco. Neste caso, o engenheiro deve se precaver do fenômeno de liquefação no qual o solo perde resistência devido às pressões de um fluxo de água ascendente, o que provoca o levantamento do solo. O aparecimento desses fenômenos depõe contra a segurança da obra ao provocar a instabilidade do solo por conta das elevadas forças de percolação de água (CAPUTO, 1987).

Evitar situações prováveis de *piping* e liquefação, com a previsão do cálculo de vazão, tensões efetivas, forças de percolação e gradiente hidráulico crítico, são algumas das questões técnicas tratadas pelo engenheiro geotécnico, o qual terá que utilizar de seus conhecimentos acerca do fenômeno de fluxo de água em solos, para respondê-las (VARGAS, 1978).

O movimento da água no interior de um maciço de solo provoca forças nas partículas sólidas do solo que por sua vez influenciam o estado de tensões do maciço. Os valores de poro-pressão e com isto os valores de tensão efetiva em cada ponto do solo são alterados em decorrência de alterações no regime de fluxo. Na zona não saturada, mudanças nos valores de umidade do solo irão alterar de forma significativa os valores de sua resistência ao cisalhamento (LAMBE & WHITMAN, 1968).

A influência do fluxo de água na estabilidade das massas de solo se dá pelo fato de que quando há fluxo no solo, a pressão a qual água está sujeita é de natureza hidrodinâmica e, dependendo da direção do fluxo, esta pressão pode alterar o peso específico submerso do solo. Por exemplo, se a água flui

em sentido descendente, o peso específico submerso do solo é aumentado. Se o fluxo ocorre em uma direção ascendente, as partículas de solo são submetidas a um esforço, o qual tende a diminuir o seu peso específico submerso (HOLTZ & KOVACS, 1981).

De acordo com o princípio das tensões efetivas de Terzaghi (TERZAGHI & PECK, 1962), conservando-se a tensão total atuando em um ponto na massa de solo e modificando-se o valor da poro-pressão naquele ponto, a sua tensão efetiva será modificada. A tensão efetiva é a responsável direta pelas respostas do solo, seja em termos de resistência ao cisalhamento, seja em termos de deformações, o que vem a ilustrar a importância dos fenômenos de fluxo de água nos solos (HOLTZ & KOVACS, 1981).

A seguir, serão apresentados alguns dos conceitos a respeito do fenômeno do fluxo de água nos solos, entre eles: a lei de Darcy, as cargas hidráulicas de elevação, piezométrica e total, o coeficiente de permeabilidade, as forças de percolação, as tensões no solo submetido à percolação, o gradiente hidráulico crítico e as condições de ruptura hidráulica dos solos.

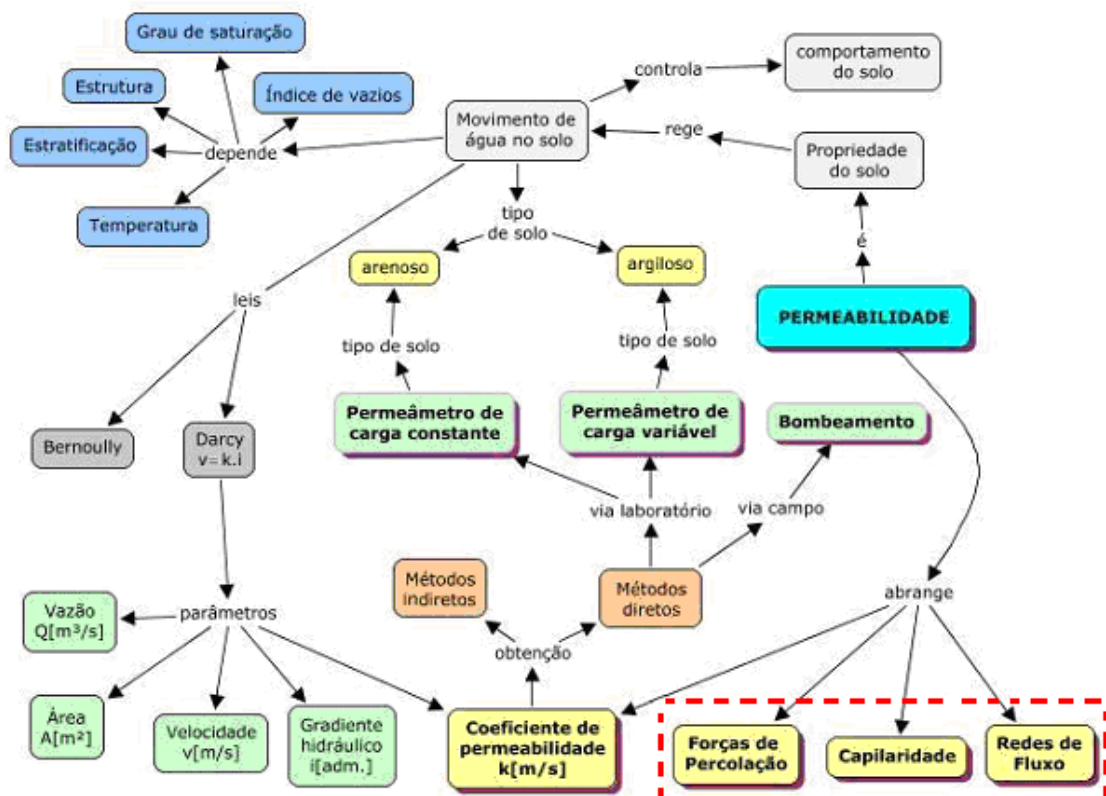


Figura 2.6 - Representação gráfica dos conteúdos relacionados à permeabilidade dos solos.

A Figura 2.6 apresenta uma visão sistemática deste tema através de uma representação gráfica contendo a ordenação dos conteúdos ligados à permeabilidade dos solos. O software educacional apresentado no próximo capítulo não inclui os três seguintes assuntos: forças de percolação, capilaridade e redes de fluxo.

### 2.2.1 Leis de Bernoulli e Darcy

Para a grande maioria dos problemas envolvendo fluxo de água em solos, a energia total da água (por unidade de peso) no solo pode ser escrita como  $h = h_e + h_p = z + (u/\gamma_w)$ . A carga de elevação é a diferença de cota entre o ponto considerado e o nível de referência ( $h_e = z$ ). A carga piezométrica é a poro-pressão no ponto, expressa em altura de coluna de água ( $h_p = u/\gamma_w$ ), e a carga hidráulica total no solo é a soma das cargas de elevação e piezométrica. Nesses casos, não se considera a parcela de energia total referente à carga cinética ( $v^2/2g$ ) porque a velocidade ( $v$ ) da água nos solos é pequena.

Para que haja fluxo de água entre dois pontos no solo, é necessário que a energia total nesses pontos seja diferente. A água então fluirá sempre do ponto de maior energia para o ponto de menor energia.

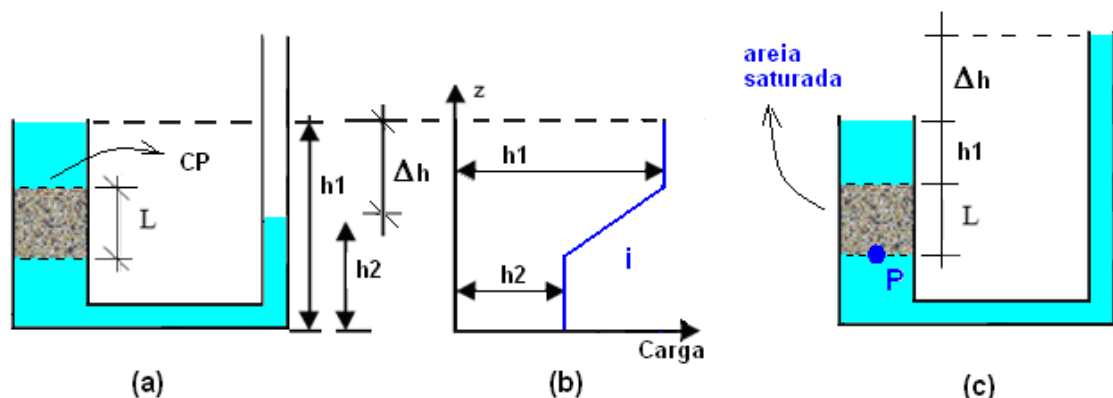


Figura 2.7 - (a) Esquema do experimento realizado por Darcy; (b) Gráfico de carga em função da altura e (c) Permeâmetro com fluxo ascendente.

Darcy (1856) estudou as propriedades de fluxo de água através de uma camada de filtro de areia (TERZAGHI & PECK, 1962). Seu experimento, apresentado na Figura 2.7a, correlacionou a taxa de perda de energia da água (gradiente hidráulico) no solo com a sua velocidade de escoamento  $v$  (lei de

Darcy). No experimento, os níveis de água  $h_1$  e  $h_2$  são mantidos constantes e o fluxo de água ocorre no sentido descendente através do corpo de prova (CP).

Medindo-se o valor da taxa de fluxo que passa através da amostra (vazão de água), representada pelo símbolo  $q$ , para vários valores de comprimento da amostra ( $L$ ) e de diferença de potencial total ( $\Delta h$ ), Darcy descobriu que a vazão era proporcional à razão  $\Delta h / L$  (ou gradiente hidráulico através da amostra,  $i$ ), conforme a seguinte expressão:  $q = k \cdot \Delta h / L \cdot A = k \cdot i \cdot A$ . Nesta expressão,  $k$  é uma constante de proporcionalidade denominada de condutividade hidráulica ou coeficiente de permeabilidade do solo e  $A$  é o valor da área da seção transversal da amostra de solo perpendicular à direção do fluxo. Quanto maior o valor de  $k$ , maior vai ser a facilidade encontrada pela água para fluir através dos vazios do solo.

Na Figura 2.7b está representada a variação da carga hidráulica total em função da cota ( $z$ ) da água no experimento. Conforme apresentado nesta figura, o valor do potencial total da água é constante e igual a  $h_1$  até que a água comece a fluir dentro da amostra de solo, passando a  $h_2$  na outra extremidade da amostra (extremidade inferior).

Considerando-se a amostra de solo homogênea, pode-se admitir uma variação linear do potencial total da água dentro da amostra. Logo, o valor do gradiente hidráulico é constante. Pode-se dizer que no movimento da água através da amostra, a carga total foi parcialmente dissipada pela ocorrência do atrito viscoso da água com as partículas do solo, ou seja, houve uma perda de carga hidráulica. Em outras palavras, as perdas de carga ocorrem no interior da massa de solo. São essas perdas por atrito que dão origem às chamadas forças de percolação.

A vazão ( $q$ ) dividida pela área da seção transversal do corpo de prova ( $A$ ) indica a velocidade de fluxo da água no solo ( $v$ ), dada pela expressão  $v = k \cdot \Delta h / L = k \cdot i$ . Esta velocidade é chamada de velocidade de descarga. A velocidade de descarga é diferente da velocidade real da água nos vazios do solo. Isto ocorre porque a área efetiva que a água tem para fluir na seção de solo não é dada pela área transversal total da amostra ( $A$ ), mas sim pela sua

área transversal de vazios.

Aplicando-se as noções desenvolvidas em índices físicos pode-se admitir que a relação entre a área transversal de vazios e a área transversal total seja dada pela porosidade do solo ( $n$ ). Deste modo, a velocidade de percolação real da água no solo pode ser escrita como  $v_{real} = v / n_{efetiva}$ , onde a porosidade efetiva ( $n_{efetiva}$ ) é dada pela relação entre o volume drenável e o volume total. Como os valores possíveis para a porosidade do solo estão compreendidos entre 0 e 1, percebe-se que a velocidade de percolação real da água no solo é maior do que a velocidade de descarga.

Apesar disto, devido a sua aplicação prática mais imediata, a velocidade de descarga é a velocidade empregada na resolução de problemas envolvendo fluxo de água em solos.

A determinação do coeficiente de permeabilidade pode ser feita através de diferentes tipos de ensaios, os quais podem ser realizados em laboratório ou no campo.

Segundo Vargas (1978), dentre os ensaios de laboratório comumente utilizados para a determinação do coeficiente de permeabilidade, têm-se os ensaios com o uso de permeâmetro de carga constante para solos arenosos (ABNT-NBR 13292, 1995) e de carga variável para solos argilosos (ABNT-NBR 14545, 1995).

No ensaio de permeâmetro de carga constante, satura-se a amostra a uma carga constante ( $h$ ) até que o fluxo de saída ( $q$ ) se torne constante e calcula-se o coeficiente de permeabilidade pela seguinte equação:  $k = qL/Ah$ .

No ensaio de permeâmetro de carga variável, observa-se a diferença entre as cargas em um determinado intervalo de tempo ( $t$ ) e calcula-se o coeficiente de permeabilidade pela seguinte equação:  $k = (aL/At) \cdot \ln(h_0/h_1)$ . Nesta equação, tem-se que  $a$  é a área da seção transversal do tubo onde a variação de carga é medida, e ainda,  $h_0$  e  $h_1$  são as cargas hidráulicas totais inicial e final, respectivamente.

## 2.2.2 Forças e tensões no solo submetido à percolação

No esquema apresentado na Figura 2.8a, a água se eleva até a cota  $h_1$  nos dois lados do reservatório. O potencial total é soma da cota atingida pela água com a cota do plano de referência. Nesse caso, o potencial total é o mesmo nos dois lados do reservatório, portanto, não há fluxo. Somente ocorre fluxo quando há diferença de potenciais totais entre dois pontos e ele seguirá do ponto de maior potencial para o de menor potencial.

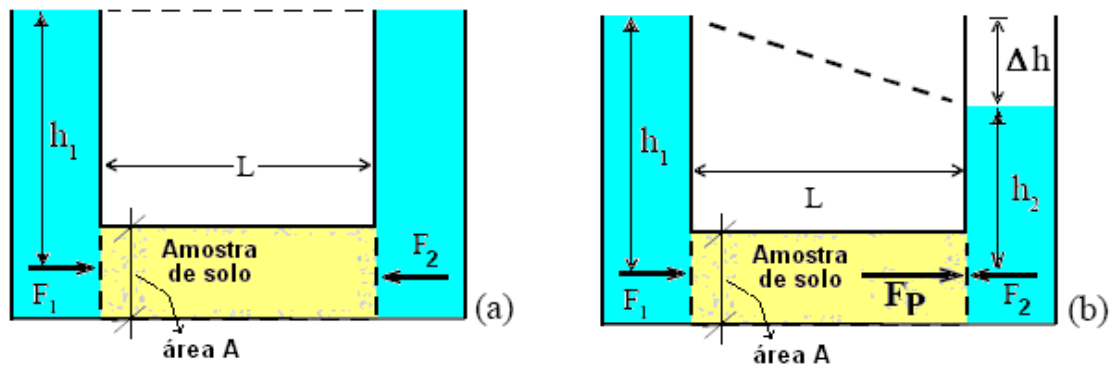


Figura 2.8 - Forças de Percolação.

No esquema apresentado na Figura 2.8b, o lado esquerdo tem maior potencial total que o lado direito. Dessa forma, a água está fluindo da esquerda para direita e ocorre uma transferência de energia da água para as partículas do solo devido ao atrito viscoso que se desenvolve. A energia transferida é medida pela perda de carga e a força correspondente a essa energia é chamada de força de percolação. A força de percolação atua nas partículas tendendo a carregá-las, conseqüentemente, é uma força efetiva de arraste hidráulico que atua na direção do fluxo de água.

Na Figura 2.8b, pode-se observar que a amostra de solo está submetida à força  $F_1 = \gamma_w \cdot h_1 \cdot A$ , graças à carga  $h_1$  atuando do lado esquerdo do reservatório e que do lado direito, atua a força  $F_2 = \gamma_w \cdot h_2 \cdot A$ . A força resultante  $F_P$  dada pela diferença  $(F_1 - F_2)$ , que se dissipa uniformemente em todo o volume de solo  $(A \cdot L)$ , é dada por:  $F_P = F_1 - F_2 = \gamma_w \cdot A(h_1 - h_2)$ . Sendo o gradiente hidráulico igual a  $i = \Delta h / L$ , tem-se que a força de percolação vale  $F_P = \gamma_w \cdot V \cdot i$ , e que a força de percolação por unidade de volume é igual a  $f_p = \gamma_w \cdot i$ .

A análise do equilíbrio de uma massa de solo sujeita à percolação da água admite dois procedimentos distintos: (a) Peso total do solo saturado + forças de superfície devido às pressões da água intersticial; e (b) Peso efetivo do solo submerso + forças de percolação.

O primeiro procedimento envolve a consideração do equilíbrio da massa de solo como um todo (sólido + água), ao passo que o segundo analisa as condições de equilíbrio apenas do esqueleto sólido do solo. Ambos são igualmente válidos e a aplicação de um ou outro depende do problema a ser analisado, em termos de conveniência.

Ressalta-se que, no segundo procedimento, as condições particulares de fluxos ascendentes e descendentes de água. Uma vez que as forças de percolação atuam na direção do fluxo, ocorre um acréscimo de tensões efetivas no caso de fluxo descendente e uma redução no caso de fluxo ascendente, ou seja:  $\sigma' = L(\gamma_{sub} \pm fp)$ . Para o caso de fluxo ascendente,  $\sigma' = L(\gamma_{sub} - \gamma_w \cdot i)$ , e para o caso de fluxo descendente  $\sigma' = L(\gamma_{sub} + \gamma_w \cdot i)$ .

### 2.2.3 Gradiente hidráulico crítico e ruptura hidráulica dos solos

Ruptura hidráulica é o processo de perda da resistência e da estabilidade de uma massa de solo por efeito das forças de percolação. A perda de resistência do solo decorre da redução das tensões efetivas devido a um fluxo de água ascendente. Nestas condições, a força de percolação gerada pode se igualar às forças gravitacionais efetivas, desde que os gradientes hidráulicos sejam suficientemente elevados. Assim, a resultante das forças efetivas será nula.

Para investigar a possibilidade de ocorrência da ruptura, analisam-se as duas condições de existência do fenômeno: o fluxo ascendente e a tensão efetiva nula. A Figura 2.7c ilustra um esquema que auxilia o entendimento dessas condições de ocorrência. Nela, a areia está submetida a um fluxo ascendente de água, no qual a água flui do ramo da direita para esquerda, em virtude da diferença de carga  $\Delta h$ , que é dissipada pelo atrito viscoso desenvolvido entre a água e as partículas sólidas. Portanto, a primeira

condição de fluxo ascendente para a ocorrência do fenômeno está presente. A outra condição consiste na verificação da condição de tensão efetiva igual a zero ( $\sigma' = 0$ ) ou força de percolação igual ao peso submerso do solo ( $F_p = W_{sub}$ ). Fazendo o equilíbrio no ponto P, tem-se que a tensão total é  $\sigma_p = \gamma_w \cdot h_1 + \gamma_{sat} \cdot L$  e que a poro-pressão é expressa por  $u_p = \gamma_w (h_1 + L + h)$ . Igualando as equações da tensão total e poro-pressão, obtém-se a expressão  $i_c = (h_c / L) = [(\gamma_{sat} - \gamma_w) / \gamma_w]$ , onde  $i_c$  é chamado de gradiente hidráulico crítico (aproximadamente igual a 1,0 para a maioria dos solos). A condição  $i \geq i_c$  implica, portanto, em tensões efetivas nulas em quaisquer pontos do solo.

No caso de solos arenosos (sem coesão), a resistência ao cisalhamento do solo ( $s$ ) está diretamente vinculada às tensões efetivas atuantes ( $\sigma'$ ) segundo a equação:  $s = \sigma' \cdot \text{tg } \phi'$ . Atingida a condição de fluxo para  $i_c$ , resulta uma perda total da resistência ao cisalhamento da areia, que passa a se comportar como um líquido. Este fenômeno é denominado areia movediça. Nota-se, portanto, que a areia movediça não constitui um tipo especial de solo, mas simplesmente, uma areia através da qual ocorre um fluxo ascendente de água sob um gradiente hidráulico igual ou maior que  $i_c$ .

### **2.3 ESTUDOS EXISTENTES SOBRE O PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM MEDIADO POR COMPUTADOR NA GEOTECNIA**

No contexto da melhoria da qualidade do processo de ensino e aprendizagem na engenharia geotécnica, observa-se que a partir de meados dos anos 80, as pesquisas convergiam para a questão do aproveitamento dos recursos da informática na produção de materiais didáticos inovadores. A intenção era inspirar os alunos em suas buscas por conhecimentos e habilidades, bem como os professores, na preparação destes materiais (AL-KHAFAJI et al., 1986; BURLAND, 1987; GRAHAM & SHIELDS, 1988).

Al Khafaji et al. (1986) implementou para o sistema operacional DOS, o software educacional de nome Geotek. Este software é um pacote composto por trinta e um programas específicos para as seguintes áreas da engenharia geotécnica: redução de dados para os ensaios de caracterização, compactação

e adensamento, bem como para a classificação de solos, distribuição de tensões e, também, cálculos de recalques, filtros, fundações e estruturas de contenção. O Geotek foi concebido para ser usado por estudantes universitários, como recurso auxiliar de ensino do professor. O manual do usuário apresenta, para cada programa, o conteúdo teórico, o algoritmo, o procedimento de uso e diversos exemplos contextualizados com os problemas práticos da geotecnia. Basicamente, após o usuário fornecer os dados de entrada do programa, este apresentava os resultados dos cálculos automáticos realizados.

Burland (1987) implementou uma simulação computacional do ensaio de adensamento e observou que o uso deste recurso, além de estimular e facilitar a descoberta da aprendizagem, aumentou o envolvimento do aluno com o tema, proporcionando maior liberdade de exploração do assunto.

Graham & Shields (1988), propuseram a estratégia de ensino “*avançar para o básico*”, na qual os professores devem auxiliar seus alunos na aprendizagem do essencial buscando enfatizar os princípios fundamentais, o vocabulário técnico e a renovação de assuntos, descartando-se os tópicos considerados ultrapassados. Esta proposta, com o passar do tempo, tomou a forma da “*aprendizagem otimizada*”, na qual seu adepto poderia fazer uso, ou não, das tecnologias digitais para a criação de materiais didáticos (ORR, 1992).

A produção de materiais pedagógicos digitais para auxiliar o ensino se intensificou a partir dos anos 90 (TOLL, 1993), tendo a aprendizagem otimizada como diretriz, em detrimento do ensino tradicional (JASKA et al., 1994; JASKA et al., 1996). Aos poucos, essa tendência promoveu a mudança de foco do ensino para a aprendizagem por competências e viabilizou a criação de novos softwares com o enfoque na aprendizagem assistida (ou auxiliada) por computador, a saber: simuladores, tutoriais, aplicativos, jogos e sistemas especialistas. Desde então, a preocupação com a avaliação destes materiais pedagógicos digitais na perspectiva do aluno-usuário ganhou relevância nas disciplinas da engenharia geotécnica (THOMPSON & TOLL, 1997).

Ferreira (1998), implementou e validou o software educacional

MECSOLOS. O objetivo deste programa era auxiliar os estudantes na aprendizagem de conceitos da distribuição de tensões no solo através de textos, imagens e animações. A qualidade foi aferida por meio de fichas de avaliação, as quais foram preenchidas por mais de trezentos usuários (estudantes de engenharia) e o resultado foi considerado muito positivo.

Consideráveis esforços continuaram sendo envidados na concepção de programas de aprendizagem assistida por computador fundamentado em metodologias de ensino que privilegiassem o desenvolvimento da prática reflexiva do aluno. O objetivo passou a ser, então, ajudar as instituições de ensino superior a modernizar seus cursos, enriquecer a experiência de aprendizagem do aluno e proporcionar formas eficazes de se lidar com a rotina discente (BUDHU, 1999; DAVISON & PORRIT, 1999; WYATT et al., 1999).

Oliver & Oliphant (1999) desenvolveram um programa de aprendizagem assistida por computador para apoiar os estudantes na aprendizagem do princípio das tensões efetivas e suas aplicações na prática geotécnica. O programa, chamado ESP (*Effective Stress Program*), foi construído ao longo de um período de dois anos como resultado de uma investigação sobre o aprendizado do aluno. Neste artigo discutiu-se o desenvolvimento, o uso e a avaliação da última versão do programa ESP98, o qual demonstrou ser um eficaz instrumento de apoio, superando os métodos convencionais de ensino. Segundo os autores, o sucesso foi devido ao elevado nível de interação entre o usuário e o programa. Ao detectar um erro do usuário, o software lhe fornecia um *feedback* instantâneo e progressivo, orientando-o à resposta final.

De acordo com Budhu (2000) e Jaska et al. (2000; 2000a), o uso de programas de aprendizagem auxiliada por computador em cursos de graduação vem sendo cada vez mais aceito e incorporado nas instituições como uma forma complementar ao processo de ensino e aprendizagem. Nos trabalhos citados, diversos destes recursos disponíveis para as engenharias geotécnica e ambiental são apresentados e discutidos.

Budhu & Coleman (2002) descreveram as características da biblioteca digital GROW (*Geotechnical, ROck and Water engineering*), concebida com a

finalidade de desenvolver e coleccionar recursos digitais educativos nas áreas de solos, rochas e água. Neste artigo, os autores definem e discutem a interatividade como parte integrante do processo de ensino e aprendizagem no ensino da engenharia civil, além disso, foram apresentadas as características de diversos recursos multimídia interativos já implementados.

A tendência atual está em facilitar a aprendizagem através da redução da carga de trabalho discente em sala de aula, necessária para se atingir os objetivos propostos para uma disciplina geotécnica. Neste sentido, têm-se constatado a criação e validação de recursos educacionais em diferentes formatos, com o intuito de viabilizar o trabalho individual do aluno para além do tempo das aulas (McDOWELL, 2001; YUEN et al., 2005; SANTANA & LAMAS, 2006; YUEN & NAIDU 2007; SANTANA & LAMAS, 2007).

Nessa linha, este trabalho buscou desenvolver e avaliar, na perspectiva dos usuários, um software educacional interativo com base na aprendizagem assistida por computador usando metodologias que privilegiassem a aprendizagem reflexiva (WILEY, 1999). A taxionomia de Bloom (1974) serviu de guia útil no reconhecimento e na formulação de objetivos instrucionais. Mias ainda, a maneira pela qual o usuário percebe, processa e retém a informação foi baseada nos estilos de aprendizagem de Felder & Brent (1999) e a correlação entre nível de envolvimento e lembrança foi baseada no cone de aprendizagem de Dale (1969).

Do ponto de vista de originalidade, buscou-se preencher uma lacuna ainda não explorada nos trabalhos anteriormente relacionados, que foi a concepção do software para atender as reais necessidades dos alunos e facilitar a aprendizagem do movimento de água nos solos, tema intrico cuja constatação foi feita por pesquisa estatística, mas de fundamental importância para a formação profissional. Mais ainda, foi reduzir a lacuna existente entre teoria e prática do assunto, automatizando técnicas pedagógicas de ensino focadas no aluno, baseadas no módulo instrucional (NÉRICI, 1989; REIS & JOULLIÉ, 1981) e na resolução de problemas (NÉRICI, 1989). A preocupação foi focada no desenvolvimento de um software interativo capaz de conduzir os alunos na aquisição de capacidades cognitivas próprias, incentivando-os na

realização de trabalhos autônomos e formativos, por meio de resoluções de problemas práticos da engenharia geotécnica, deixando para o professor as tarefas de orientar e motivar.

As limitações do presente trabalho ocorreram devido, principalmente, às questões tecnológicas e logísticas. Aquelas são devidas, em parte, à escolha da linguagem de programação e em parte à falta de experiência do pesquisador sobre desenvolvimento de software educacional. Quanto às questões logísticas, ressaltam-se as dificuldades para a marcação de horários nos laboratórios de informática bem como para a marcação de encontros com os alunos voluntários. Esta ocorrência pode ser explicada pela grande carga horária da disciplina, que deve ser cumprida.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo se inicia com a caracterização da pesquisa realizada. Em seguida apresentam-se as etapas usadas na elaboração da pesquisa: *Desenvolvimento*, *Aplicação* e *Resultados*. Finalizando o capítulo, as etapas de *Desenvolvimento* e *Aplicação* são percorridas com o intuito de esclarecer os procedimentos envolvidos. Os *Resultados* serão discutidos no próximo capítulo.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O conhecimento da concepção de uma pesquisa facilita o entendimento dos procedimentos necessários para sua efetivação. Considerando isso, será esclarecida a seguir, a formatação da pesquisa realizada neste trabalho segundo os seguintes critérios: natureza, objetivos, abordagem do problema e procedimentos técnicos.

Segundo Gil (2002), os tipos de pesquisas não estão estanques, ou seja, uma pesquisa pode estar ao mesmo tempo enquadrada em várias classificações, desde que obedeça aos requisitos inerentes a cada tipo.

Em relação à natureza, a pesquisa é *aplicada* porque visa gerar conhecimentos úteis para serem aplicados na resolução da questão da pesquisa. Foi criada uma ferramenta computacional de apoio ao processo de ensino e aprendizagem, e após seu uso e avaliação, a análise dos resultados forneceu as informações necessárias para se realizar a validação da hipótese levantada para o problema.

Do ponto de vista dos objetivos, a pesquisa é *exploratória* e *descritiva*. Exploratória no intuito de colher informações para melhorar o entendimento do assunto; e descritiva, pois envolveu o levantamento de opiniões e atitudes dos usuários visando estabelecer as correlações entre as variáveis da questão (usuários, ferramenta, desempenho, etc.).

Quanto à forma de abordagem do problema, a pesquisa é *qualitativa* e *quantitativa*. Qualitativa porque foi coletado um conjunto de informações por meio de observações realizadas *in loco* durante o uso da ferramenta e também porque foi coletado um outro conjunto de informações subjetivas (as opiniões dos usuários) através de entrevistas e questionários. Quantitativa porque essas opiniões foram traduzidas em números para facilitar a análise estatística, mais ainda, devido à realização de testes para a verificação de aprendizagem.

Quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa é de *levantamento* porque amplia e detalha o conhecimento de uma situação estudada além de questionar diretamente as pessoas cujo comportamento se deseja conhecer.

### 3.2 ETAPAS DA PESQUISA

A Tabela 3.1 apresenta, de forma esquemática, as três etapas utilizadas para se efetivar a pesquisa. Na etapa de *Desenvolvimento*, foram elaborados todos os aparatos necessários para a realização da pesquisa. Na etapa de *Aplicação*, realizou-se a efetiva coleta de dados. Na etapa de *Resultados*, as informações coletadas foram reunidas e analisadas para servirem de base às inferências sobre a eficácia da pesquisa desenvolvida, bem como para tentar confirmar a hipótese proposta, além de auxiliar no refinamento do programa. A análise dos dados coletados e as respectivas discussões são apresentadas num capítulo à parte.

TABELA 3.1 – Etapas utilizadas para a elaboração da pesquisa.

<b>1ª. Etapa: DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identificação do tema crítico<sup>4</sup>;</li> <li>▪ Elaboração do software educacional interativo GeoWeb;</li> <li>▪ Elaboração da avaliação quantitativa;</li> <li>▪ Elaboração das avaliações qualitativas.</li> </ul>

<sup>4</sup> A identificação do tema crítico foi apresentada no capítulo 1.

<b>2ª. Etapa: APLICAÇÃO DA PESQUISA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicação da aula tradicional;</li> <li>▪ Aplicação da avaliação diagnóstica (ou pré-teste);</li> <li>▪ Aplicação do GeoWeb e observações <i>in loco</i>;</li> <li>▪ Aplicação da avaliação formativa (ou pós-teste);</li> <li>▪ Aplicação do questionário fechado;</li> <li>▪ Aplicação do questionário aberto;</li> <li>▪ Aplicação da entrevista</li> </ul>
<b>3ª. Etapa: RESULTADOS DA PESQUISA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ O GeoWeb;</li> <li>▪ Resultados das avaliações diagnóstica e formativa;</li> <li>▪ Resultados das avaliações qualitativas;</li> <li>▪ Resultados das observações <i>in loco</i> com o uso do programa.</li> </ul>

Os passos relacionados às etapas de *Desenvolvimento* e *Aplicação* são discutidos a seguir.

### **3.3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA**

Este tópico busca esclarecer os procedimentos utilizados para a efetivação da etapa de desenvolvimento da pesquisa. Inicia com a identificação do tema crítico. Em seguida, apresenta os procedimentos usados para a concepção do software educacional interativo (SEI) GeoWeb e detalha a sua implementação. Finaliza com a elaboração dos instrumentos utilizados para validar a pesquisa, ou seja, as avaliações qualitativa (questionários e entrevistas) e quantitativa (teste de verificação de aprendizagem).

#### **3.3.1 Elaboração do GeoWeb**

Para a elaboração do GeoWeb foi feita a análise de diversos trabalhos encontrados na literatura que tratam de questões relacionadas à programação gráfica, aos processos de ensino e aprendizagem e ao ensino de geotecnia.

Quanto às questões referentes à programação, optou-se pelo uso da linguagem de programação visual porque ela apresentou as características

necessárias para dar um andamento adequado aos objetivos da proposta (CORNELL, 1996).

A idealização do GeoWeb apoiou-se nas seguintes literaturas:

- (a) nos cenários das teorias de aprendizagem ajustadas ao ensino assistido por computador (WILEY, 1999);
- (b) no guia proposto por Benjamin Bloom, para atingir os objetivos instrucionais (BLOOM et al., 1974);
- (c) nas técnicas de ensino efetivo segundo Richard Felder, para abranger os perfis de aprendizagem (FELDER & BRENT, 1999);
- (d) no Cone de Aprendizagem de Edgar Dale, para acesso a memória longa (DALE, 1969);
- (e) bem como nas duas técnicas de aprendizagem centradas no aluno, a saber: módulo instrucional (REIS & JOULLIÉ, 1981) e resolução de problemas (NÉRICI, 1989).

Quanto às questões referentes ao ensino de geotecnia, foram utilizados os procedimentos rotineiros de aula e de laboratório com as referentes normas técnicas. Todas as implementações foram adequadamente fundamentadas na concepção, especificação e produção de situações-problema, ligadas ao cotidiano de um profissional de geotecnia.

Inicialmente foram feitas algumas experimentações para interagir as áreas de educação, de informática e de aplicações geotécnicas. Nesta etapa, decidiu-se pelo uso das técnicas de programação visual e orientada a objeto para criação das interfaces de comunicação. Em seguida, foram implementados os objetos educacionais capazes de apoiar o processo de aprendizagem do aluno com a criação de explicações funcionais. A agregação destes recursos (informática, educação e geotecnia) tornou viável o desenvolvimento e o uso do GeoWeb na instrução e qualificação de alunos.

### *3.3.1.1 Caracterização do GeoWeb*

O GeoWeb se enquadra no modelo exercício-prática. É uma típica situação na qual a aquisição de conhecimento só se efetiva caso o aluno tenha

motivação em adquiri-lo, pois é um procedimento que depende de uma grande variedade de fatores, tais como, tempo, computador disponível e dedicação. Uma das principais funções do GeoWeb neste processo é o de motivar o estudante aguçando seu senso de descoberta.

No GeoWeb, a interatividade determina o grau de controle sobre a atividade e na orientação exercício-prática adotada, deixa-se o aluno à vontade para resolver os problemas (sem desconcentra-lo ou interrompê-lo), contudo, o professor/tutor deve ficar atento para evitar que o aluno fique desorientado ou desanimado.

### 3.3.1.2 Estratégias para a criação do GeoWeb

Os tópicos sobre *movimento de água nos solos* normalmente trabalhados pelos alunos em sala de aula foram modelados no formato digital, através da integração das técnicas de aprendizagem por módulo instrucional e por resolução de problemas. A Figura 3.1 ilustra esta modelagem, bem como a correlação entre as duas técnicas citadas e seus respectivos componentes. Pode-se observar que a técnica da resolução de problemas está contida no módulo instrucional, que por sua vez, está contido no GeoWeb.

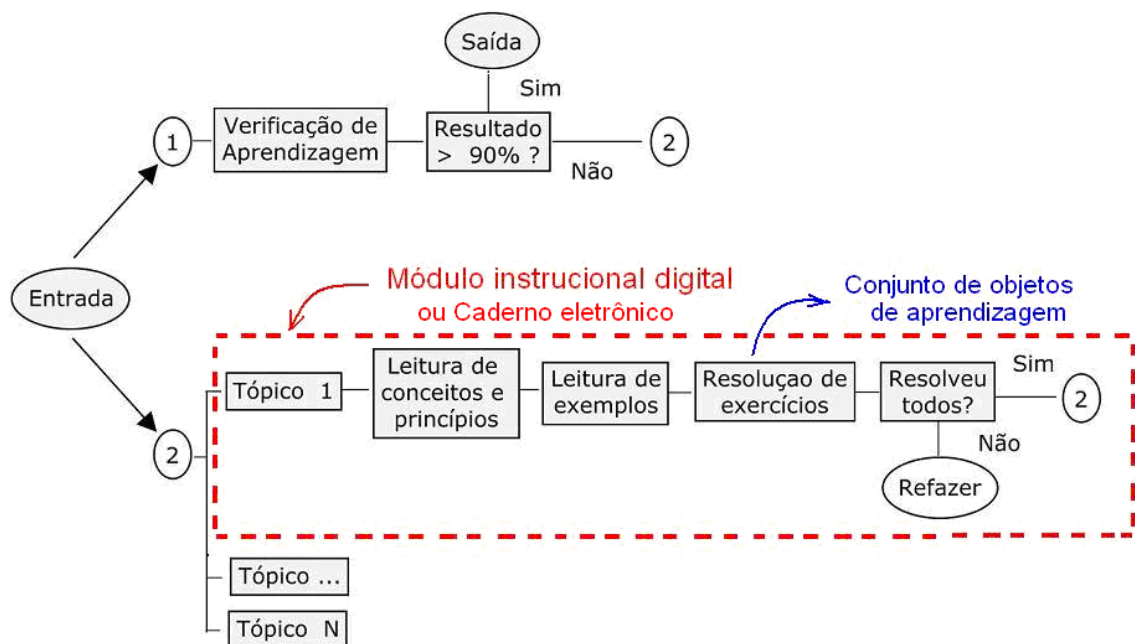


Figura 3.1 – Composição do GeoWeb.

Ao usar o GeoWeb pela primeira vez, o aluno deve verificar seus conhecimentos seguindo a seta 1 da Figura 3.1 (é a avaliação diagnóstica). Caso ele tenha obtido resultado acima de 90%, ele encerra o programa. Caso contrário, ele percorre os tópicos apresentados no sentido da seta 2. Para cada tópico, que corresponde a um módulo instrucional digital, o aluno tem acesso a um conjunto de informações e exemplos. Após a leitura destes informes, o aluno deverá resolver uma série de seis exercícios interativos. Cada exercício corresponde a um objeto de aprendizagem. Ao resolver todos eles, o aluno poderá optar em trabalhar um novo tópico ou verificar novamente seus conhecimentos (é a avaliação formativa).

*- Módulo instrucional digital:*

A codificação de um módulo instrucional digital (ou caderno eletrônico) como o destacado na Figura 3.1 é uma tarefa de médio prazo (de 3 a 6 meses) por necessitar do acompanhamento e da supervisão do professor da disciplina. Contém, em média, cerca de duas mil linhas de código em linguagem Delphi<sup>®</sup> (CORNELL, 1996), consolidadas após alguns meses de experimentações, tentativas e erros. A vantagem desta técnica modular é a sua reutilização.

Com a experiência obtida com a produção de um módulo instrucional digital, a criação de novos módulos torna-se uma tarefa relativamente simples. O recurso adotado para facilitar a manutenção do código de programação de um módulo instrucional digital foi o de documentação e comentários realizados no próprio código do programa. Assim, quem ler o código entenderá seu processo de construção, sem precisar recorrer a manuais.

A interface do módulo digital deve ser desenvolvida num contexto simples, amigável, de fácil acesso. No GeoWeb, o aluno terá disponível um conjunto de módulos instrucionais digitais cujo objetivo é o de facilitar o processo de aprendizagem, por meio de interações com o conteúdo, com o professor e com os próprios colegas do curso.

O módulo instrucional digital desenvolvido se apoiou nas teorias de aprendizagem, bem como nas técnicas de aprendizagem centradas no aluno.

Da teoria cognitivista, influenciada pelo modelo pedagógico de Ausubel (1980), utilizou-se a estruturação do conteúdo, procurando partir de conhecimentos já existentes e do contexto mais geral para conteúdos de contexto mais específicos. Na linha construtivista (Piaget, 1991; Vygotsky, 1989), buscou-se favorecer tanto a construção do conhecimento através da interatividade usuário-computador quanto o desenvolvimento do pensamento ao utilizar as informações fornecidas para resolver os problemas (estimulando a criatividade). Da teoria comportamentalista, influenciada pelo modelo de Skinner (2003), foi utilizada a estratégia de caracterizar cada módulo a um objetivo bem definido, de forma a facilitar os aspectos de mensuração no processo de avaliação da aprendizagem.

*- Resolução de problemas interativos:*

O GeoWeb desenvolvido atua a partir de um conjunto de exercícios interativos oferecidos ao aluno. A meta deste procedimento foi gerar questões que levassem gradualmente à aquisição de novos conhecimentos, os quais são construídos e conectados aos já existentes. Essa concepção está de acordo com a proposta de aquisição de conhecimento (ou aprendizagem significativa) de Ausubel (1980), segundo a qual, a ligação entre as informações recentemente adquiridas e os conhecimentos pré-existentes promove mecanismos cognitivos para sua recuperação posterior.

A ordem de aparecimento dos exercícios está diretamente relacionada com o grau crescente de dificuldade para resolvê-lo, ou seja, do mais simples ao mais difícil. E de acordo com o progresso do aluno, um novo problema (diferente do anterior) se apresenta.

A implementação computacional oferece seis problemas por tópico e cada um deles exige do aluno o domínio de um item específico da matéria. Assim, o aluno vai construindo seu próprio conhecimento. O GeoWeb baseado na resolução de problemas interage com o aluno sem a interferência do docente e oferece ao aluno algumas fontes de consulta. No GeoWeb baseado na resolução de problemas, para cada tarefa realizada pelo aluno, há um *feedback* indicando seu sucesso ou fracasso. Assim, cada exercício resolvido

corretamente pelo aluno indica um avanço no domínio do assunto.

A vantagem do uso do GeoWeb baseado na resolução de problemas é que o aluno se habilita com 100% do conteúdo se fizer todos os exercícios propostos. Outra vantagem, é que o docente ao desenvolver um SEI baseado na resolução de problemas pode oferecer um recurso diferenciado ao aluno, com a possibilidade de identificar quais os assuntos ele não domina e rapidamente propor um diagnóstico preciso.

O SEI deve ter poucos exercícios por tópico, mas se o aluno resolver o exercício mais complexo, ele demonstra possuir a aptidão necessária para ingressar em outro tópico. Ao finalizar todos os exercícios, o aluno deve averiguar seu desempenho usando o caderno de verificação de aprendizagem. Nesta verificação, as respostas do aluno são armazenadas eletronicamente para que ele tenha ciência de seu desempenho e, assim, decidir se refaz trabalho ou dialoga com o professor de forma pragmática.

### 3.3.2 Elaboração dos recursos de validação da pesquisa

Como estratégia para a validação do material desenvolvido, combinou-se a aplicação da avaliação quantitativa com o uso de um teste de verificação de conhecimentos, com a qualitativa a partir de observações, entrevistas, questionários abertos e fechados, uma vez que ambas metodologias são concebidas como complementares (COUTINHO & CUNHA, 2004). O esquema de validação adotado está representado na Figura 3.2.

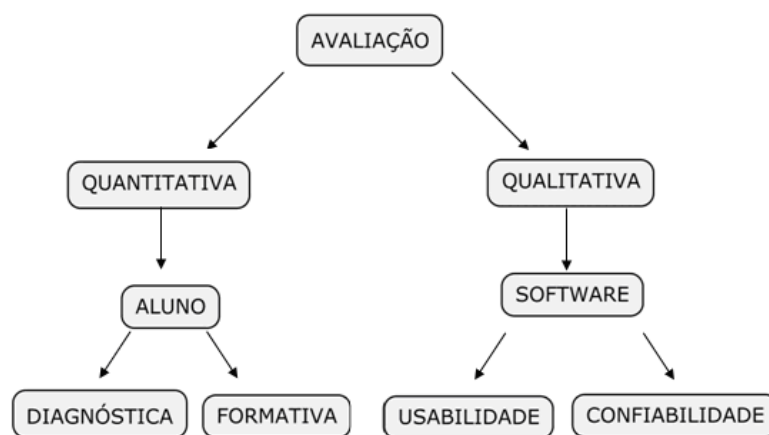


Figura 3.2 – Esquema de validação adotado.

O uso destes recursos de coleta objetivou a mensuração da qualidade do GeoWeb como ferramenta educacional e a compreensão prática-conceitual (aplicação de conceitos e a percepção de modelos para a resolução de problemas) do usuário.

Para a elaboração da avaliação quantitativa, optou-se pelo uso de um pré e pós-teste, sem a adoção de grupos de controle. O pré-teste exerceu a função de uma avaliação diagnóstica (Figura 3.3) e o pós-teste exerceu a função de uma avaliação formativa (Figura 3.4).



Figura 3.3 – Funções da avaliação diagnóstica (REIS & JOULLIÉ, 1981).



Figura 3.4 – Funções da avaliação formativa (REIS & JOULLIÉ, 1981).

Para a elaboração dos instrumentos qualitativos, optou-se pela entrevista semi-estruturada e pelos questionários abertos e fechados. O objetivo foi investigar a opinião do usuário quanto ao uso do GeoWeb, isto é, se ele influenciou ou não a qualidade e o ritmo da aprendizagem, bem como as dificuldades encontradas e as mudanças necessárias para melhorar seu aproveitamento.

### *3.3.2.1 Elaboração da Avaliação Quantitativa*

A aferição da variação de rendimento do usuário-aluno foi feita através da comparação dos resultados obtidos pela aplicação do mesmo teste de verificação de conhecimentos, antes e após o uso do GeoWeb. Este processo de reaplicação tem o propósito de medir as influências do GeoWeb como fator interveniente, pois caso haja progressos no rendimento do aluno, o experimento pode ser considerado como a fonte provocadora.

O objetivo da avaliação quantitativa foi verificar se o GeoWeb é realmente capaz de melhorar o desempenho do aluno. Com a avaliação diagnóstica (ou pré-teste) buscou-se identificar as necessidades e diagnosticar os problemas que impedem que estas necessidades sejam satisfeitas. Com a avaliação formativa (ou pós-teste), buscou-se entender como se está desenvolvendo o processo de ensino e aprendizagem, fornecendo elementos para corrigir rumos e orientar o estudante em relação ao seu aprendizado.

A elaboração do teste priorizou o desenvolvimento do pensamento crítico do aluno e a capacidade de solucionar problemas reais, no qual o resultado é devolvido e analisado com o aluno. Ele foi montado com dez questões teóricas (objetivas), abrangendo a parte teórica do tema “Movimento de água nos solos” e com duas questões práticas (resolução de exercícios).

Primeiramente, o aluno faz essa verificação de conhecimento como avaliação diagnóstica (ou pré-teste) da maneira tradicional, no papel, antes de usar o GeoWeb. Após o uso, o aluno submete-se ao pós-teste, que é idêntico ao pré-teste, mas no formato digital.

O teste de verificação de conhecimento foi elaborado com doze questões, sendo duas questões de cálculo (totalizando dezesseis itens) e dez questões de teoria, sendo nove de múltipla escolha (totalizando nove itens) e uma do tipo falso-verdadeiro (com oito itens). A Tabela 3.2 apresenta a estratégia de cada questão

Por uma questão de ordem, até o final deste trabalho, as questões de cálculo serão referenciadas simplesmente como “parte prática” e as questões de teoria como “parte teórica”. Somado os itens das partes prática (16) e teórica (9+8=17), foi analisado um total de 33 (=16+17) itens respondidos por cada aluno. Para fins de avaliação, cada item teve o mesmo peso. Assim, um aluno que acerta oito itens práticos e oito teóricos, terá um rendimento global de  $(8+8)*100/33 = 49\%$ , um rendimento de 50 % na parte prática ( $8*100/16$ ) e um rendimento de 47 % na parte teórica ( $8*100/17$ ).

Para fins desta pesquisa, um software educacional é considerado eficiente quando a nota do pós-teste supera a nota do pré-teste e, neste caso, sua magnitude é a diferença entre eles. Mais ainda, a eficiência do aluno é a razão, em porcentagem, entre a eficiência do SEI e a nota do pré-teste. Por exemplo, para uma turma com 23% de aproveitamento médio no pré-teste e 58% no pós-teste, tem-se que a eficiência do software foi de 35% (=58-23). Neste contexto, pode-se dizer que, na média, o aluno alcançou a eficiência de 152%, ou seja,  $[(58-23)/23]$ .

Tabela 3.2 – Estratégias das questões do teste de verificação de aprendizagem.

Questão	Tipo	Estratégia
1ª.	Teórica	É bem conceitual e acessa a memória curta do aluno.
2ª.	Teórica	Tem relevância porque demonstra domínio do assunto.
3ª.	Teórica	Está sutilmente repetida numa das opções da nona questão. Isso indica, na maioria das vezes, o “chute” do aluno em caso de um acerto e um erro.
4ª.	Teórica	Está sutilmente repetida numa das opções da nona questão.
5ª.	Teórica	É muito importante porque demonstra o domínio do assunto abordado.

6ª.	Teórica	Responde a primeira questão e demonstra domínio do tema da verificação.
7ª.	Teórica	Responde a primeira questão e demonstra domínio do tema da verificação. Está repetida nas opções da nona questão.
8ª.	Teórica	Exige a capacidade do aluno de correlacionar índices físicos a parâmetros hidráulicos.
9ª.	Teórica	A expectativa é a de que todos acertem a nona questão. Erros nesta questão apontam para uma falha na bagagem teórica e o aluno pode ser ajudado com mais treinamento (estímulo-resposta) com ênfase em questões teóricas.
10ª.	Prática 1	Exige a total capacidade do aluno após o uso da ferramenta interativa.
11ª.	Teórica	É indutiva e muito importante porque ela é o primeiro pré-requisito do assunto. A expectativa é de que seja resolvida por todos na primeira tentativa. Aqueles que a errarem na segunda tentativa devem ser orientados com mais cautela em sala de aula.
12ª.	Prática 2	A sua resolução total ou parcialmente, demonstra o domínio e a segurança do aluno na generalização dos conceitos abordados com a ferramenta interativa.

### 3.3.2.2 *Elaboração da Avaliação Qualitativa*

Nesta fase, entrevistas e questionários foram elaborados como instrumentos qualitativos de coleta de dados, cujas análises serviram para validar a contribuição efetiva do GeoWeb ao processo de ensino e aprendizagem.

Num primeiro momento, foi elaborado o questionário fechado, adaptado do modelo proposto por Campos (1994), no qual se especificou os critérios para a avaliação da qualidade do software na perspectiva do usuário. Nele, o usuário assinala a melhor resposta tanto para os critérios de usabilidade do software (Anexo 1) quanto para os critérios de confiabilidade educacional (Anexo 2), segundo os seguintes níveis: *Satisfaz completamente; Satisfaz; Não se aplica; Satisfaz com restrições e Não satisfaz.*

Num segundo momento, para coletar a opinião, por escrito, sobre o

trabalho realizado por esta pesquisa, foram elaborados dois modelos de questionário aberto, adaptados do questionário elaborado por PÓLA (2000). Um na perspectiva docente e outro na perspectiva discente (Anexos 10 e 11).

Por fim, para obtenção dos relatos das experiências e idiosincrasias com o uso do GeoWeb, foi elaborado um modelo de entrevista semi-estruturada, na perspectiva do usuário (Anexo 12).

### **3.4 APLICAÇÃO DA PESQUISA**

Nesta etapa da pesquisa, os recursos de coleta de dados elaborados (testes, entrevistas e questionários) foram aplicados adequadamente nos alunos e professores, com o objetivo de se levantar as informações relevantes ao processo de validação da pesquisa. Os procedimentos para a efetivação da coleta de dados estão descritos a seguir.

Primeiramente, os alunos foram submetidos à *Aula Tradicional* dada pelo próprio professor da disciplina. Normalmente, uma aula tradicional sobre o tema *Movimento da Água nos Solos* para o Curso de Mecânica dos Solos 1 tem duração média de 3 horas.

Após a aula tradicional, os alunos foram submetidos ao pré-teste, realizado no papel, com duração média de 15 minutos. O objetivo foi verificar o aprendizado sobre o tema, considerando-se apenas o conteúdo dado pelo professor durante a aula tradicional, ou seja, o pré-teste (ou avaliação diagnóstica) foi aplicado com a finalidade de registrar o nível de entendimento inicial dos alunos.

Em outra data, o software educacional interativo foi usado pelos alunos, por um período de tempo em torno de 1 h e 25 min e, então, os usuários foram submetidos ao pós-teste eletrônico para se averiguar o que foi aprendido a partir do uso. A aplicação do pós-teste (ou avaliação formativa) teve duração média de 15 minutos.

Ao final do pós-teste, todos os usuários responderam o questionário fechado sobre usabilidade e confiabilidade de conteúdo do GeoWeb. O nível de

satisfação indicado pelos usuários com relação aos critérios selecionados tornou possível o aperfeiçoamento da pesquisa através do refinamento do código computacional. O tempo máximo previsto para responder o questionário fechado foi de 5 minutos,

O tempo médio de duração dos procedimentos de pré-teste, uso do software, pós-teste e questionário fechado, foi propositalmente acertado para ser realizado em duas horas corridas no máximo, que é o tempo de duração de uma aula normal (já incluindo o intervalo).

Além disso, visando qualificar a análise dos fatores positivos e negativos da pesquisa, entregou-se o questionário aberto a todos os usuários, o qual foi devidamente respondido e devolvido, por todos, em uma data posterior, bem como se realizou também uma entrevista com alguns usuários.

De forma geral, cada usuário foi avaliado em duas ocasiões diferentes pelo mesmo teste de verificação de conhecimento. A primeira avaliação (pré-teste) ocorreu antes do uso do GeoWeb e a segunda avaliação (pós-teste) ocorreu depois do uso. Este processo de reaplicação, também denominado de *Repetição do mesmo teste*, teve o propósito de medir as influências do software educacional interativo como fator interveniente. A expectativa era de que se houvessem progressos significativos, o experimento poderia ser indicado como uma boa fonte provocadora de conhecimento.

A coleta de dados foi realizada em duas etapas. A primeira etapa de coleta de dados reuniu cinco situações e envolveu um total de 144 alunos de três diferentes instituições federais<sup>5</sup>, que se submeteram à avaliação quantitativa (pré e pós-teste) e responderam ao questionário fechado. Esta etapa foi relevante, pois viabilizou o refinamento da primeira versão do GeoWeb, bem como da primeira versão do questionário fechado. As cinco situações da primeira etapa estão descritas a seguir:

- Situação 1: Em 13 alunos de Engenharia Civil, da disciplina CIV 332 - Mecânica dos Solos 1, do DEC/ UFV, durante o segundo semestre de 2007;

---

<sup>5</sup> UFJF - Universidade Federal de Juiz de Fora, UFOP - Universidade Federal de Ouro Preto e UFV - Universidade Federal de Viçosa.

- Situação 2: Em 36 alunos de Engenharia Civil, da disciplina Mecânica dos Solos 2, do Departamento de Transportes da Faculdade de Engenharia da UFJF, durante o primeiro semestre de 2008, com 21 e 15 alunos respectivamente;
- Situação 3: Em 39 alunos de Engenharia Civil, da disciplina CIV 332 - Mecânica dos Solos 1, do DEC/ UFV, durante o primeiro semestre de 2008. Esta turma foi dividida em 4 grupos com, respectivamente, 9, 5, 12 e 13 alunos;
- Situação 4: Em 44 alunos<sup>6</sup> de Engenharia Agrícola e Ambiental, da disciplina CIV 335 - Elementos de Mecânica dos Solos, do DEC/ UFV, durante o primeiro semestre de 2008.
- Situação 5: Em 12 alunos de Engenharia Civil, da disciplina Mecânica dos Solos 1, do DECIV da Escola de Minas da UFOP, no início do segundo semestre de 2008;

A segunda etapa de coleta de dados, realizada no final do segundo semestre de 2008, reuniu cinco situações e envolveu vinte e nove voluntários<sup>7</sup>, a saber:

- Situação 1: Dez alunos de Engenharia Civil, da disciplina CIV 332 - Mecânica dos Solos 1, do DEC/ UFV, durante o segundo semestre de 2008;
- Situação 2: Quatro alunos de Engenharia Agrícola e Ambiental, da disciplina CIV 335 - Elementos de Mecânica dos Solos, do DEC/ UFV, durante o segundo semestre de 2008.
- Situação 3: Cinco alunos formandos em Engenharia Civil, que já tinham cursado as disciplinas geotécnicas sem fazer uso da ferramenta digital, durante o segundo semestre de 2008.
- Situação 4: Seis alunos de doutorado em Engenharia Geotécnica, durante o segundo semestre de 2008.
- Situação 5: Quatro docentes da área de Engenharia Geotécnica, durante o segundo semestre de 2008;

Nesta segunda etapa, além da segunda versão do GeoWeb e do

---

<sup>6</sup> Os alunos usaram o SEI de forma cooperativa. O professor projetou o software numa tela (via *datashow*) e toda a turma participou da construção da solução dos exercícios. Esta situação de exceção ocorreu porque não havia um laboratório de informática disponível e com isso, estes alunos realizaram apenas o pós-teste.

<sup>7</sup> Das três seguintes instituições federais: UFJF, UFOP e UFV.

questionário fechado, foram ainda usados os questionários abertos e as entrevistas. Nesta segunda versão do software, foram retirados os problemas relativos à navegabilidade apontados pelos usuários.

Os cinco alunos formandos e os quatorze alunos devidamente matriculados nas disciplinas CIV 332 e CIV 335 se submeteram às avaliações quantitativas de pré e pós-teste.

Uma amostra heterogênea de vinte e nove voluntários respondeu ao questionário fechado entregue após o uso do software Geoweb, a saber: quatro professores, seis doutorandos, cinco formandos, dez alunos de CIV 332 e quatro alunos de CIV 335. Entre os professores, dois eram da UFV, um da UFJF e um da UFOP.

Uma amostra heterogênea de vinte e três voluntários respondeu ao questionário aberto, a saber: quatro docentes (P1 a P4), cinco doutorandos (D1 a D5), cinco formandos (F1 a F5), cinco alunos de CIV 332 (A1 a A5) e quatro alunos de CIV 335 (B1 a B4).

As entrevistas foram realizadas com quatorze avaliadores, sendo três docentes<sup>8</sup> e onze alunos<sup>9</sup>. Ressalta-se que os dois docentes que lecionam Mecânica dos Solos fora da UFV participaram do processo de aplicação da pesquisa nos alunos voluntários de suas respectivas disciplinas.

Como estratégia, procurou-se evidenciar nas respostas dadas, as relações existentes entre o processo de aquisição de conhecimentos sobre o tópico “Movimento de água nos solos” e o uso de um software educacional interativo especificamente desenvolvido para este fim, bem como, os fatores que contribuíram com o processo de ensino e aprendizagem.

Os três questionamentos que direcionaram o andamento da coleta de dados realizado através das entrevistas foram:

(1) O uso desse software educacional pode servir como facilitador da

---

<sup>8</sup> Um docente da UFJF, um da UFOP e um da UFV.

<sup>9</sup> Todos da UFV, sendo dois alunos de doutorado, cinco alunos da turma CIV 332 e os quatro alunos da turma CIV 335.

aprendizagem do tópico “Movimento de água nos solos”?

(2) A interatividade usuário-máquina é um recurso motivador e favoreceu a aquisição de conhecimento?

(3) O programa é funcional? Complementa o trabalho do professor? Cumpre com o objetivo de melhorar o entendimento do tópico “Movimento de água nos solos”?

Para ambas as etapas de coleta de dados, foi também realizado pelo professor, durante o uso do software pelos alunos/usuários, algumas observações in loco com registro do contexto por escrito.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, inicialmente apresenta-se o software educacional interativo (SEI) GeoWeb, e depois, os resultados da avaliação da pesquisa procurando-se estabelecer as relações necessárias entre os dados coletados e a hipótese formulada. Para este, primeiramente, foi feito o tratamento dos dados quantitativos e qualitativos coletados. Depois disso, comparou-se os resultados das avaliações diagnóstica e formativa para verificar a eficácia do GeoWeb. Em seguida, foram analisadas as respostas dadas às avaliações qualitativas (entrevistas e questionários) com a intenção de se distinguir e interpretar as informações percebidas, bem como, verificar se a resposta da questão da pesquisa foi alcançada. Por fim, através das observações realizadas *in loco*, foram ponderadas as incidências apontadas pelos usuários durante o uso do GeoWeb.

### 4.1 O GEOWEB

Inicialmente, foram implementados os objetos educacionais, de forma totalmente independente entre si, e à medida que eles foram sendo testados, foi-se criando uma padronização de layout, objetos, eventos e interatividade.

Para a efetivação desta pesquisa, foram idealizados e implementados dois cadernos eletrônicos (ou módulos instrucionais digitais) e uma verificação de aprendizagem eletrônica. Esta verificação pode ser usada tanto como diagnóstica como formativa, conforme será visto posteriormente. Um dos cadernos eletrônicos aborda o tópico *Cargas Hidráulicas* e o outro caderno aborda o tópico *Permeabilidade dos Solos*. Cada caderno eletrônico possui um conjunto de seis objetos educacionais (ou exercícios interativos) cuja intenção é a de auxiliar os usuários/alunos no aprendizado de conceitos e princípios relacionados ao movimento de água nos solos.

A Figura 4.1 ilustra a janela principal do GeoWeb, que dá acesso aos dois cadernos citados e à verificação de aprendizagem eletrônica. Cada

caderno está relacionado a uma nova janela. Basta um “clique de mouse” na opção desejada para que o usuário possa acessar novas janelas.

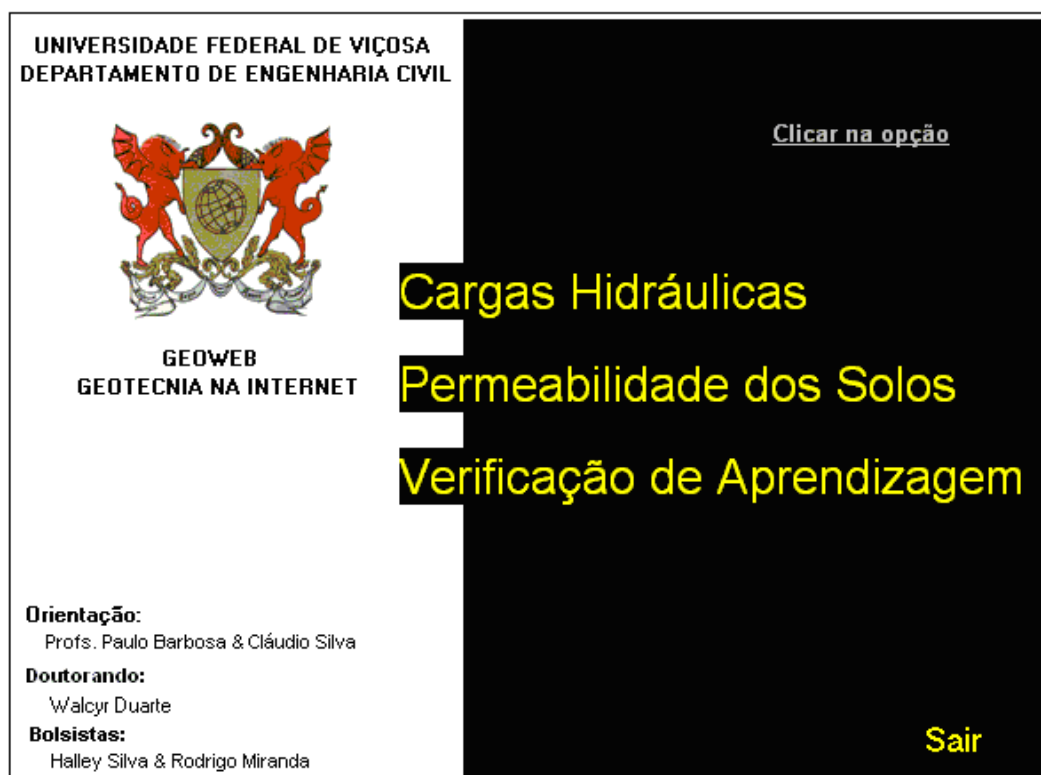


Figura 4.1 - Janela principal do software educacional interativo GeoWeb.

Cada módulo instrucional digital contém seis exercícios interativos cujo grau de dificuldade vai aumentando à medida que o usuário avança nas resoluções. De um modo geral, um exercício interativo apresenta o enunciado do problema, a ilustração, um vínculo para a dica e três botões de eventos: **Prosseguir** (para iniciar a solução do problema), **Calculadora** (para chamar a calculadora do Windows) e **Voltar** (para retornar ao tema principal). Ao clicar no botão **Prosseguir**, o programa avança passo a passo, aguardando que o usuário digite o dado correto na caixa de texto adequada e clique no botão **Avaliar**. O programa avança para a próxima pergunta somente se a resposta estiver correta e apresenta a resposta **OK**. Caso contrário, a resposta **ERRO** aparece e o usuário deverá refazer seus cálculos. Todas as caixas de texto apresentam uma sugestão para orientar a tomada de decisão do usuário.

#### 4.1.1 Caderno eletrônico sobre Cargas Hidráulicas

O caderno eletrônico (ou módulo instrucional digital) referente a Cargas

Hidráulicas está ilustrado na Figura 4.2. Contém conceitos teóricos, definições, exemplos e problemas interativos (ou objetos educacionais). Para acessá-lo, basta clicar na opção adequada da janela principal do Geoweb. Seu propósito é auxiliar o cálculo das cargas hidráulicas de elevação, piezométrica e total, utilizando a Lei de Bernoulli para resolver problemas baseados em modelos representados por permeâmetros.

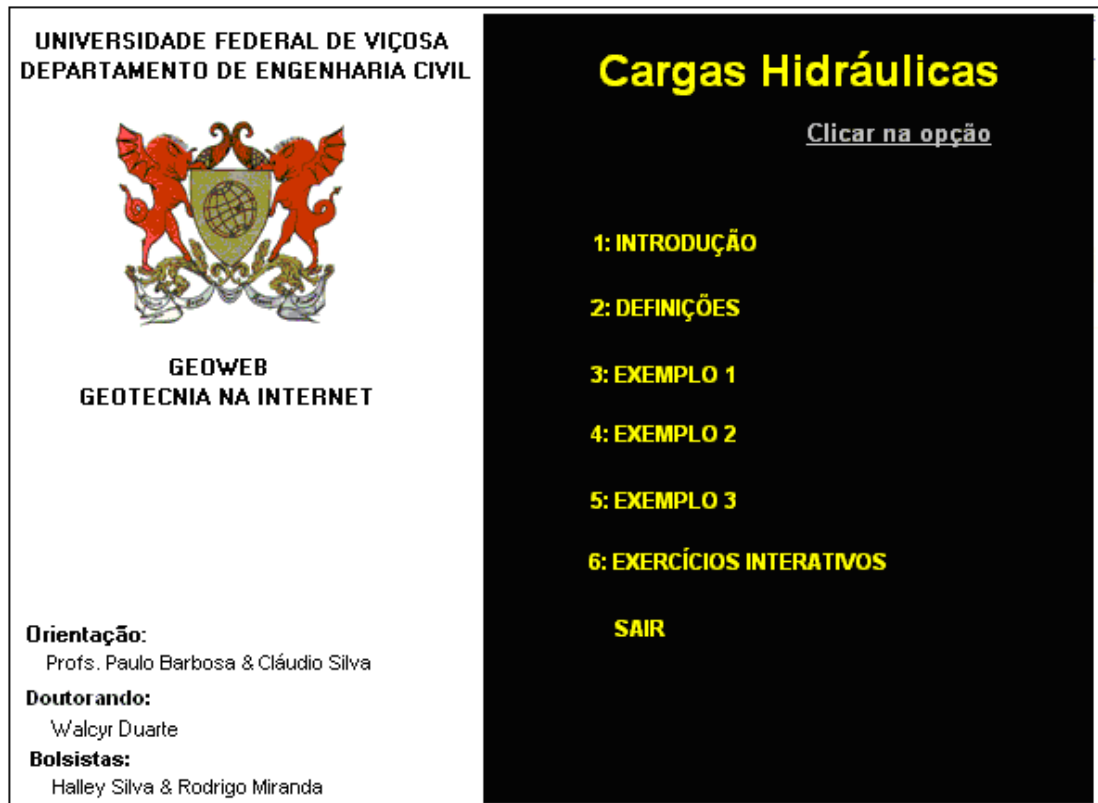



Figura 4.2 - Janela referente ao caderno eletrônico sobre Cargas Hidráulicas.

As Figuras de 4.3 a 4.8 apresentam as janelas referentes às opções disponibilizadas pelo caderno *Cargas Hidráulicas*, ou seja, introdução, definições, exemplos e exercícios. Os textos contidos nestas janelas são concisos e apenas informam aquilo que realmente será necessário para a resolução dos problemas (ou objetos de aprendizagem). A disponibilização destes textos permite que o usuário procure por informações relevantes a qualquer momento durante a atividade.

A Tabela 4.1 tem o intuito de relacionar as opções do caderno eletrônico sobre Cargas Hidráulicas a seus respectivos objetivos instrucionais.

Tabela 4.1 - Objetivos do caderno eletrônico sobre Cargas Hidráulicas.

Opção	Fig.	Objetivos
1: INTRODUÇÃO	4.3	Introduzir o tópico Cargas Hidráulicas.
2: DEFINIÇÕES	4.4	Definir as cargas hidráulicas de pressão, de elevação e total.
3: EXEMPLO 1	4.5	Identificar as cargas hidráulicas de pressão, de elevação e total no modelo de permeâmetro sem fluxo.
4: EXEMPLO 2	4.6	Identificar as cargas hidráulicas de pressão, de elevação e total no modelo de permeâmetro de fluxo ascendente.
5: EXEMPLO 3	4.7	Identificar as cargas hidráulicas de pressão, de elevação e total no modelo de permeâmetro de fluxo descendente.
6: EXERCÍCIOS INTERATIVOS	4.8	Identificar as cargas hidráulicas para variados tipos de permeâmetros e situações de fluxo.



CARGAS HIDRÁULICAS

1: INTRODUÇÃO

2: DEFINIÇÕES

3: EXEMPLO 1

4: EXEMPLO 2

5: EXEMPLO 3

6: EXERCÍCIOS INTERATIVOS

SAIR

## CARGAS HIDRÁULICAS

### 1. INTRODUÇÃO

No estudo de fluxos da água, é conveniente expressar as componentes de energia pelas correspondentes cargas em termos de altura de coluna d'água. Como demonstrado por Bernoulli, a carga total é igual à soma de três parcelas:

$$\text{Carga Total} = \text{Carga Altimétrica} + \text{Carga Piezométrica} + \text{Carga Cinética}$$

Nos problemas de percolação de água pelos solos, a carga cinética é desprezada, pois as velocidades são muito baixas.

De fato, as velocidades dificilmente atingem valores de 0,01 m/s e, para esta, a carga cinética é  $v^2/(2g) = 0,0001/(2 \times 9,8) = 0,000005$  m, ou seja, é um valor tão pequeno que pode ser desprezado perante os dois outros.

Figura 4.3 - Janela referente à introdução do tópico Cargas Hidráulicas.

GEOWEB

CARGAS HIDRÁULICAS

- 1: INTRODUÇÃO
- 2: DEFINIÇÕES
- 3: EXEMPLO 1
- 4: EXEMPLO 2
- 5: EXEMPLO 3
- 6: EXERCÍCIOS INTERATIVOS

SAIR

## CARGAS HIDRÁULICAS

### 2. DEFINIÇÕES

No estudo da percolação nos solos, a equação básica é:

**Carga Total = Carga Altimétrica + Carga Piezométrica**

A carga altimétrica (ou carga de elevação) é simplesmente a diferença de cota entre o ponto considerado e qualquer cota definida como referência.

Imaginando-se um piezômetro simples (um tubo de pequeno diâmetro) colocado num ponto qualquer do solo, a água se eleva até uma certa cota. A carga piezométrica é a altura à qual a água se eleva neste tubo, em relação ao ponto do solo em que foi colocado.

A carga total é a diferença entre a cota atingida pela água no piezômetro e a cota do plano de referência.

Figura 4.4 - Janela referente às definições do tópico Cargas Hidráulicas.

GEOWEB

CARGAS HIDRÁULICAS

- 1: INTRODUÇÃO
- 2: DEFINIÇÕES
- 3: EXEMPLO 1
- 4: EXEMPLO 2
- 5: EXEMPLO 3
- 6: EXERCÍCIOS INTERATIVOS

SAIR

### EXEMPLO 1


Não haverá fluxo quando a carga total for igual em qualquer ponto. Observe a Figura 1 e considere a cota da face inferior da areia como referência (NR). Na face superior da areia, a carga altimétrica é igual a L e a carga piezométrica é z. A carga total é L + z.

Na face inferior, a carga altimétrica é nula e a carga piezométrica é L + z. As cargas totais são iguais. Não há fluxo, ainda que a carga altimétrica na face superior seja maior ou que a carga piezométrica na face inferior seja maior.

**FIGURA 1** *Permeâmetro sem fluxo*

Figura 4.5 - Janela referente ao 1º. exemplo sobre Cargas Hidráulicas.

GEOWEB



**CARGAS HIDRÁULICAS**

1: INTRODUÇÃO  
2: DEFINIÇÕES  
3: EXEMPLO 1  
4: EXEMPLO 2  
5: EXEMPLO 3  
6: EXERCÍCIOS INTERATIVOS

SAIR

**EXEMPLO 2**

Quando há diferença de cargas totais, há fluxo e ele seguirá o sentido do ponto de maior carga total para o de menor carga total.

Observe a Figura 2. Na face superior, a carga altimétrica é  $L$ , a piezométrica é  $z$  e a total é  $L + z$ . Na face inferior, a altimétrica é nula e a total é igual à piezométrica, valendo  $L + z + h$ .

O fluxo se dará de baixo para cima, ainda que a carga altimétrica na face superior seja maior.

A diferença de cargas totais é a carga usada no cálculo do gradiente hidráulico que, pela Lei de Darcy, indica a velocidade e a vazão.

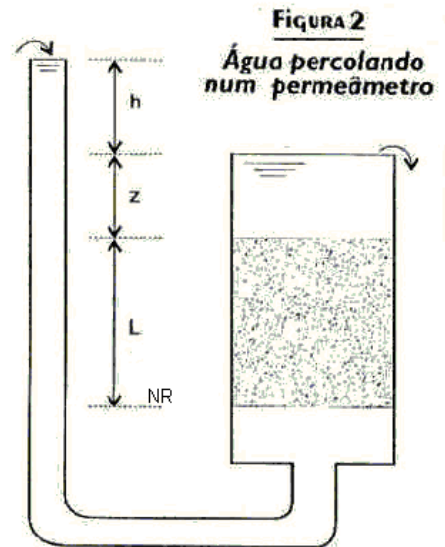


Figura 4.6 - Janela referente ao 2º. exemplo sobre Cargas Hidráulicas.

GEOWEB



**CARGAS HIDRÁULICAS**

1: INTRODUÇÃO  
2: DEFINIÇÕES  
3: EXEMPLO 1  
4: EXEMPLO 2  
5: EXEMPLO 3  
6: EXERCÍCIOS INTERATIVOS

SAIR

**EXEMPLO 3**

A carga piezométrica pode ser negativa. É o que acontece na superfície inferior da areia representada na Figura 3.

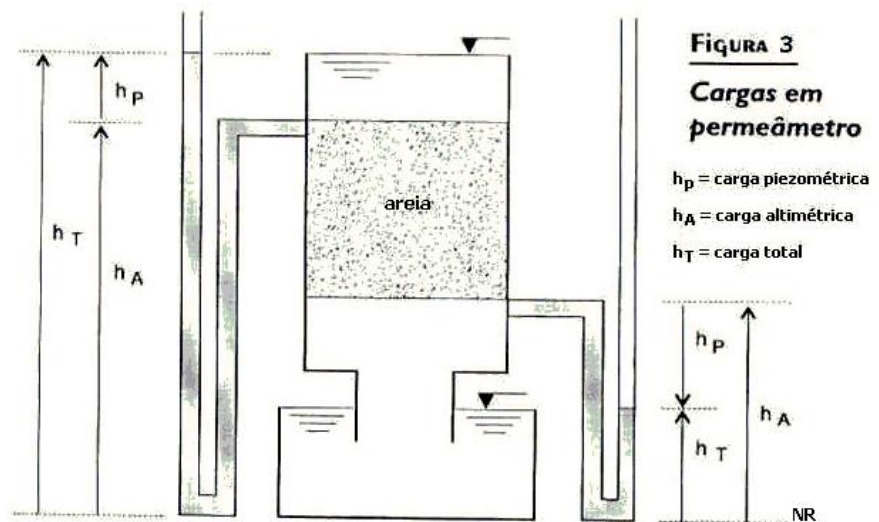


Figura 4.7 - Janela referente ao 3º. exemplo sobre Cargas Hidráulicas.

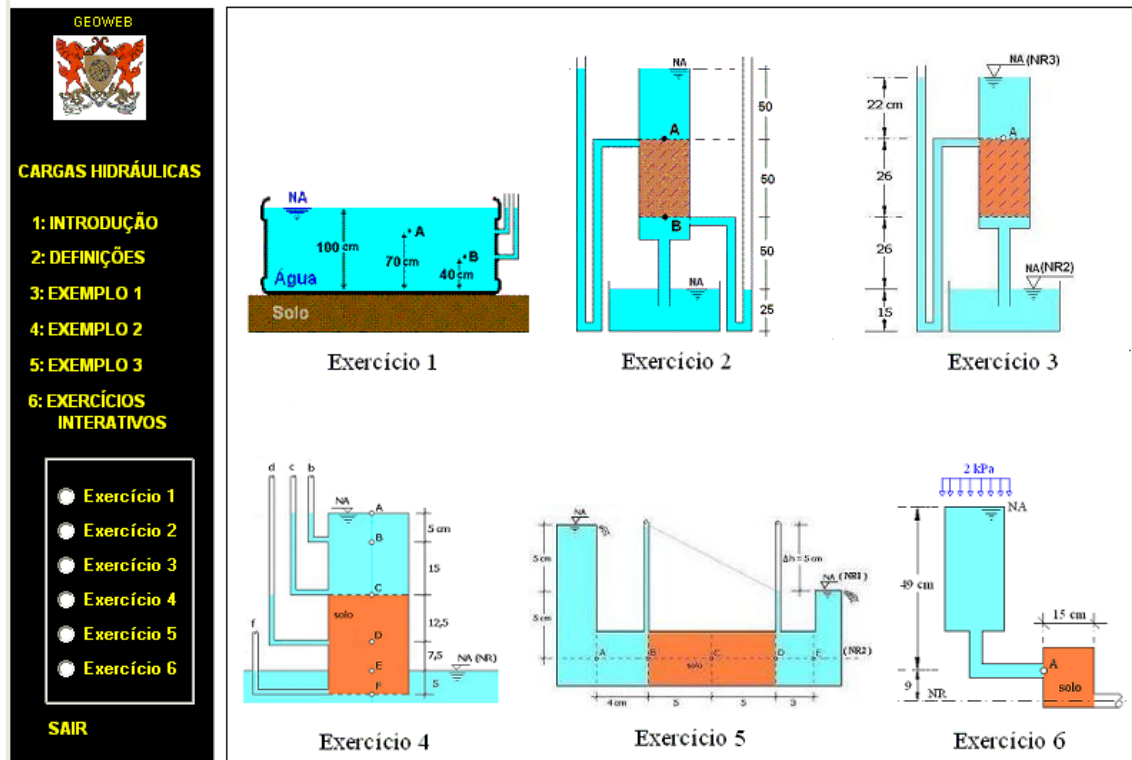


Figura 4.8 - Janela de acesso aos exercícios sobre Cargas Hidráulicas.

A Figura 4.8 apresenta a janela que dá acesso aos objetos de aprendizagem (ou exercícios interativos) relativos ao tópico Cargas Hidráulicas. No lado esquerdo desta janela, tem um menu no qual o usuário pode acessar qualquer parte do caderno, incluindo os exercícios interativos. Basta um clique na opção desejada para que a respectiva janela apareça.


As Figuras de 4.9 a 4.15 apresentam os seis exercícios interativos implementados para este tópico e a Tabela 4.2 apresenta os objetivos instrucionais de cada exercício interativo contido no caderno eletrônico sobre Cargas Hidráulicas.

Tabela 4.2 - Objetivos dos exercícios interativos do caderno eletrônico de Cargas Hidráulicas.


Opção	Fig.	Objetivos
EXERCÍCIO 1	4.9	Calcular a carga hidráulica total em três pontos distintos do reservatório d'água, para demonstrar que se não há variação de carga total, não há fluxo de água.
EXERCÍCIO 2	4.11	Calcular as cargas hidráulicas (de pressão, de elevação e total) no topo e na base de uma amostra de solo colocada num permeâmetro vertical submetido a um fluxo d'água descendente, para demonstrar que existe uma variação de carga total, e o fluxo de água se dá na direção do

		maior para o menor valor.
EXERCÍCIO 3	4.12	Calcular as cargas hidráulicas no topo de uma amostra colocada num permeâmetro vertical com fluxo descendente, variando o nível de referencia, para esclarecer a influência desta variação no cálculo das cargas de pressão, de elevação e total.
EXERCÍCIO 4	4.13	Calcular as cargas hidráulicas (de pressão, de elevação e total) em pontos dentro e fora da amostra colocada num permeâmetro vertical com fluxo descendente, com o auxílio de tubos piezométricos, para demonstrar que só há variação de carga total onde há perda de energia, isto é, ao longo da amostra de solo.
EXERCÍCIO 5	4.14	Calcular as cargas hidráulicas (de pressão, de elevação e total) em pontos dentro e fora da amostra colocada num permeâmetro horizontal, ora com o auxílio de tubos piezométricos e ora sem esse auxílio, para demonstrar a variação linear da perda de carga ao longo da amostra de solo.
EXERCÍCIO6	4.15	Calcular as cargas hidráulicas (de pressão, de elevação e total) em um ponto da amostra colocada num permeâmetro horizontal, submetido a uma sobrecarga. Além de análise e aplicação, para obter a solução correta, o aluno deverá fazer uma síntese dos dados para determinar um parâmetro auxiliar.

A Figura 4.9 apresenta a interface inicial do primeiro objeto de aprendizagem. Nela pode-se observar o botão Prosseguir, que ao ser clicado, inicia a interatividade com o usuário. A aparência final da tela, após a correta resolução do problema, está na Figura 4.10. Para resolver este problema, o usuário tem que conhecer e aplicar os conceitos de cargas hidráulicas numa situação de água parada num reservatório. A meta é demonstrar que não há variação de carga total para qualquer ponto do reservatório, o que implica em não haver fluxo de água. Nos problemas seguintes, o usuário vai ser cada vez mais exigido, e os conceitos e princípios do movimento de água nos solos vão sendo aplicados em modelos diversos de permeâmetros. A seqüência de exercícios foi planejada para fornecer um treinamento adequado ao usuário, que vai tomando conhecimento da influência das variações do nível da água no cálculo das cargas piezométrica, de pressão e total.



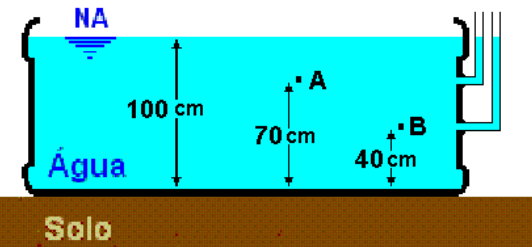
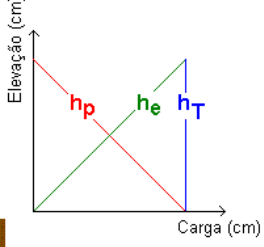
**Carga Hidráulica**



Prof. Paulo Barbosa e Cláudio Silva  
Doutorando: Walcyr Duarte  
Bolsistas: Halley Silva e Rodrigo Miranda


Considerando o fundo da caixa d'água como sendo o nível de referência, calcule:

- A carga total do ponto A;
- A carga total do ponto B;
- A carga total de um ponto C qualquer na superfície da água.





Prosseguir
Calculadora
Voltar

Figura 4.9 – Interface do 1º. exercício interativo sobre Cargas Hidráulicas.



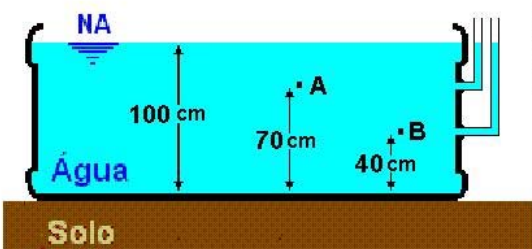
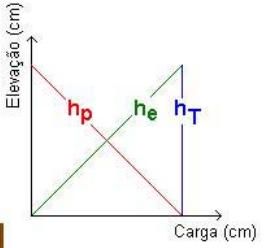
**Carga Hidráulica**



Prof. Paulo Barbosa e Cláudio Silva  
Doutorando: Walcyr Duarte  
Bolsistas: Halley Silva e Rodrigo Miranda

Considerando o fundo da caixa d'água como sendo o nível de referência, calcule:

- A carga total do ponto A;
- A carga total do ponto B;
- A carga total de um ponto C qualquer na superfície da água.

Solução:

- $h_T^A = 100$  cm ✓ OK
- $h_T^B = 100$  cm ✓ OK
- $h_T^C = 100$  cm ✓ OK

Concluindo... ✓ OK

- Não há fluxo porque a carga total hidráulica é constante para qualquer ponto da caixa.
- Não há fluxo porque a carga piezométrica varia linearmente com a profundidade.
- Há fluxo porque a carga de elevação varia linearmente com a profundidade.

Voltar

Figura 4.10 - Aspecto final da interface do 1º. exercício interativo.

**GEO WEB**  
DEC - UFV

### CARGAS HIDRÁULICAS: Permeâmetro

Adotando NR como nível de referência, calcule as cargas hidráulicas para os pontos A e B. Para o ponto A, as cargas hidráulicas estão ilustradas pelas setas vermelhas a esquerda no desenho. As medidas estão todas em cm.

Ponto	Carga de Elevação $h_e$ (cm)	Carga Piezométrica $h_p$ (cm)	Carga Total $h_T$ (cm)
A	125		175

**Verificar** Desempenho: 66,7%

Ponto	Carga de Elevação $h_e$ (cm)	Carga Piezométrica $h_p$ (cm)	Carga Total $h_T$ (cm)
B			

**Verificar** Desempenho:

Não deixe células em branco.  
Após a verificação, as células vazias devem ser recalculadas devido aos erros.

[Calculadora](#) [Voltar](#)

Figura 4.11 - Interface do 2º. exercício interativo sobre Cargas Hidráulicas.

**GEO WEB**  
DEC - UFV

### CARGAS HIDRÁULICAS: Permeâmetro

**NÍVEL DE REFERÊNCIA:**  
 NR1    NR2    NR3

**Para NR1:**

Ponto	Carga de Elevação $h_e$ (cm)	Carga Piezométrica $h_p$ (cm)	Carga Total $h_T$ (cm)
A			

**Verificar** Desempenho:


[Calculadora](#) [Voltar](#)

**Dica:**

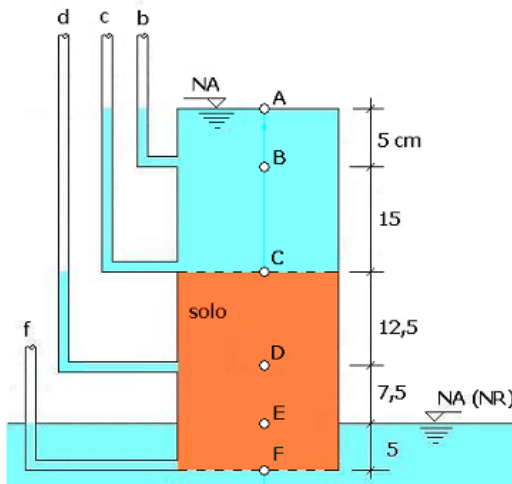
SIGA A INSTRUÇÃO ABAIXO PARA SEGUIR COM O EXERCÍCIO

Calcule as cargas de elevação, piezométrica e total para o ponto A.  
Não deixe células em branco e verifique sua resposta e desempenho.  
Após a verificação, as células vazias devem ser recalculadas devido aos erros.

Figura 4.12 - Interface do 3º. exercício interativo sobre Cargas Hidráulicas.



## CARGAS HIDRÁULICAS



Dica:


Ponto	Carga de Elevação he (cm)	Carga Piezométrica hp (cm)	Carga Total hT (cm)	Perda de Carga (cm) em relação ao ponto A
B	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
C	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
D	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
F	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**Desempenho:**

SIGA A INSTRUÇÃO ABAIXO PARA SEGUIR COM O EXERCÍCIO

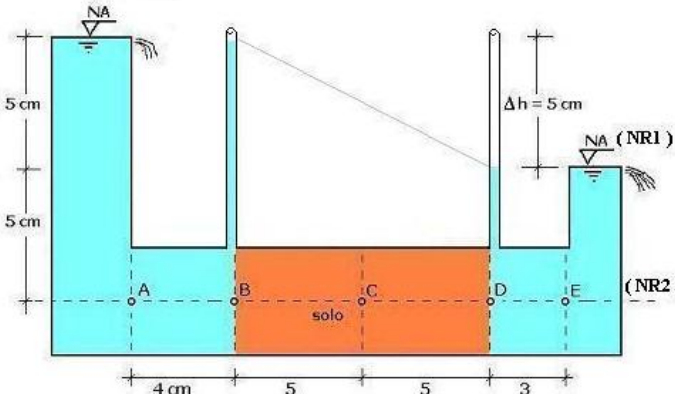
Calcule as cargas de elevação, piezométrica e total para os pontos solicitados. Não deixe células em branco e verifique sua resposta e desempenho. Após a verificação, as células vazias devem ser recalculadas devido aos erros.

Figura 4.13 - Interface do 4º. exercício interativo sobre Cargas Hidráulicas.



## CARGAS HIDRÁULICAS:

### Permeâmetro horizontal



Dica:

Ponto	Carga de Elevação he (cm)	Carga Piezométrica hp (cm)	Carga Total hT (cm)
A	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
B	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
C	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
D	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
E	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**Desempenho:**

SIGA A INSTRUÇÃO ABAIXO PARA SEGUIR COM O EXERCÍCIO

Calcule as cargas de elevação, piezométrica e total para os pontos de A a E. Não deixe células em branco e verifique sua resposta e desempenho. Após a verificação, as células vazias devem ser recalculadas devido aos erros.

Figura 4.14 – Interface do 5º. exercício interativo sobre Cargas Hidráulicas.

**GEO WEB**  
DEC - UFV

**CARGAS HIDRÁULICAS:**

**Dica:**

Deve-se substituir a pressão de 2 kPa por uma altura equivalente de água.

Como?

Primeiro, muda a unidade de pressão:  
2 Kpa = 2 kN/m<sup>2</sup>;

Por fim, divide a pressão pelo peso específico da água:  
(2 kN/m<sup>2</sup>) / (9,81 kN/m<sup>3</sup>) = 0,204 m ou 20,4 cm.

A carga de elevação é a diferença de cota entre o ponto escolhido e o nível de referência (NR).

A carga piezométrica é a altura entre a cota atingida pela água no piezômetro e o ponto escolhido.

A carga total é a diferença entre a cota atingida pela água no piezômetro e a cota do NR.

**Para NR1:**

Ponto	Carga de Elevação he (cm)	Carga Piezométrica hp (cm)	Carga Total hT (cm)
A	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**Desempenho:**

SIGA A INSTRUÇÃO ABAIXO PARA SEGUIR COM O EXERCÍCIO

Calcule as cargas de elevação, piezométrica e total para o ponto A (1 casa decimal). Não deixe células em branco e verifique sua resposta e desempenho. Após a verificação, as células vazias devem ser recalculadas devido aos erros.


Figura 4.15 – Interface do 6º. exercício interativo sobre Cargas Hidráulicas.

A Figura 4.15, propositalmente, mostra dentro do retângulo no alto e à direita, o conteúdo do botão “Dica”, elaborado para auxiliar a resolução da questão,

#### 4.1.2 Caderno eletrônico sobre Permeabilidade dos Solos

O caderno eletrônico (ou módulo instrucional digital) referente a Permeabilidade dos Solos está ilustrado na Figura 4.16. Este caderno possui a mesma estruturação do anterior. Para acessá-lo, basta clicar na opção adequada da janela principal do GeoWeb. Seu propósito é auxiliar o cálculo da vazão, do gradiente hidráulico e da condutividade hidráulica em problemas de fluxo de água através de solos representados por permeâmetros simulando situações reais da geotecnia.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**



**GEOWEB**  
**GEOTECNIA NA INTERNET**

**Orientação:**  
Profs. Paulo Barbosa & Cláudio Silva

**Doutorando:**  
Walcyr Duarte

**Bolsistas:**  
Halley Silva & Rodrigo Miranda

## Permeabilidade dos Solos

[Clicar na opção](#)

- 1: LEI DE DARCY
- 2: PERMEÂMETRO DE CARGA CONSTANTE
- 2: PERMEÂMETRO DE CARGA VARIÁVEL
- 4: VELOCIDADE DE PERCOLAÇÃO
- 5: EXERCÍCIOS INTERATIVOS

**SAIR**

Figura 4.16 – Janela referente ao caderno Permeabilidade dos Solos.


A Tabela 4.3 tem o intuito de relacionar as opções de navegabilidade do caderno eletrônico sobre Permeabilidade dos Solos a seus objetivos instrucionais.

A Tabela 4.3 - Objetivos do caderno eletrônico sobre Permeabilidade dos Solos.

Opção	Fig.	Objetivos
1: LEI DE DARCY	4.17	Apresentar a lei de Darcy e os parâmetros envolvidos: gradiente hidráulico, velocidade, vazão e condutividade hidráulica.
2: PERMEÂMETRO DE CARGA CONSTANTE	4.18	Apresentar o procedimento de cálculo do coeficiente de permeabilidade de um solo arenoso através do permeômetro de carga constante.
3: PERMEÂMETRO DE CARGA VARIÁVEL	4.19	Apresentar o procedimento de cálculo do coeficiente de permeabilidade de um solo argiloso através do permeômetro de carga variável.
4: VELOCIDADE DE PERCOLAÇÃO	4.20	Apresentar o procedimento de cálculo da velocidade de Darcy e da velocidade de percolação, utilizando a vazão como parâmetro de cálculo.
5: EXERCÍCIOS INTERATIVOS	4.21	Identificar as cargas hidráulicas para variados tipos de permeômetros e situações de cálculo.

As Figuras de 4.17 a 4.21 apresentam as janelas referentes às opções disponibilizadas pelo caderno Permeabilidade dos Solos, ou seja, lei de Darcy, permeâmetros de carga constante e variável, velocidade de percolação e exercícios interativos. De forma semelhante ao caderno anterior, os textos contidos nestas janelas são concisos e informam somente o necessário para a resolução dos problemas interativos propostos.

GEOWEB



**PERMEABILIDADE  
DOS SOLOS**

1: LEI DE DARCY

2: PERM.CARGA CTE.

3: PERM.CARGA VAR.

4: VEL. PERCOLAÇÃO

5: EXERCÍCIOS  
INTERATIVOS

**SAIR**

### A Permeabilidade dos Solos

**1. A Lei de Darcy (1850)**     $Q = k \cdot \frac{h}{L} \cdot A$

A relação  $h/L$  é chamada de **gradiente hidráulico** e é expresso pela letra  $i$ .

$$Q = k \cdot i \cdot A$$

Como a velocidade de Darcy,  $v$ , é a vazão  $Q$  dividida pela área  $A$ , temos:

$$v = k \cdot i$$

onde:  $k$  é o coeficiente de permeabilidade ou condutividade hidráulica

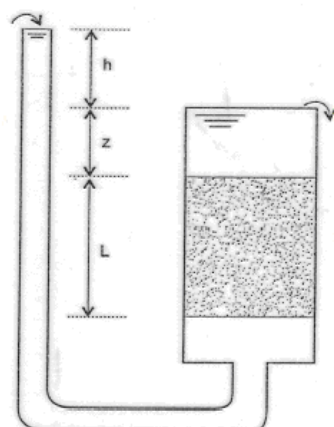


Figura 4.17 – Janela referente à apresentação da Lei de Darcy.

GEOWEB

PERMEABILIDADE DOS SOLOS

- 1: LEI DE DARCY
- 2: PERM.CARGA CTE.
- 3: PERM.CARGA VAR.
- 4: VEL. PERCOLAÇÃO
- 5: EXERCÍCIOS INTERATIVOS

SAIR

## A Permeabilidade dos Solos

### 2. Determinação do Coeficiente de Permeabilidade dos Solos em Laboratório

a) Permeômetro de carga constante

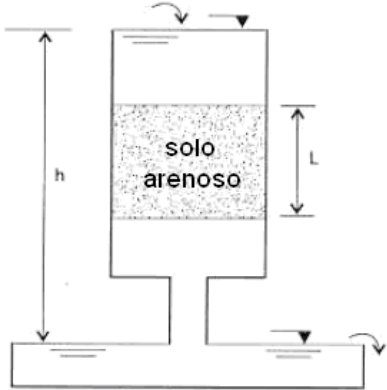
$$k = \frac{Q}{i.A}$$


Figura 4.18 – Janela referente ao permeômetro de carga constante.

GEOWEB

PERMEABILIDADE DOS SOLOS

- 1: LEI DE DARCY
- 2: PERM.CARGA CTE.
- 3: PERM.CARGA VAR.
- 4: VEL. PERCOLAÇÃO
- 5: EXERCÍCIOS INTERATIVOS

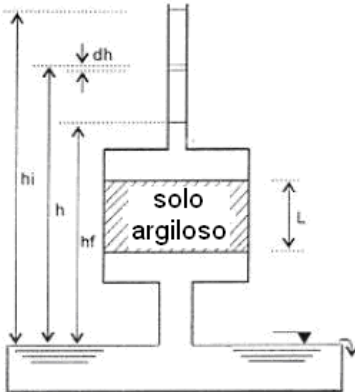
SAIR

## A Permeabilidade dos Solos

### 2. Determinação do Coeficiente de Permeabilidade dos Solos em Laboratório

b) Permeômetro de carga variável

Quando o coeficiente de condutividade hidráulica é muito baixo, utiliza-se o permeômetro de carga variável.

$$k = 2,3 \frac{a.L}{A.t} \log \frac{h_i}{h_f}$$


a = diâm. pipeta

Figura 4.19 – Janela referente ao permeômetro de carga variável.

GEOWEB

PERMEABILIDADE DOS SOLOS

1: LEI DE DARCY  
2: PERM.CARGA CTE.  
3: PERM.CARGA VAR.  
4: VEL. PERCOLAÇÃO  
5: EXERCÍCIOS INTERATIVOS

SAIR

### A Permeabilidade dos Solos

#### 3. Velocidade de Descarga e Velocidade de Percolação

$$v = Q/A \text{ (velocidade de descarga)}$$

$$v_p = v/n \text{ (velocidade de percolação)}$$

$n$  = porosidade  
 $n = e/(1+e)$   
 $v$  = velocidade de Darcy (ou de descarga)

Figura 4.20 – Janela referente às velocidade de descarga e de percolação.

GEOWEB

PERMEABILIDADE DOS SOLOS

1: LEI DE DARCY  
2: PERM.CARGA CTE.  
3: PERM.CARGA VAR.  
4: VEL. PERCOLAÇÃO  
5: EXERCÍCIOS INTERATIVOS

- Exercício 1
- Exercício 2
- Exercício 3
- Exercício 4
- Exercício 5
- Exercício 6

SAIR

Figura 4.21 - Janela de acesso aos exercícios interativos sobre Permeabilidade dos Solos.


A Figura 4.21 apresenta a janela que dá acesso aos objetos de aprendizagem (ou exercícios interativos) relativos ao tópico "Permeabilidade dos Solos".


A Tabela 4.4 apresenta os objetivos instrucionais de cada exercício interativo contido no caderno eletrônico sobre Permeabilidade dos Solos.

Tabela 4.4 - Objetivos dos exercícios interativos sobre Permeabilidade dos Solos.

<b>Opção</b>	<b>Fig.</b>	<b>Objetivos</b>
EXERCÍCIO 1	4.22	Calcular as cargas hidráulicas (de elevação, piezométrica e total) no topo, na base e num ponto interior da amostra colocada no permeâmetro vertical submetido a um fluxo d'água descendente. A novidade neste caso é o calculo no ponto do interior da amostra, no qual o usuário deverá aplicar seu conhecimento sobre gradiente hidráulico.
EXERCÍCIO 2	4.23	Calcular as cargas hidráulicas (de elevação, piezométrica e total) no topo, na base e num ponto interior da amostra colocada no permeâmetro vertical submetido a um fluxo d'água ascendente.
EXERCÍCIO 3	4.24	Calcular as cargas hidráulicas (de elevação, piezométrica e total) num ponto interior da amostra colocada no permeâmetro horizontal submetido a um fluxo d'água descendente.
EXERCÍCIO 4	4.25	Calcular os parâmetros hidráulicos (vazão, gradiente hidráulico e coeficiente de permeabilidade) de uma amostra colocada no permeâmetro vertical submetido a um fluxo d'água ascendente.
EXERCÍCIO 5	4.26	Calcular as cargas hidráulicas bem como os parâmetros geométricos e hidráulicos de uma amostra colocada no permeâmetro inclinado submetido a um fluxo d'água descendente.
EXERCÍCIO6	4.27	Calcular os parâmetros hidráulicos (perda de carga, gradiente hidráulico e vazão) em um problema real da geotecnia a respeito do fluxo da água através do solo.

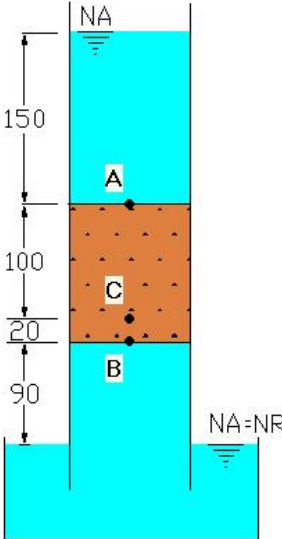
As Figuras de 4.22 a 4.27 apresentam os seis exercícios interativos implementados para este tópico.





Profs.: Paulo Barbosa e Cláudio Silva  
 Doutorando: Walcyr Duarte  
 Bolsistas: Halley Silva e Rodrigo Miranda


**Determine para os pontos A, B e C da figura abaixo, as cargas hidráulicas de posição, piezométrica e total.**




Ponto	Carga de Elevação	Carga Piezométrica	Carga Total	
A	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<a href="#">Avaliar</a>
B	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<a href="#">Avaliar</a>
C	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<a href="#">Avaliar</a>

[Calculadora](#)
[Voltar](#)

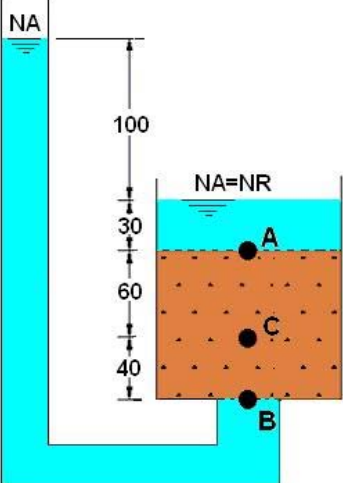
Figura 4.22 – Interface do 1º. exercício interativo sobre Permeabilidade.





Profs.: Paulo Barbosa e Cláudio Silva  
 Doutorando: Walcyr Duarte  
 Bolsistas: Halley Silva e Rodrigo Miranda


**Determine para os pontos A, B e C da figura abaixo, as cargas hidráulicas de posição, piezométrica e total.**




Ponto	Carga de Elevação	Carga Piezométrica	Carga Total	
A	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<a href="#">Avaliar</a>
B	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<a href="#">Avaliar</a>
C	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<a href="#">Avaliar</a>

[Calculadora](#)
[Voltar](#)

Figura 4.23 – Interface do 2º. exercício interativo sobre Permeabilidade.



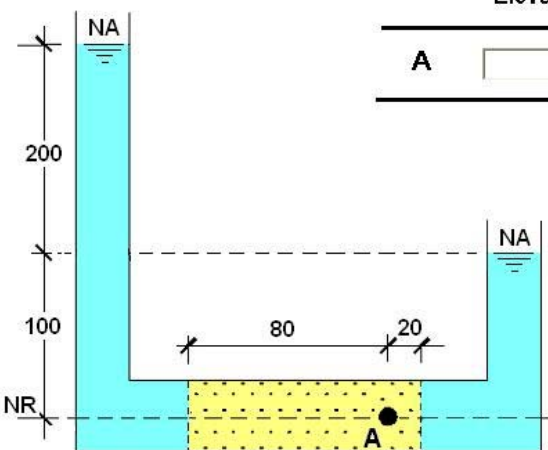
**GEO  
WEB  
DEC-UFV**



**EQUIPE**

Prof.: Paulo Barbosa e Cláudio Silva  
Doutorando: Walcyr Duarte  
Bolsistas: Halley Silva e Rodrigo Miranda

**Determine para o ponto A da figura abaixo, as cargas hidráulicas de elevação, piezométrica e total.**




Ponto	Carga de Elevação	Carga Piezométrica	Carga Total
A	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

[Calculadora](#)   [Voltar](#)

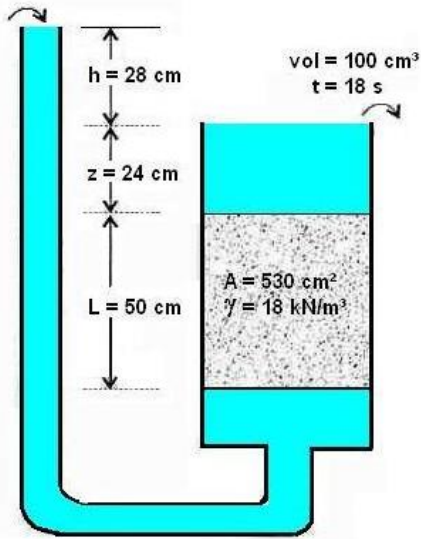
[Avaliar](#)

Figura 4.24 – Interface do 3º. exercício interativo sobre Permeabilidade.



**GEO  
WEB  
DEC-UFV**

### Permeabilidade dos Solos - Lei de Darcy




**Considere:**

- A = área da seção transversal do permeâmetro;
- $\gamma$  = peso específico da areia;

**Calcular:**

- Vazão  $Q = ?$  [  $\text{cm}^3/\text{s}$  ]
- Gradiente hidráulico  $i = ?$
- Coeficiente de permeabilidade da areia  $k = ?$  [  $\text{cm/s}$  ]

[Prosseguir](#)



Prof.: Paulo Barbosa e Cláudio Silva  
Doutorando: Walcyr Duarte  
Bolsistas: Halley Silva e Rodrigo Miranda

[Calculadora](#)   [Voltar](#)

Figura 4.25 – Interface do 4º. exercício interativo sobre Permeabilidade.

**GEO WEB**  
DEC - UFV

### Fluxo unidimensional

O sistema tubular está bloqueado por uma amostra de solo. O nível d'água em A e B são mantidos constantes, por contínua alimentação. A condutividade hidráulica é  $k = 0,001 \text{ cm/s}$ . Resolva as 10 questões a seguir e ao final, clique no botão "Avaliar".

Desempenho:

Prof.: Paulo Barbosa e Cláudio Silva  
Doutorando: Walcyr Duarte  
Bolsistas: Halley Silva e Rodrigo Miranda

1 a 5 | 6 a 10

- O comprimento (cm) onde se dá a perda de carga é:
  - 19
  - 20
  - 21
  - 23
- A área da seção transversal (cm<sup>2</sup>) do solo é:
  - 4.9
  - 19.6
  - 78.5
  - 105
- A perda de carga de A para B é:
  - 100
  - 120
  - 105
  - 170
- A carga piezométrica (cm) em C é:
  - 40
  - 70
  - 100
  - 170
- A carga piezométrica (cm) em D é:
  - 40
  - 50
  - 0
  - 100

6 a 10

- A carga piezométrica (cm) em E (meio do solo) é:
  - 60
  - 70
  - 80
  - 50
- O gradiente hidráulico é:
  - 0.95
  - 5.70
  - 2.86
  - 4.76
- A velocidade de descarga (cm/s) é:
  - 0.1117
  - 0.0057
  - 0.0029
  - 0.0048
- A vazão (cm<sup>3</sup>/s) através do solo é:
  - 0.1117
  - 0.0057
  - 0.0029
  - 0.0048
- A velocidade de percolação (cm/s) é:
  - 0.0029
  - 0.0057
  - 0.0152
  - 0.1117

Figura 4.26 – Interface do 5º. exercício interativo sobre Permeabilidade.

**GEO WEB**  
DEC - UFV

### Permeabilidade dos Solos - Lei de Darcy

Um canal e um rio correm paralelos entre si numa média de 76 m. A elevação da superfície da água no canal está em +320 m e no rio em +311 m. Um estrato de areia cruza o rio e o canal abaixo de seus níveis de água. A camada de areia tem 1,80 m de espessura e está imprensada por duas camadas de argila impermeáveis. Calcule:

(a) a perda de carga  $h$  entre o canal e o rio em m.c.a.  
 (b) o gradiente hidráulico  $i$   
 (c) a vazão  $Q$  de escoamento do canal em m<sup>3</sup>/km se a permeabilidade da areia for de  $6,49 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

Prof.: Paulo Barbosa e Cláudio Silva  
Doutorando: Walcyr Duarte  
Bolsistas: Halley Silva e Rodrigo Miranda

Proseguir **DICA**

Figura 4.27 – Interface do 6º. exercício interativo sobre Permeabilidade.

### 4.1.3 A Avaliação quantitativa

A Figura 4.28 apresenta a interface inicial do teste de verificação de aprendizagem. Ao iniciar o teste, o usuário tem acesso ao objetivo do teste e deve fornecer seus dados de identificação (nome e matrícula) que serão armazenados em um arquivo de saída de dados gerado pelo programa.

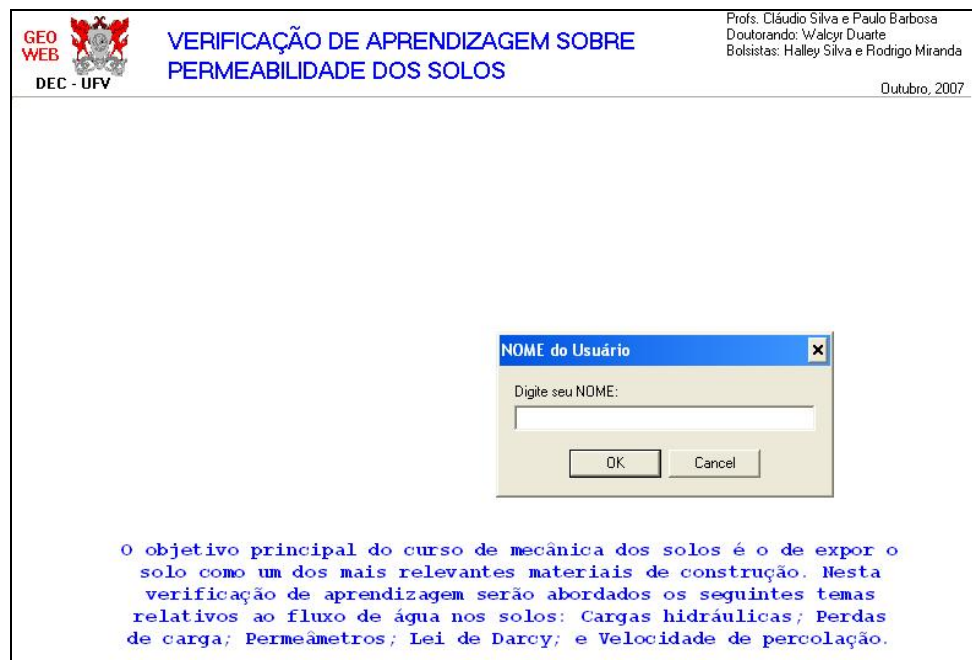


Figura 4.28 – Interface inicial do teste de verificação de aprendizagem eletrônica.

Para identificar o nome do arquivo de saída de dados, o GeoWeb concatena, de forma automática, o número de matrícula do usuário à extensão “.txt”. Este arquivo armazenará a data e a hora da realização do teste, bem como os resultados, questão por questão. Esse procedimento busca facilitar a análise dos resultados para fins de pesquisa e disponibilizar as informações para o usuário e para o professor. A Figura 4.29 apresenta o modelo do arquivo de saída de dados.

```


50000.txt - Bloco de notas
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda
Matricula: 50000 Usuario: José
Listagem de erros:
Q1 OK A Q10a OK he_A = 20
Q2 ERRO C Q10a ERRO ht_A = 0
Q3 OK A Q10a ERRO hp_A = 0
Q4 OK B Q10a OK he_B = 30
Q5 ERRO "questão em branco" Q10a ERRO ht_B = 0
Q6 ERRO "questão em branco" Q10a ERRO hp_B = 0
Q7 OK B Q10a OK he_C = 40
Q8 OK B Q10a ERRO ht_C = 0
Q9a ERRO F Q10a OK hp_C = 10
Q9b OK V Q10b ERRO i = 0
Q9c ERRO "questão em branco" Q10c ERRO v = 0
Q9d OK F Q10d ERRO vp = 0
Q9e ERRO F Q10e ERRO q = 0
Q9f ERRO V Q11 OK A
Q9g OK V Q12a OK i = 4
Q9h OK V Q12b ERRO k = 0
Q12c ERRO d = 0

RESUMO:
data : 09 / 04 / 2009
Usuario : José
Matricula : 50000
Desempenho: 45 %
Hora Inicial Hora Final
14:30:48 14:45:24
+++ +++ +++

```

Figura 4.29 – Modelo do arquivo de saída de dados.

As questões foram propositalmente elaboradas para se verificar o nível da bagagem conceitual e prática do aluno. Elas estão ilustradas nas Figuras de 4.30 a 4.35.



**DEC - UFV**

**VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM SOBRE  
PERMEABILIDADE DOS SOLOS**

Profs. Cláudio Silva e Paulo Barbosa  
Doutorando: Walcyr Duarte  
Bolsistas: Halley Silva e Rodrigo Miranda

Outubro, 2007


Teoria: 1 a 4 | Teoria: 5 a 8 | Teoria: 9 | Prática: 10 | Teoria: 11 | Prática: 12

**TEORIA**

1. O fluxo de água através dos solos é governado pela:
  - Lei de Darcy;
  - Lei de Stokes;
  - Lei de Hansen;
  - nenhuma das respostas anteriores.
2. A permeabilidade dos solos é influenciada pela/pelo:
  - distribuição granulométrica;
  - índice de vazios;
  - porosidade;
  - todas as respostas anteriores.
3. O ensaio de permeabilidade de carga constante é usado para determinar a permeabilidade de:
  - solos grossos;
  - solos finos;
  - solos não uniformes;
  - nenhuma das respostas anteriores.
4. O ensaio de permeabilidade de carga variável é usado para determinar a permeabilidade de:
  - solos grossos;
  - solos finos;
  - solos não uniformes;
  - nenhuma das respostas anteriores.

Ao terminar a Avaliação →

Figura 4.30 – Apresentação das questões de 1 a 4 do teste.

**GEO WEB**  **VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM SOBRE PERMEABILIDADE DOS SOLOS** Prof. Cláudio Silva e Paulo Barbosa  
Doutorando: Walcyr Duarte  
Bolsistas: Halley Silva e Rodrigo Miranda  
DEC - UFV Outubro, 2007

Teoria: 1 a 4 | Teoria: 5 a 8 | Teoria: 9 | Prática: 10 | Teoria: 11 | Prática: 12

5. Sobre Fluxo laminar é correto afirmar que:

- as trajetórias das partículas d'água não se cruzam;
- acontece uma grande agitação das várias camadas do fluido;
- o vetor velocidade varia consideravelmente em cada ponto do fluido;
- todas das respostas anteriores.

6. A lei de Darcy é válida quando o fluxo de água é:

- laminar;
- turbulento;
- não linear;
- nenhuma das respostas anteriores.

7. A lei de Darcy diz que:


- a velocidade média de fluxo é uma constante;
- a velocidade média de fluxo é proporcional ao gradiente hidráulico;
- a velocidade média de fluxo aumenta não linearmente com o gradiente hidráulico;
- nenhuma das respostas anteriores.

8. Marque a resposta correta:

- quanto maior a porosidade, maior a velocidade de percolação;
- quanto maior o índice de vazios, maior a permeabilidade do solo;
- A magnitude da carga piezométrica depende do nível de referência;
- todas as respostas anteriores.

Ao terminar a Avaliação →

Figura 4.31 – Apresentação das questões de 5 a 8 do teste.

**GEO WEB**  **VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM SOBRE PERMEABILIDADE DOS SOLOS** Prof. Cláudio Silva e Paulo Barbosa  
Doutorando: Walcyr Duarte  
Bolsistas: Halley Silva e Rodrigo Miranda  
DEC - UFV Outubro, 2007


Teoria: 1 a 4 | Teoria: 5 a 8 | Teoria: 9 | Prática: 10 | Teoria: 11 | Prática: 12

9. Falso (F) ou verdadeiro (V):

- F  V A velocidade média de fluxo no solo é proporcional ao gradiente hidráulico;
- F  V O valor do coeficiente de permeabilidade é influenciado pelo índice de vazios;
- F  V As areias são praticamente impermeáveis;
- F  V As argilas homogêneas são consideradas permeáveis;
- F  V A velocidade de percolação em um solo deve ser maior do que a velocidade média de descarga;
- F  V O permeâmetro de carga variável é empregado, geralmente, para solos arenosos;
- F  V O ensaio de bombeamento é usado para determinar a condutividade hidráulica de solos *in situ*;
- F  V No estudo das cargas hidráulicas a carga total é a soma das cargas de elevação e piezométrica.

Ao terminar a Avaliação →

Figura 4.32 – Apresentação da 9ª. questão do teste.



**VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM SOBRE PERMEABILIDADE DOS SOLOS**

Profs. Cláudio Silva e Paulo Barbosa  
Doutorando: Walcyr Duarte  
Bolsistas: Halley Silva e Rodrigo Miranda

Outubro, 2007

Teoria: 1 a 4 | Teoria: 5 a 8 | Teoria: 9 | **Prática: 10** | Teoria: 11 | Prática: 12

**PRÁTICA**

**10.** Uma areia fina com coeficiente de permeabilidade de 0,01 cm/s e uma porosidade de 0,35 foi colocada em um permeâmetro de tubo de vidro do ponto A ao ponto C, contida com telas porosas (todas as dimensões estão em cm). Considerando que o tubo tenha 10 cm de diâmetro e que o fluxo ocorra sob carga constante, determine:

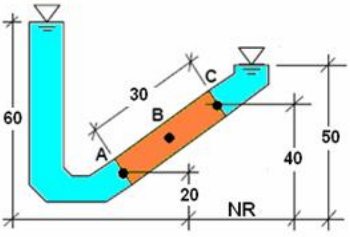
(a) As cargas total, piezométrica e de elevação nos pontos A, B (ponto médio da coluna do solo) e C;

(b) O gradiente hidráulico;

(c) A velocidade da descarga média no solo em cm/s;

(d) A velocidade de percolação no solo em cm/s;


(e) A vazão em cm<sup>3</sup>/s.



	A	B	C
Elevação (cm)			
Carga Total (cm)			
Carga Piezométrica (cm)			

Ao terminar a Avaliação →

Figura 4.33 – Apresentação da 10ª. questão do teste.



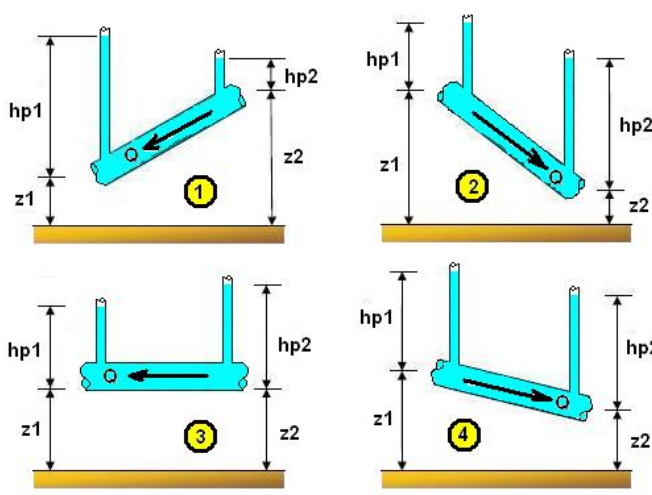
**VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM SOBRE PERMEABILIDADE DOS SOLOS**

Profs. Cláudio Silva e Paulo Barbosa  
Doutorando: Walcyr Duarte  
Bolsistas: Halley Silva e Rodrigo Miranda

Outubro, 2007

Teoria: 1 a 4 | Teoria: 5 a 8 | Teoria: 9 | Prática: 10 | **Teoria: 11** | Prática: 12

**11.** Marque a situação na qual a água flui na direção errada.  
Considere: Z = cota (m); hp = carga piezométrica (m.c.a.); Q = vazão (m<sup>3</sup>/s).



Situação 1:

Situação 2:

Situação 3:

Situação 4:

Ao terminar a Avaliação →

Figura 4.34 – Apresentação da 11ª. questão do teste.

Profs. Cláudio Silva e Paulo Barbosa  
 Doutorando: Walcyr Duarte  
 Bolsistas: Halley Silva e Rodrigo Miranda

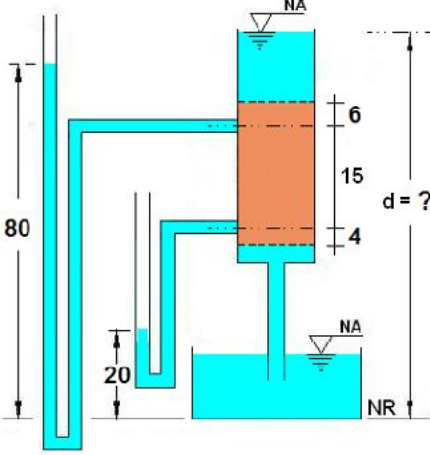
Outubro, 2007

GEO WEB  
 DEC - UFV

**VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM SOBRE PERMEABILIDADE DOS SOLOS**

Teoria: 1 a 4 | Teoria: 5 a 8 | Teoria: 9 | Prática: 10 | Teoria: 11 | **Prática: 12**

12. Para o permeâmetro dado, considere que a área da seção transversal da amostra do solo é igual a  $25 \text{ cm}^2$  e que a vazão é de 3,6 litros por hora. Determine:



(a) gradiente hidráulico;  
 $i =$

(b) coeficiente de permeabilidade (cm/s);  
 $k =$   cm/s

(c) a distância entre o NA superior e o NR.  
 $d =$   cm

Ao terminar a Avaliação →

Figura 4.35 – Apresentação da 12ª. questão do teste.

## 4.2 PRIMEIRA FASE DE AVALIAÇÃO DA PESQUISA

A primeira fase de avaliação da pesquisa envolveu cinco situações em três diferentes instituições federais<sup>10</sup>, totalizando 144 alunos, os quais se submeteram às avaliações quantitativa (pré e pós-teste) e qualitativa (questionário fechado) da pesquisa em curso.

Relembrando, o efeito do GeoWeb é obtido pela diferença entre as notas do pós e pré-teste. Assim, o GeoWeb torna-se eficiente se o efeito for positivo. Além disso, a eficiência do aluno é dada pela razão, em porcentagem, entre a eficiência do GeoWeb e a média do pré-teste.

### 4.2.1 Resultados das avaliações quantitativas

A Tabela 4.5 apresenta o quadro geral dos resultados da aplicação do

<sup>10</sup> UFJF, UFOP e UFV.

pré e do pós-teste.

Tabela 4.5 - Resumo geral dos resultados da aplicação do pré e pós-teste, relativo à primeira fase de validação da pesquisa.

Situação	I	II	III	IV	V	Médias					
	2 / 2007	1 / 2008	1 / 2008	1 / 2008	2 / 2008						
	UFV	UFJF	UFV	UFV	UFOP						
	CIVIL	CIVIL	CIVIL	AMBIENTAL	CIVIL						
	Mec.Solos 1	Mec.Solos 2	Mec.Solos 1	Mec. Solos	Mec. Solos						
	TURMA 1	TURMA 1	TURMA 1	TURMA 1	TURMA 1						
	13 alunos	21 alunos	15 alunos	9 alunos	5 alunos	12 alunos	13 alunos	44 alunos	12 alunos		
GLOBAL	PRÉ	54	47	43	54	43	49	50	-	43	48
	PÓS	69	73	62	75	67	77	71	84	65	71

Neste contexto, o GeoWeb se mostrou eficiente em todas as situações de uso nas quais foram aplicados os pré e pós-testes, indicando, assim, a sua adequação. A eficiência média do GeoWeb foi de 23% ( $=71-48$ ) e a eficiência média do aluno foi de 48% ( $=23/48$ ).

A faixa de variação dos resultados da aplicação dos testes de verificação de conhecimento está ilustrada na Figura 4.36, na qual se pode observar que a faixa relativa ao pré-teste vai de 43% a 54% com média igual a 48% e que a faixa relativa ao pós-teste vai de 62% a 84% com média igual a 71%.

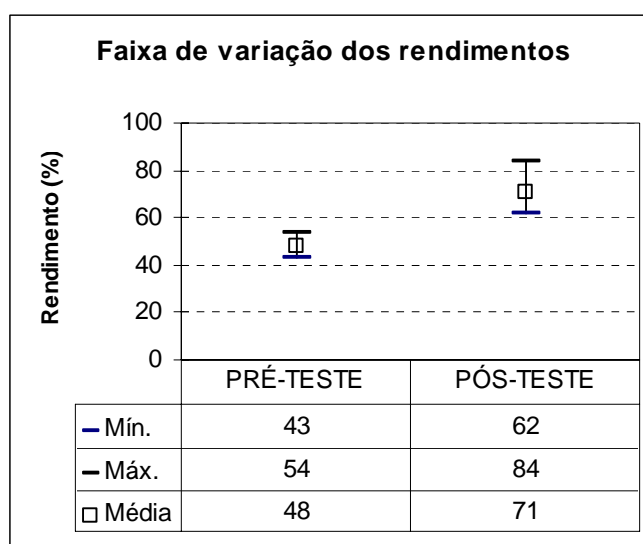


Figura 4.36 – Faixa de variação do rendimento global, relativo à 1ª. fase de avaliação da pesquisa.

Ainda em relação à Figura 4.36, a média inicial de 48% indica a insuficiência de pré-requisitos básicos para o domínio do assunto e a média final de 71% indica que os alunos alcançaram parte dos objetivos pré-

estabelecidos. Ressalta-se o fato de que não há sobreposição de valores entre as duas faixas e isso pode ser um indicativo da adequação do GeoWeb quanto à questão de complementar o ensino dado em sala de aula. Talvez, para se atingir o aproveitamento máximo, seja necessário refazer o estudo do módulo.

A Tabela 4.6 apresenta os resultados das avaliações quantitativas, discriminando-se as partes teórica e prática.

Tabela 4.6 - Resultados teórico e prático da aplicação do GeoWeb, relativo à primeira fase de avaliação da pesquisa

Situação		I 2 / 2007 UFV TURMA 1 13 alunos	II 1 / 2008 UFJF TURMA 1 21 alunos		III 1 / 2008 UFV TURMA 1 8 alunos		IV 1 / 2008 UFV TURMA 1 44 alunos		V 2 / 2008 UFOP TURMA 1 12 alunos		
		TURMA 2 15 alunos	TURMA 2 5 alunos	TURMA 3 12 alunos	TURMA 4 13 alunos						
TEORIA	PRÉ	72	75	68	74	67	71	66	-	62	Médias 69
	PÓS	80	82	76	81	76	78	76	93	82	80
PRÁTICA	PRÉ	35	9	8	33	18	26	34	-	22	23
	PÓS	57	49	35	68	58	75	65	76	43	58

Com relação à Tabela 4.6, pode-se ressaltar que:

- apenas com a aplicação da aula tradicional lecionada pelo professor da disciplina, os alunos absorveram bem a parte teórica do assunto alcançando a média de 69% e deixaram a desejar quanto à parte prática, na qual a média alcançada foi de 23%;
- os resultados do pré-teste indicam que os alunos necessitam realizar mais exercícios práticos;
- a eficiência de 11% do GeoWeb em relação à parte teórica foi além das expectativas, uma vez que o trabalho foi desenvolvido para aprimorar a parte prática, principal deficiência observada nas turmas de Mecânica dos Solos;
- a eficiência média de 35% do GeoWeb em relação à parte prática pode ser considerada boa uma vez que a média da nota final passou de 23 pontos para 58 pontos;
- a eficiência média do aluno para as partes teórica e prática foram de 16% e 152%, respectivamente. Esta última pode ser considerada boa uma vez que o

trabalho foi desenvolvido justamente para facilitar o aprendizado da parte prática.

A faixa de variação dos resultados da parte prática está ilustrada na Figura 4.37. Nela, pode-se observar que a variação do pré-teste vai de 8% a 35% com média igual a 23% e que a variação do pós-teste vai de 35% a 76% com média igual a 58%.

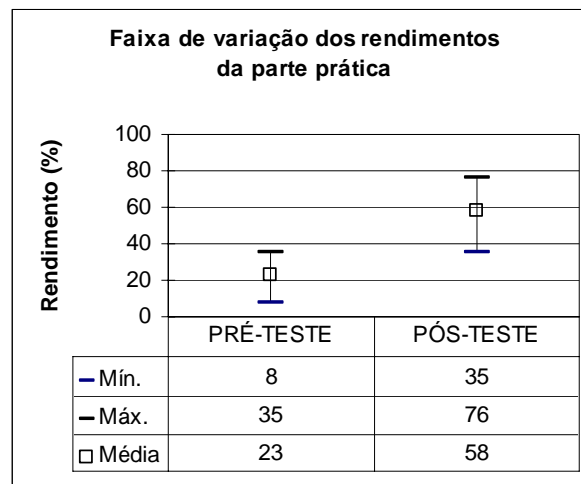


Figura 4.37 – Faixa de variação do rendimento da parte prática, relativo à primeira fase de avaliação da pesquisa.

Ainda em relação à Figura 4.37, a média inicial de 23% além de indicar a insuficiência de pré-requisitos básicos para o domínio da prática, justifica o desenvolvimento de softwares educacionais como recurso complementar facilitador da aprendizagem. A média final de 58% indica que os alunos alcançaram parte dos objetivos pré-estabelecidos e que para se atingir o aproveitamento máximo, o estudo do módulo deve ser refeito. Ressalta-se o fato de que não há sobreposição de valores entre as duas faixas e isso pode ser um indicativo da adequação do GeoWeb quanto à questão de complementar o ensino dado em sala de aula.

As análises apresentadas pelos gráficos das Figuras 4.38, 4.39, 4.40 e 4.41, indicam que, individualmente, os alunos se adaptaram ao modelo de aprendizagem auxiliada por computador proposto neste trabalho, uma vez que nenhum aluno ficou com rendimento final inferior ao inicial. Isso indica que o conhecimento adquirido com a aula tradicional foi ampliado com o uso do GeoWeb.

Como exemplo de comparação, tem-se que, de todos os alunos testados nesta fase, apenas 12% ficaram com rendimento acima de 60% após o pré-teste contra 70% após o pós-teste. Isso pode ser um indicativo de que o GeoWeb também permitiu a recuperação do aluno.

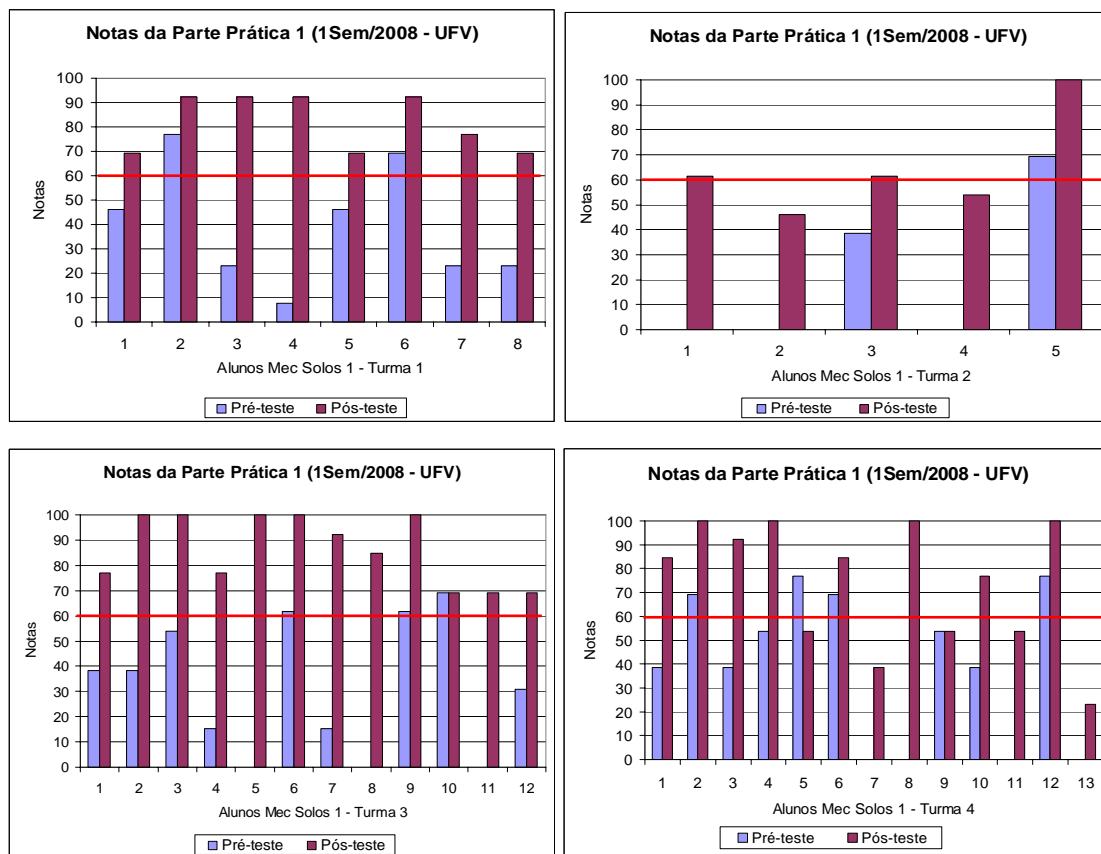


Figura 4.38 – Comparação dos Rendimentos da turma de Mecânica Solos 1 da UFV (1º. Semestre de 2008) antes e depois do uso do GeoWeb.

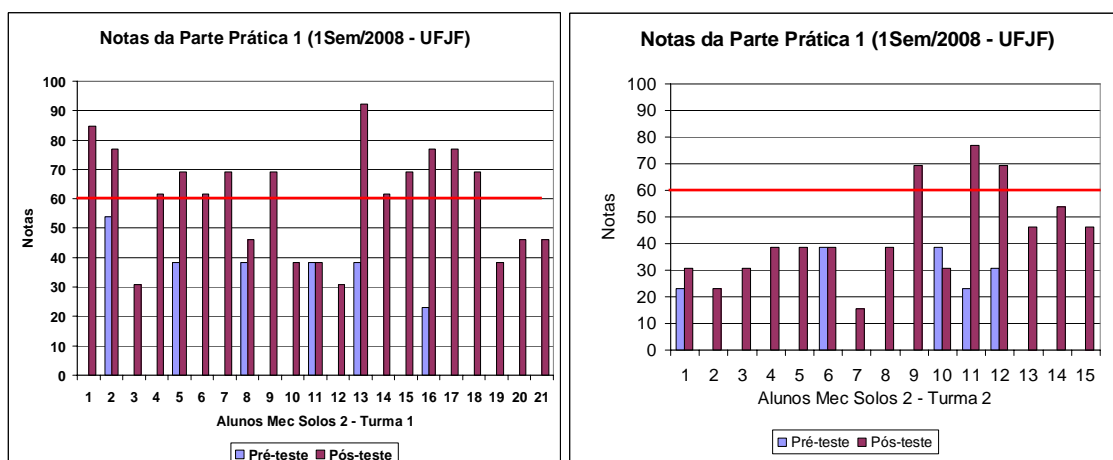


Figura 4.39 – Comparação dos Rendimentos da turma de Mecânica Solos 2 da UFJF (1º. Semestre de 2008) antes e depois do uso do GeoWeb.

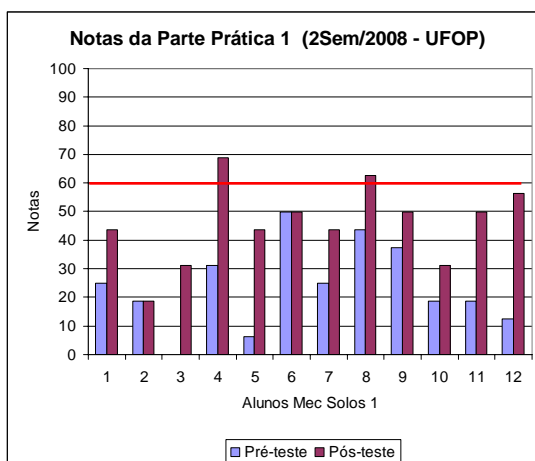


Figura 4.40 – Comparação dos Rendimentos da turma de Mecânica Solos 1 da UFOP (2º. Semestre de 2008) antes e depois do uso do GeoWeb.

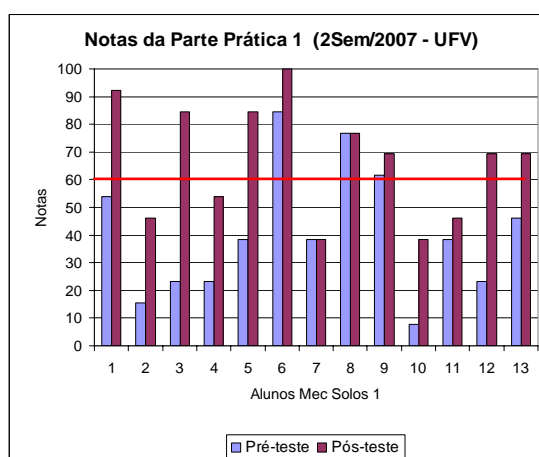


Figura 4.41 – Comparação dos Rendimentos da turma de Mecânica Solos 1 da UFV (2º. Semestre de 2007) antes e depois do uso do GeoWeb.

De um modo geral, os resultados das avaliações quantitativas com relação ao uso da primeira versão do GeoWeb foram considerados adequados. O efeito do uso do GeoWeb ocasionou uma considerável mudança de rendimento do aluno, podendo ser considerado a causa do fenômeno pois nenhum outro fator ocorreu durante o período de tempo entre o pré-teste e o pós-teste.

#### 4.2.2 Resultado dos questionários fechados

Com base na análise dos resultados dos questionários fechados, respondidos por 144 alunos, após a utilização da ferramenta computacional, foi possível chegar às seguintes conclusões:

(a) quanto à usabilidade, o software educacional de apoio ao aprendizado está

adequado, apresentando grau de satisfação médio de 90%;

(b) quanto à confiabilidade educacional, a ferramenta também está adequada, apresentando grau de satisfação médio de 91%.

As restrições apresentadas pelos usuários não comprometeram a pesquisa, pelo contrário, indicaram as direções para se reavaliar a programação e viabilizaram o desenvolvimento da segunda versão do software, a qual foi usada na segunda etapa de validação da pesquisa.

#### **4.2.3 Observação *in loco* do uso do programa**

Cada aluno fez uso individual de um computador. Com o intuito de padronizar os procedimentos, foi pré-estabelecido um tempo máximo de 120 minutos (tempo correspondente a uma aula teórica da disciplina) para o usuário efetuar as etapas de pré-teste, uso do software, pós-teste e resposta ao questionário fechado.

Durante a execução do experimento, os alunos não demonstraram cansaço físico e se dedicaram bastante na realização das atividades. A todo instante, os alunos dialogavam de forma espontânea entre si e com a equipe de desenvolvedores, com o intuito de dirimir suas dúvidas. Esta interação foi relevante porque eles apresentavam as dúvidas sem medo de se expor.

Ao final das atividades, os alunos relataram que ao receberem o *feedback* do GeoWeb, conseguiram redirecionar o raciocínio para a correta resolução do problema.

Foi observado que a maioria dos alunos não realizou todas as atividades disponíveis no software, e também, que a maioria dos alunos não resolveu a segunda questão prática da verificação de conhecimentos.

A utilização do software, nesta primeira etapa de avaliação da pesquisa, mostrou o potencial da ferramenta como mediadora do processo de aprendizagem, bem como, permitiu o aprimoramento de suas funções e a readequação dos instrumentos de coleta de dados.

### 4.3 SEGUNDA FASE DE AVALIAÇÃO DA PESQUISA

#### 4.3.1 Resultados das avaliações quantitativas

A Tabela 4.7 apresenta o quadro geral dos resultados da aplicação do pré e do pós-teste.

Tabela 4.7 - Resumo geral dos resultados da aplicação do pré e pós-teste, relativo à segunda fase de validação da pesquisa.

Situação	I	II	III	Médias
	2 / 2008 UFV CIVIL CIV 332 10 alunos	2 / 2008 UFV AGR./AMB. CIV 335 4 alunos	2 / 2008 UFV CIVIL FORMANDOS 4 alunos	
GLOBAL	PRÉ 63	49	60	57
	PÓS 85	67	86	79

Neste contexto, o GeoWeb se mostrou eficiente em todas as situações, indicando, assim, a sua adequação. A eficiência média do GeoWeb foi de 22% e a eficiência média do aluno foi de 38%. Ressalta-se que um dos cinco formandos não se submeteu ao pré-teste e por isso, seus resultados quantitativos não foram contabilizados.

A Tabela 4.8 apresenta os resultados das avaliações quantitativas, discriminando-se as partes teórica e prática.

Tabela 4.8 - Resultados teórico e prático da aplicação do SEI, relativo à segunda fase de avaliação da pesquisa.

Situação	I	II	III	Médias
	2 / 2008 UFV CIVIL CIV 332 10 alunos	2 / 2008 UFV AGR./AMB. CIV 335 4 alunos	2 / 2008 UFV CIVIL FORMANDOS 4 alunos	
TEORIA	PRÉ 77	65	78	73
	PÓS 89	77	85	84
PRÁTICA	PRÉ 49	31	42	41
	PÓS 81	56	86	74

Com relação à Tabela 4.8, pode-se ressaltar que:

- (a) apenas com a aplicação da aula tradicional lecionada pelo professor da disciplina, os alunos absorveram bem a parte teórica do assunto alcançando a média de 73% e deixaram a desejar quanto à parte prática, na qual a média alcançada foi de 41%;
- (b) os resultados do pré-teste indicam que os alunos necessitam realizar mais exercícios práticos;
- (c) a eficiência do SEI em relação às partes teórica (11%) e prática (33%) estão de acordo com os resultados da primeira etapa de avaliação da pesquisa (11% e 35%), mas a relevância está no fato de que o resultado do pós-teste da parte prática (74%) superou o resultado da primeira etapa (58%).
- (e) a eficiência média do aluno para as partes teórica e prática foram de 15% e 81%, respectivamente.

Interessante notar que a média global do pós-teste relativa à segunda etapa da avaliação da pesquisa (79%), superou em oito pontos percentuais a média da primeira etapa (71%). Em relação à parte prática, essa superação chegou a dezesseis pontos percentuais (74% contra 58%). Talvez, a segunda versão do software pode ter motivado os usuários bem como facilitado a retenção do conhecimento, pois nesta versão foram retirados os problemas relativos à navegabilidade e, segundo a ISO 9241-11(1998), existe uma forte correlação entre altos níveis de satisfação do usuário e baixos níveis de defeitos do software.

O efeito individual do uso do software, com relação à parte prática, nos alunos da disciplina *CIV 332 - Mecânica dos Solos 1*, pode ser visto na Figura 4.42 através da comparação dos resultados do pré e do pós-teste. De forma semelhante, as Figuras 4.43 e 4.44 apresentam os resultados da turma CIV 335 e dos formandos, respectivamente.

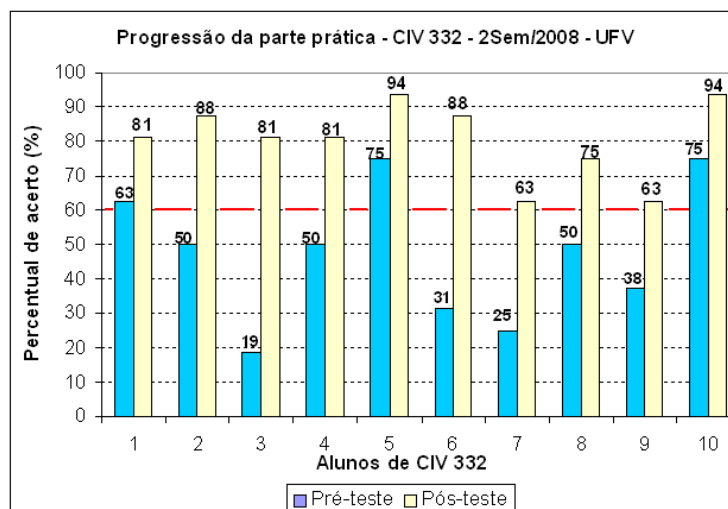


Figura 4.42 – Efeito do uso do software nos alunos de CIV 332, com relação à parte prática.

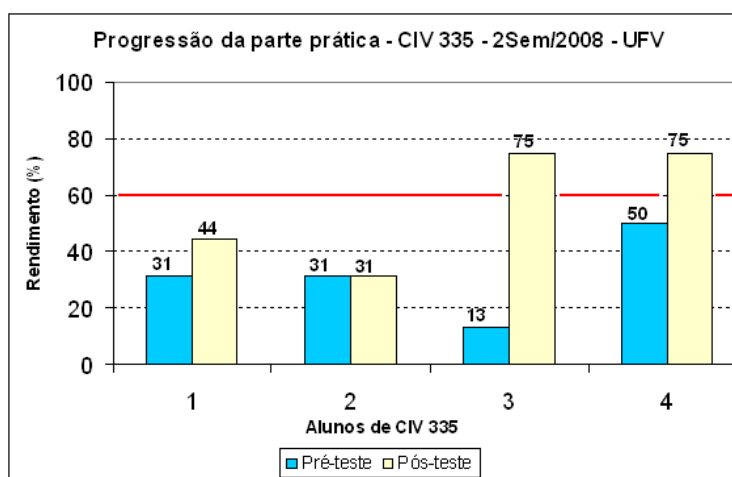


Figura 4.43 – Efeito do uso do software nos alunos de CIV 335, com relação à parte prática.

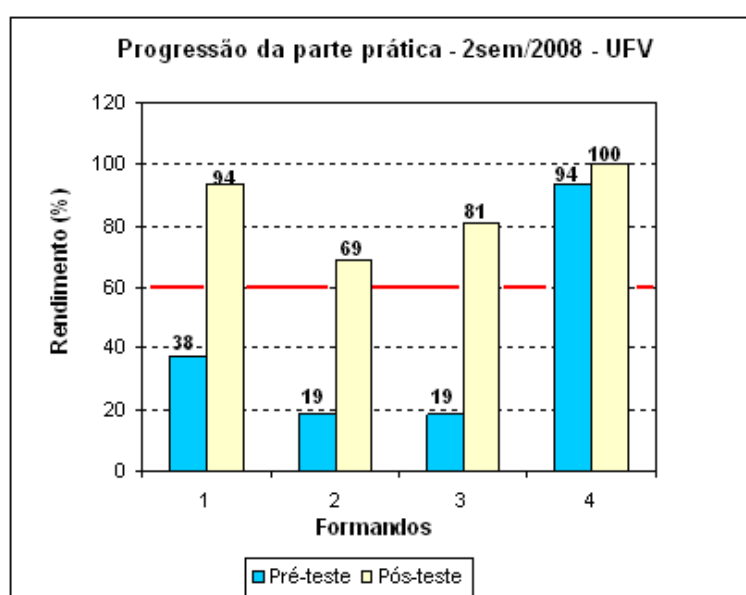


Figura 4.44 – Efeito do uso do software nos formandos, com relação à parte prática.

As análises apresentadas pelos gráficos das Figuras 4.42, 4.43 e 4.44, indicam que, individualmente, os alunos se adaptaram ao modelo de aprendizagem auxiliada por computador proposto neste trabalho, uma vez que nenhum aluno ficou com rendimento final inferior ao inicial.

Como exemplo de comparação, tem-se que, de todos os alunos testados nesta fase, apenas 22% ficaram com rendimento acima de 60% após o pré-teste contra 89% após o pós-teste. Isso indica que o GeoWeb permitiu a recuperação do aluno.

Ainda com relação à Figura 4.44, o resultado do pré-teste parece estar relacionado com a questão do esquecimento, ou seja, “o aprendido não usado é esquecido”.

Os resultados das avaliações quantitativas, com relação ao uso da segunda versão do GeoWeb, foram considerados adequados.

A Figura 4.45 ilustra a progressão dos resultados da aplicação do teste de verificação de conhecimentos em três momentos distintos: antes de usar o software (pré-teste), logo após de usar o software (pós-teste) e duas semanas após o uso do software. A intenção foi investigar o efeito do esquecimento após duas semanas do uso. As letras (a), (b) e (c) representam os resultados globais, da parte teórica e da parte prática, respectivamente. A legenda apresenta a análise de quatro casos, a saber:

- (a) CIV 335: todos os quatro alunos da disciplina *CIV 335 – Elementos de Mecânica dos Solos* do segundo semestre de 2008;
- (b) CIV 332A: Cinco alunos não repetentes da disciplina *CIV 332 – Mecânica dos Solos 1* do segundo semestre de 2008;
- (c) CIV 332B: Os cinco alunos restantes da disciplina *CIV 332 – Mecânica dos Solos 1* do segundo semestre de 2008, que foram reprovados na turma anterior (do primeiro semestre de 2008) e tinham experiência com o uso do software;
- (d) CIV 332B\*: os mesmos cinco alunos da turma CIV 332B, mas considerando apenas os resultados obtidos no semestre no qual foram reprovados (primeiro semestre de 2008).

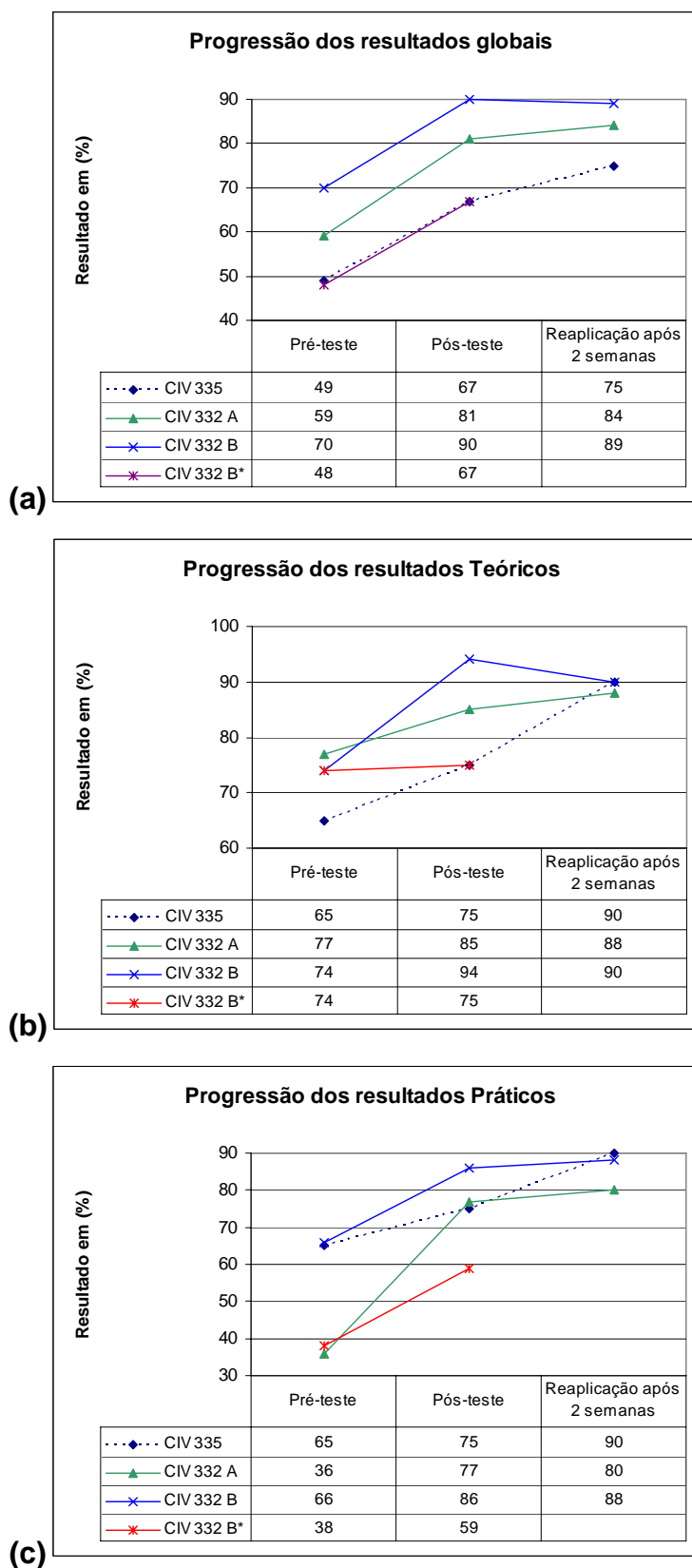


Figura 4.45 – Progressão dos resultados incluindo o pré-teste, o pós-teste e sua reaplicação após duas semanas: (a) resultados globais; (b) resultados da parte teórica; (c) resultados da parte prática.

Levando em conta as informações contidas na Figura 4.45, pode-se dizer que após duas semanas do uso do software educacional interativo, apenas os alunos da categoria CIV 332B não conseguiram superar suas notas do pós-teste. Isso aconteceu devido ao esquecimento da parte teórica (Figura 4.45b). Segundo Dale (1969), o esperado era uma redução de todos os resultados finais em torno de 10%.

### 4.3.2 Resultado dos questionários fechados

Os Anexos de 3 a 7 apresentam os levantamentos de dados de cada grupo. A análise das respostas que se encontram nos citados anexos viabilizou a montagem da Tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Grau de satisfação com o uso do SEI.

	4 Professores	6 Doutorandos	5 Formandos	10 alunos CIV 332	4 Alunos CIV 335	Média
<b>Usabilidade do software</b>	95 %	95 %	100 %	90 %	90 %	94 %
<b>Confiabilidade Educacional</b>	100 %	95 %	100 %	100 %	100 %	99 %

Considerando a Tabela 4.9, chega-se às seguintes conclusões:

- (a) quanto à usabilidade, o software educacional interativo de apoio ao aprendizado está adequado, apresentando grau de satisfação médio de 94%;
- (b) quanto à confiabilidade educacional, ao software também está adequado, apresentando grau de satisfação médio de 99%.
- (c) as médias resultados desta etapa da avaliação (94% e 99%) superaram as da primeira etapa de validação da pesquisa (90% e 91%), podendo ser um indicativo de que as alterações implementadas na segunda versão software foram positivas.

Os Anexos 8 e 9 reúnem todos os resultados dos questionários, critério por critério. Considerando o amplo domínio das condições “Satisfaz completamente” e “Satisfaz” nas respostas de todos os grupos de respondentes, para todos os critérios tanto de *Usabilidade* quanto de *Confiabilidade Educacional*, conclui-se que o software para aprendizagem

mediada por computador desenvolvido nesta pesquisa foi considerado adequado pelos grupos de avaliadores.

### 4.3.3 Resultados dos questionários abertos

Uma amostra heterogênea de vinte e três voluntários respondeu ao questionário aberto, a saber: quatro docentes (P1 a P4), cinco doutorandos (D1 a D5), cinco formandos (F1 a F5), cinco alunos de CIV 332 (A1 a A5) e quatro alunos de CIV 335 (B1 a B4).

#### ***Pergunta 1 - O que você achou do software para auxiliar o ensino de “Movimento de água nos solos”?***

A partir da análise das respostas dadas pelos usuários, constatou-se que não houve nenhuma opinião negativa. Como exemplos de opiniões, destacam-se:

*(P2): Muito interessante, pois por meio de exercícios interativos ele auxilia na compreensão de conceitos importantes, como carga hidráulica, Lei de Darcy etc. Destaca-se também o aspecto de auto-aprendizado, uma vez que o programa pode ser aplicado sem a presença obrigatória do docente responsável pela disciplina. Em suma, trata-se de um recurso bastante útil e moderno, que se encontra em sintonia com a filosofia atual de aprendizado com recursos da informática.*

*(D5): O software é uma ótima ferramenta, pois facilita a visualização e aplicação dos conceitos tratados através dos exercícios, além de permitir também a fixação dos conceitos de maneira bem agradável.*

*(F2): O software é muito interessante, pois auxilia muito o aprendizado de uma parte da mecânica dos solos, contendo exercícios interativos que dão motivação para o estudo.*

*(B3): Achei muito útil para o aprendizado, facilitando o entendimento da matéria, ao poder resolver exercícios que têm auto-explicação.*

As Figuras 4.46 e 4.47 apresentam uma categorização das opiniões de alunos (de todos os níveis) e professores, respectivamente, sobre o que acharam do GeoWeb. Na Figura 4.46 observa-se que a maioria dos alunos considerou o software na faixa de bom a ótimo, o que possivelmente o indica como um recurso educacional adequado.

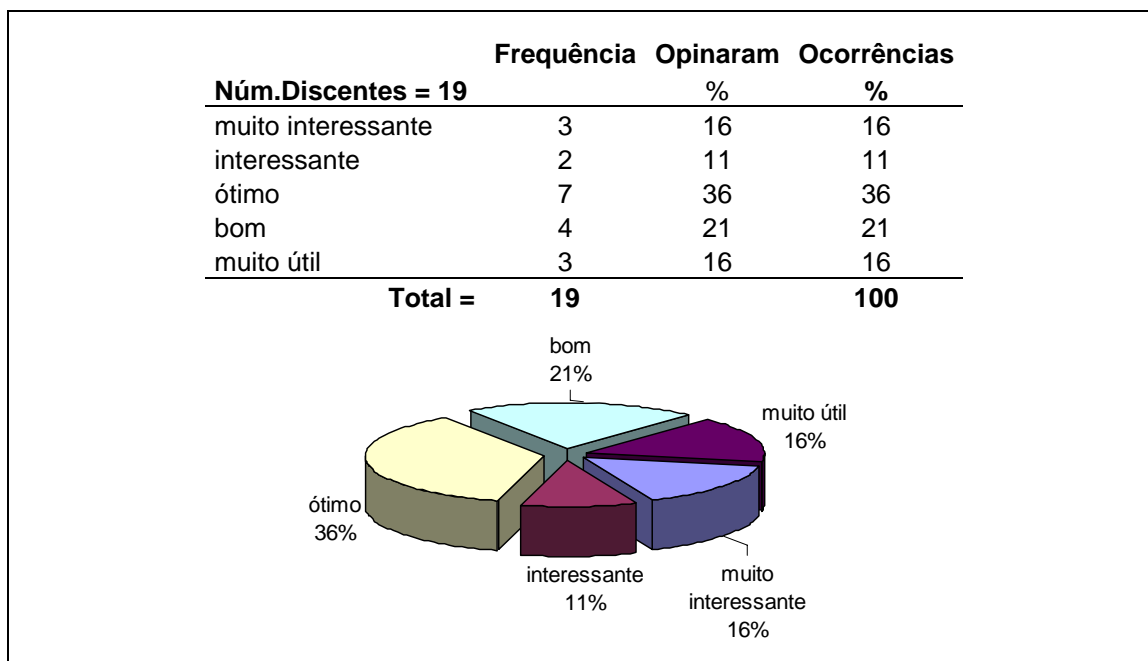


Figura 4.46 - Opinião discente sobre o que achou do GeoWeb.

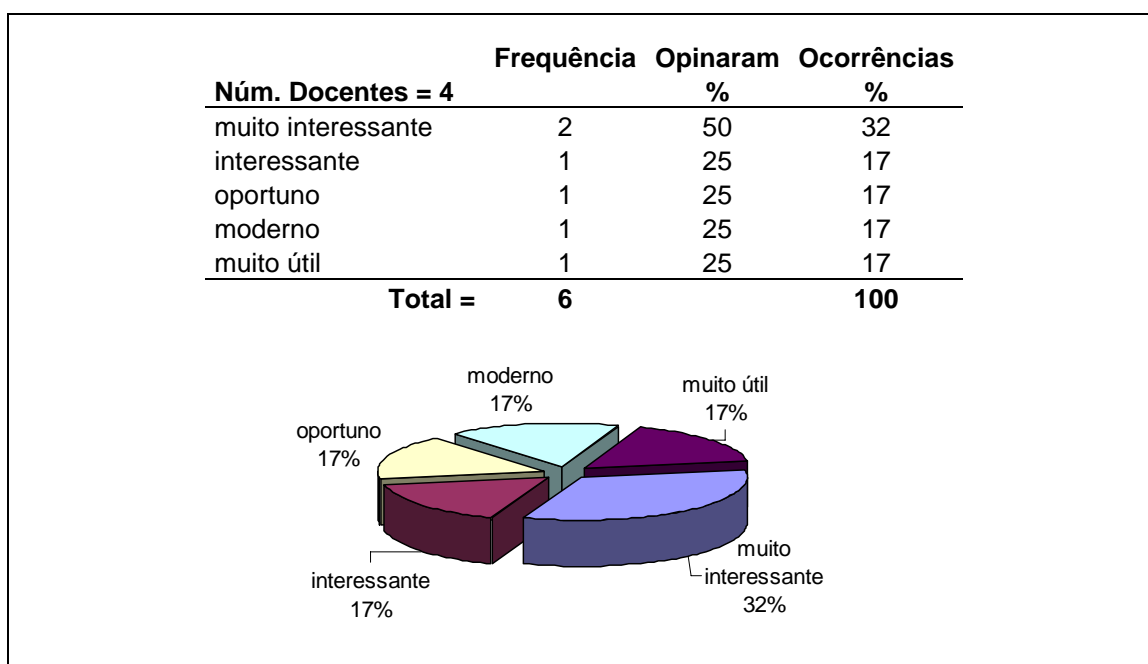


Figura 4.47 - Opinião docente sobre o que achou do GeoWeb.

Quanto à opinião docente (Figura 4.47), prevaleceu a resposta de que o software é muito interessante (50%). Esta resposta pode ser relevante porque os professores, na maioria das vezes, assumem uma atitude crítica em relação aos softwares educacionais. Segundo eles, esses programas não se adaptam

ao currículo, são pouco flexíveis, e suscitam reduzido interesse nos alunos (CHAGAS, 2005).

Pode-se aprofundar um pouco mais nas respostas dadas a esta questão ao se ressaltar as características comuns aos respondentes. Ao reunir essas categorias (Figura 4.48), o leitor pode concluir que, de fato, o software atesta positivamente a compreensão do tema.

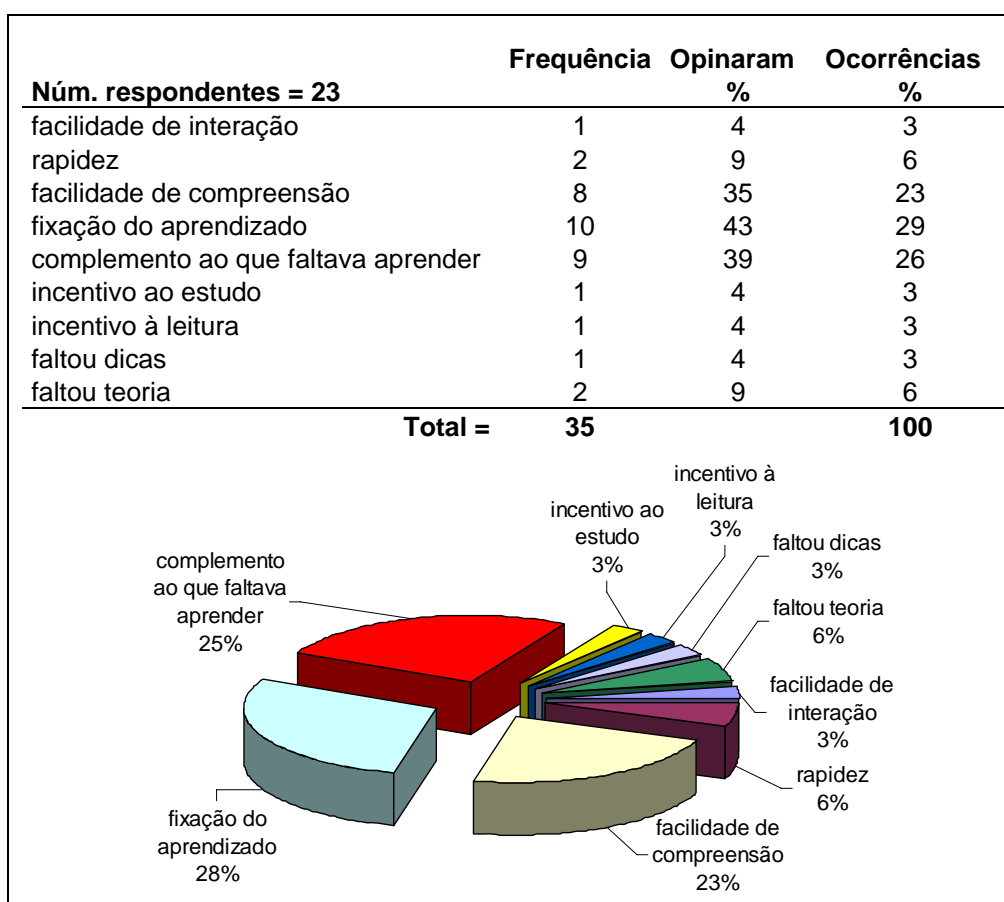


Figura 4.48 – Levantamento das especificidades do GeoWeb.

### **Pergunta 2 - Do que você mais gostou?**

As Figuras 4.49 e 4.50 apresentam uma categorização das opiniões de alunos (de todos os níveis) e professores, respectivamente, sobre o que mais gostaram no GeoWeb.

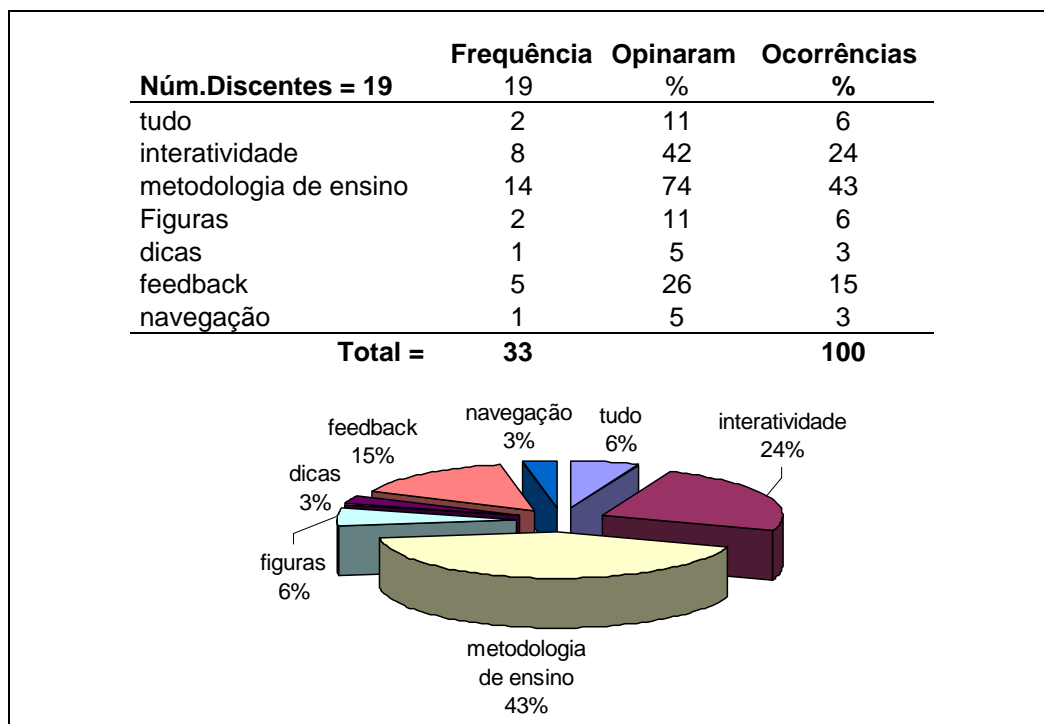


Figura 4.49 - Opinião discente sobre o que mais gostou no GeoWeb.

Chama atenção na Figura 4.49, o fato de que a maioria dos alunos citou a metodologia de ensino, o que possivelmente indica a aprovação do processo de aprendizagem implementado.

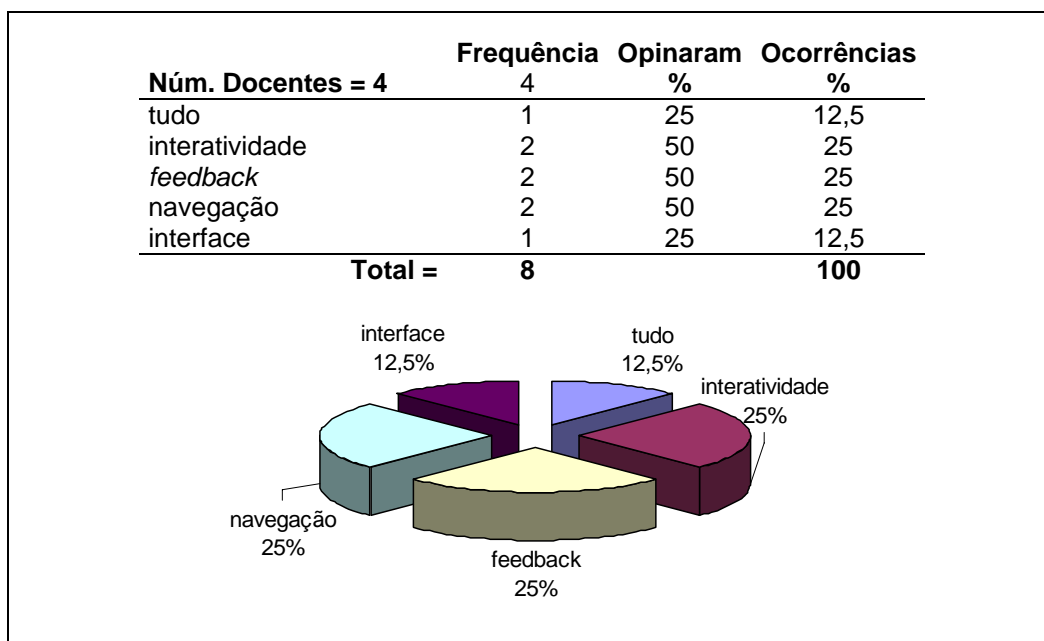


Figura 4.50 - Opinião docente sobre o que mais gostou no SEI.

Para os professores (Figura 4.50), prevaleceram os recursos tecnológicos que motivaram o uso do software, ou seja, a navegação, a interatividade e a

retro-alimentação (ou *feedback*).

Como exemplo de opiniões dadas à segunda pergunta, destacam-se:

*(P1): O que eu acho mais interessante, que traz mais satisfação para a gente, como professor, é a questão de ser um processo interativo, é essa relação do aluno com o material didático. Então o aluno tem chance de consultar, de interagir, de participar com ações de resolver, de preencher, etc., ter do software uma resposta e novamente modificar. Enfim, essa interatividade é o que tem de maior valor nesse software desenvolvido.*

*(D5): O mais interessante do software talvez seja a avaliação dos exercícios passo a passo permitindo identificar rapidamente um erro de conceito ou na resolução. Isso pode diminuir as chances do usuário abandonar a resolução de um exercício por não encontrar a resposta certa.*

*(F5): Os exercícios ao final de cada conteúdo são estimulantes, porque auxiliam na fixação do conteúdo, com a possibilidade de correção e de retornar aos textos teóricos para esclarecer dúvidas.*

*(A5): O que mais me agradou no programa foi o nível das questões, que leva o aluno a ter um raciocínio rápido à medida que vai mudando as questões.*

### **Pergunta 3 - Do que você menos gostou?**

As Figuras 4.51 e 4.52 apresentam uma categorização das opiniões de alunos (de todos os níveis) e professores, respectivamente, sobre o que menos gostaram no SEI.

Como exemplo de opiniões dadas à terceira pergunta, destacam-se:

*(P2): Achei fraca a parte inicial sobre a teoria, necessitando de mais conteúdo e exercícios resolvidos.*

*(D1): Da parte teórica. Achei que ficou muito resumida. Sei que a idéia é também dar dinamismo ao trabalho, mas talvez pudesse indicar textos ou mesmo outras páginas para o aluno se aprofundar.*

*(F1): Achei que os textos explicativos da parte sobre permeabilidade dos solos estavam um pouco resumidos, acho também que nesta parte deveriam constar exemplos como na parte de cargas hidráulicas.*

(A3): Nas resposta, a questão da casa decimal ou os Algarismos significativos. Poderia ser aceito como resposta várias aproximações.

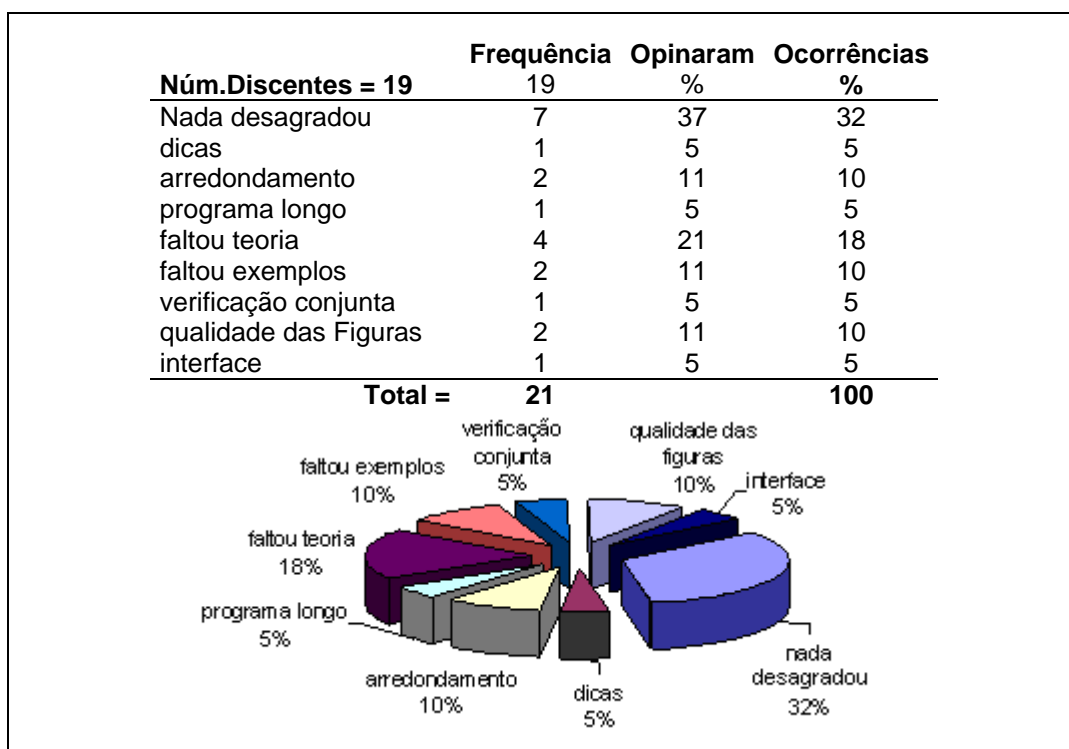


Figura 4.51 - Opinião discente sobre o que menos gostou no SEI.

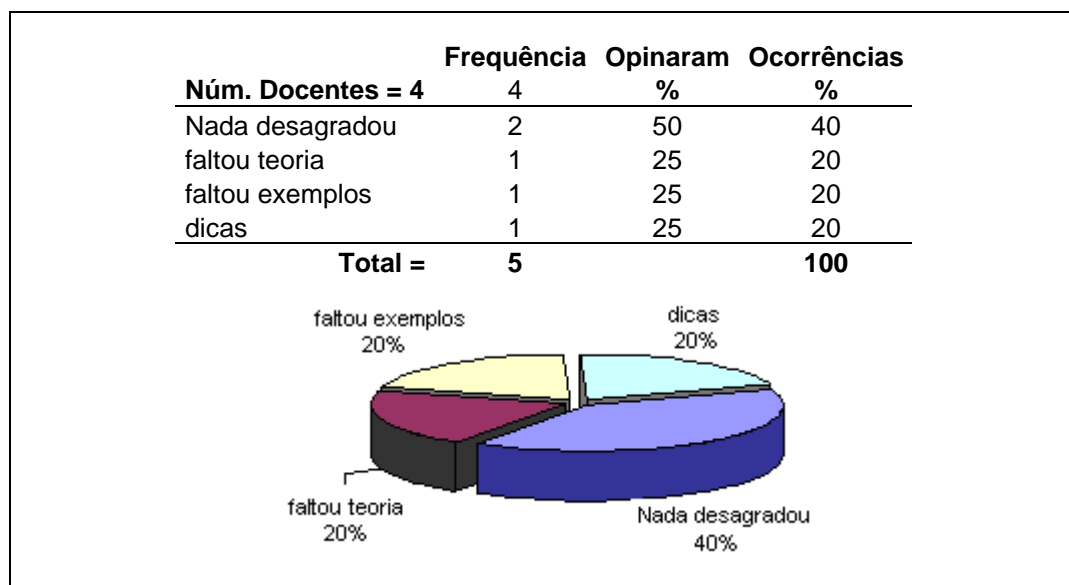


Figura 4.52 - Opinião docente sobre o que menos gostou no SEI.

Chama atenção na Figura 4.51, o fato de que a maioria dos alunos não citou nenhum ponto desfavorável, o que possivelmente indica a aceitação do software como recurso didático, sendo necessário alguns pequenos ajustes.

Outro fato interessante observado é o número elevado de categorias tecnológicas e pedagógicas citadas, o que caracteriza um elevado nível de exigência.

Para os professores (Figura 4.52), faltou a presença de mais textos, exemplos e dicas para facilitar o processo de retenção de informações, mas a quantidade de texto foi propositalmente reduzida justamente para se evitar o desinteresse do usuário pelo software (NIELSEN, 2000).

#### **Pergunta 4 - O que você achou do conteúdo apresentado?**

As Figuras 4.53 e 4.54 apresentam uma categorização das opiniões de alunos (de todos os níveis) e professores, respectivamente, sobre o que acharam do conteúdo apresentado no GeoWeb.

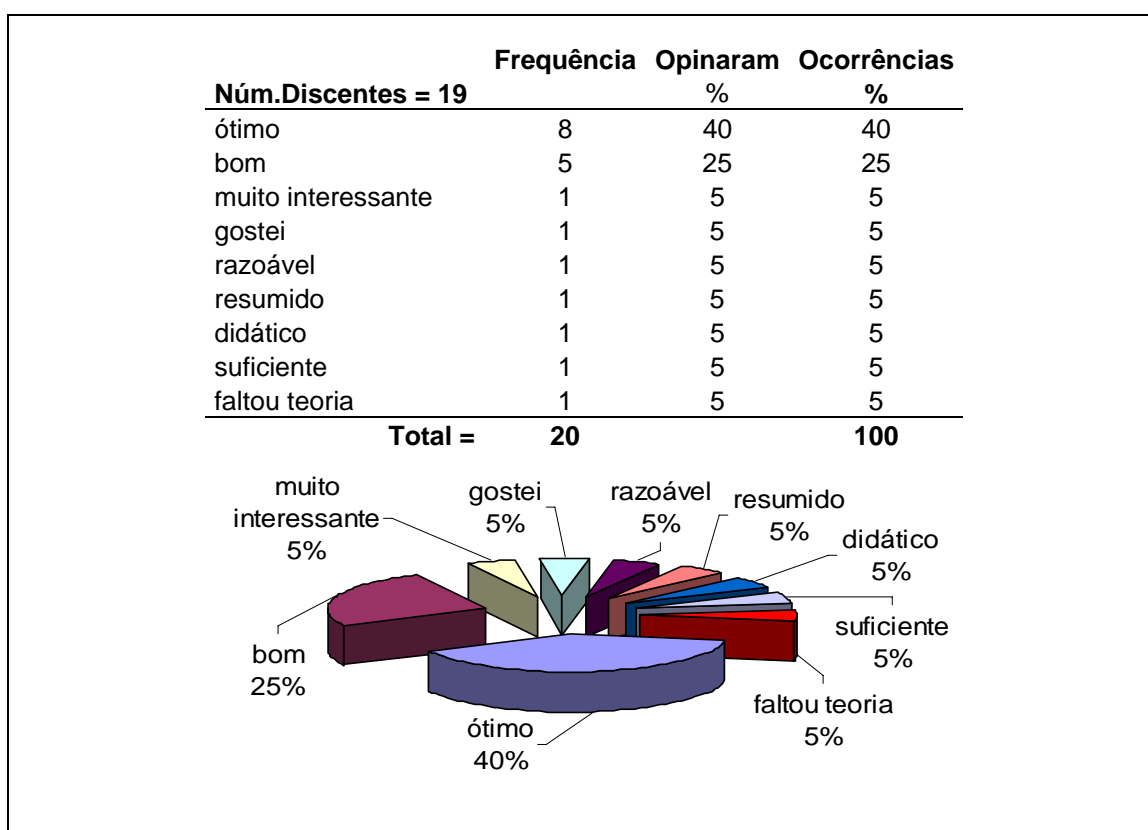


Figura 4.53 - Opinião discente sobre o conteúdo apresentado.

Chama atenção na Figura 4.53, o fato de que a maioria dos alunos classificou o conteúdo apresentado de bom a ótimo, o que possivelmente qualifica-o como um recurso de apoio à aprendizagem.

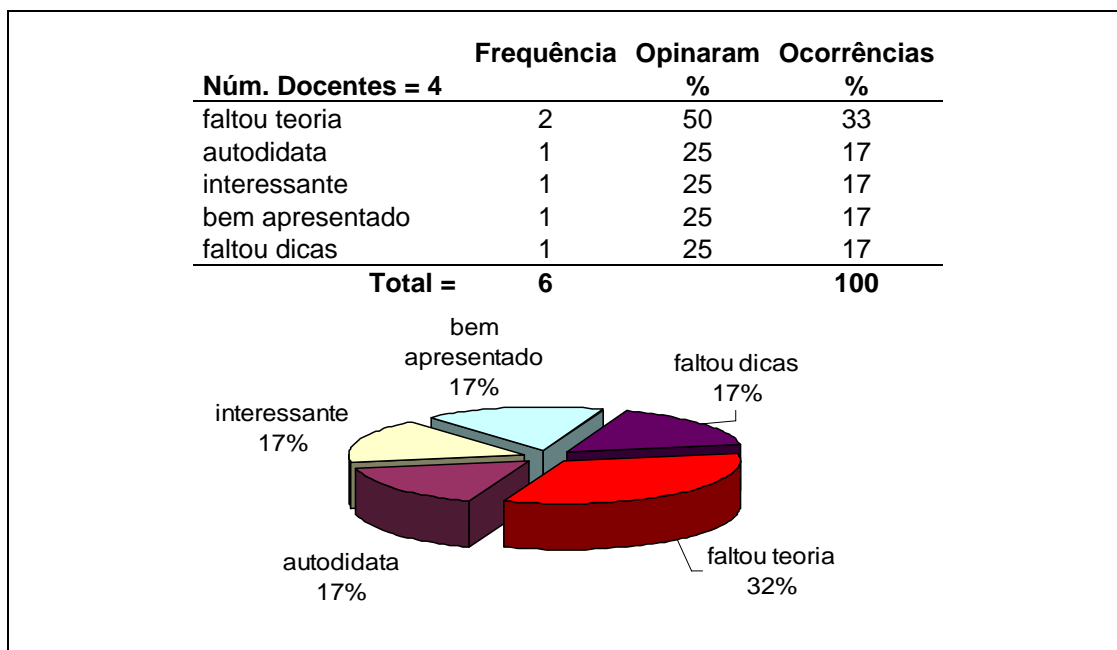


Figura 4.54 - Opinião docente sobre o conteúdo apresentado.

Quanto à opinião docente (Figura 4.54), prevaleceu a resposta de que o conteúdo apresentado deva conter mais teoria apesar de estar interessante e bem apresentado. Esta resposta demonstra a preocupação dos professores em adequar o software como instrumento de mediação da aprendizagem.

Como exemplo de opiniões dos respondentes à quarta pergunta, destacam-se:

*(P4): Achei interessante e bem apresentado, mas, como dito no item anterior, acho que poderia haver um pouco mais de teoria no início dos exercícios e mais dicas, de maneira a facilitar a compreensão por parte do aluno.*

*(D5): O conteúdo apresentado embora um pouco superficial ainda, fornece suficiente base para visualização e fixação dos conceitos tratados no software.*

*(F5): O conteúdo apresentado não pode ser muito extenso, pois corre o risco de não ser lido pelo aluno (corre-se o risco do aluno fazer apenas uma rápida observação das imagens), neste sentido, o conteúdo apresentado está em um formato ideal. Porém, há observações interessantes que podem ser feitas a respeito das imagens e que alguns alunos podem deixar passar despercebido, por isso seria interessante acrescentar “dicas” a respeito das imagens.*

*(A4): Ótimo, pois auxilia na compreensão do conteúdo com Figuras ilustrativas*

### Pergunta 5 - Você acha que o usuário/aluno aprendeu com o software?

A partir da análise das respostas dadas, constatou-se que todos os respondentes (alunos e professores) foram unânimes quanto ao fato de que o usuário aprende usando o software. Como exemplos de opiniões dos respondentes, destacam-se:

(P2): *Sim, pois para a resolução dos exercícios é necessário que os conceitos envolvidos estejam bem claros ao aluno.*

(D3): *Com certeza houve acréscimo de conhecimento utilizando o software. Durante o uso, deparei com diversas situações, que parecia simples e óbvia, mas que na verdade não era, e com a ajuda do software, foi corrigido um conceito errado.*

(F5): *O software auxilia a recordar conteúdos e incentiva a memória visual do usuário, isso auxilia no aprendizado e na fixação.*

(B2): *Acredito que após o uso do software consegui compreender de forma mais clara os problemas práticos a respeito dos movimentos da água nos solos.*

Em segundo plano, pela categorização apresentada na Figura 4.55, percebe-se as características do software que levam à aprendizagem.

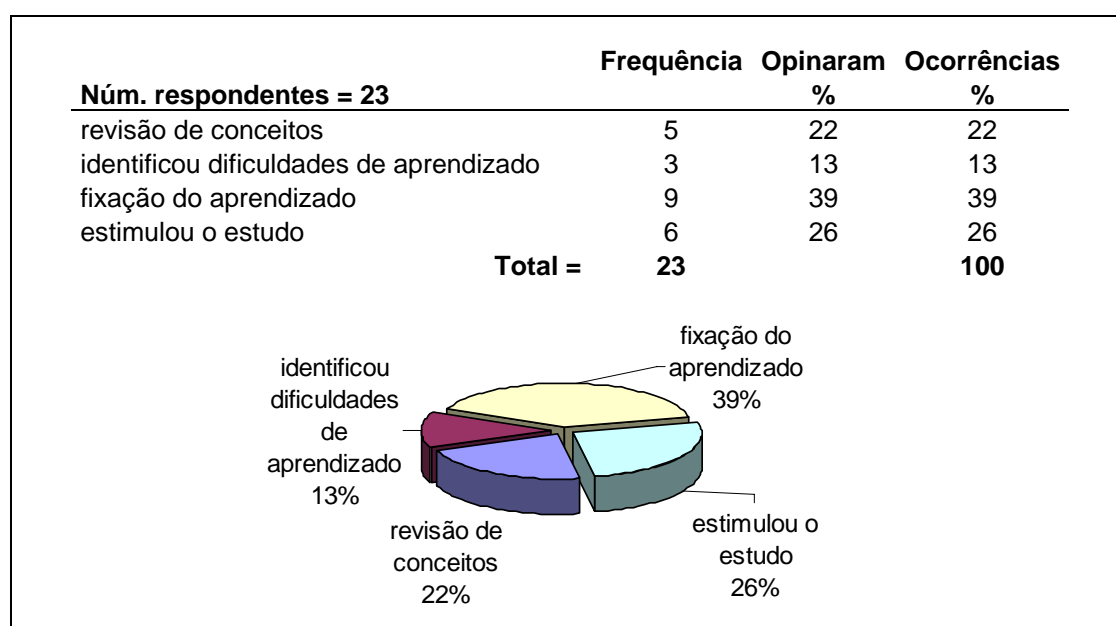


Figura 4.55 – Especificidades do software apontadas pelos respondentes.

**Pergunta 6 - Você acha que o software pode facilitar a aprendizagem de “Movimento de água nos solos”?**

A partir da análise das respostas dadas, constatou-se que todos os respondentes (alunos e professores) foram unânimes em responder que o software facilita o aprendizado do tema.

Como exemplos de opiniões dos respondentes, destacam-se:

*(P2): Sim, pois a interatividade e a seqüência lógica do grau de dificuldade dos exercícios trazem avanço aos conhecimentos dos alunos.*

*(P1): Sim. O aluno tem o contato com o software e isso o atrai... o software é atrativo. Ele é um recurso ilustrado, interativo... então ele é atrativo. Mais do que contribuir para o aprendizado, o software estimula e aguça este aprendizado.*

*(F1): Sim, porque os textos formam um resumo sobre o assunto e os exercícios são motivadores da maneira como são apresentados e, principalmente, não são cansativos. Além do mais os exercícios englobam todo o conteúdo apresentado e o grau de dificuldade aumenta de maneira gradativa.*

*(A3): Sim, pois estimula a fazer vários exercícios e estudar o conteúdo.*

As Figuras 4.56 e 4.57 apresentam uma categorização das opiniões de professores e alunos, respectivamente, sobre o que promoveu este aprendizado.

Chama atenção em ambas as figuras, o fato de que a maioria dos avaliadores/usuários considerou os exercícios e a interatividade como sendo os elementos facilitadores do processo de aprendizagem mais relevantes. A importância disso reside no fato de que o software foi desenvolvido justamente para permitir que o usuário reveja conceitos e aplique-os de maneira rápida e prática através dos exercícios interativos.

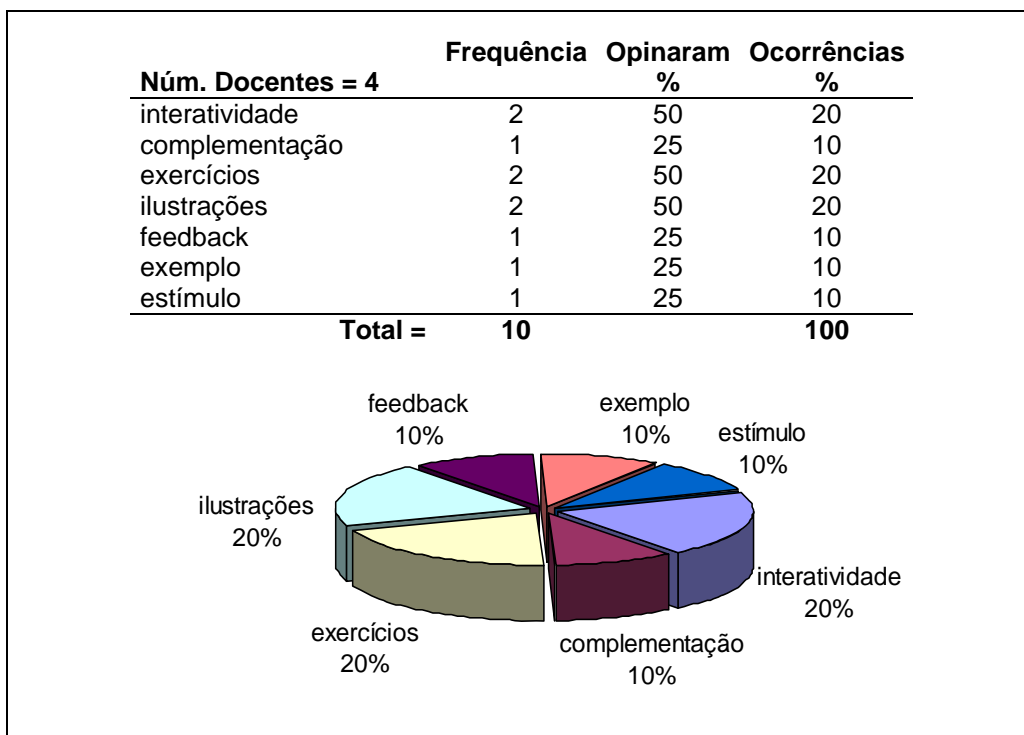


Figura 4.56 - Opinião docente sobre o que leva à aprendizagem.

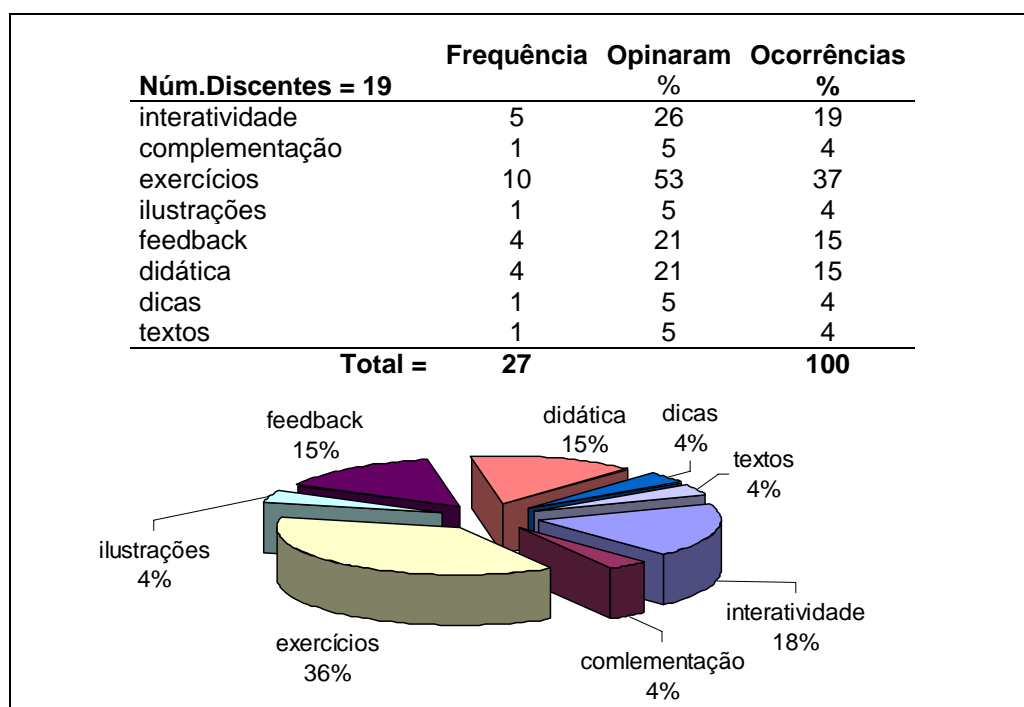


Figura 4.57 - Opinião discente sobre o que leva à aprendizagem.

**Pergunta 7 - Como você acha que o software pode ser incorporado ao ensino regular de “Movimento de água nos solos”?**

- (a) Usar só o software para aprender o “Movimento de água nos solos”;**
- (b) Usar o software antes da aula regular e daí só tirar dúvidas durante a aula;**
- (c) Usar o software durante a aula;**
- (d) Usar o software depois da aula, para rever conceitos, fazer exercícios e fixar a aprendizagem.**

Segundo as respostas levantadas, todos os docentes, doutorandos e formandos consideraram que a melhor forma de se integrar o software ao ensino regular seria através de seu uso após a aula proferida pelo professor, com o intuito de rever conceitos, fazer exercícios e fixar a aprendizagem. Como exemplos destas opiniões, destacam-se:

*(P1): É a letra (d). O software não dispensa a aula ministrada pelo professor. A aula tradicional, com quadro negro, transparências, etc., é importante porque é a primeira discussão do assunto.*

*(D1): Com certeza a letra (d). A parte teórica ficou muito simplificada. O software seria muito importante na fixação dos conceitos para a sua aplicação.*

*(F1): No meu ponto de vista acho que a alternativa (d) seria a melhor opção, porque o estudante teria uma maneira independente de estudar, de acordo com seu próprio ritmo.*

A Figura 4.58 apresenta apenas os resultados dos alunos matriculados nas disciplinas CIV 332 e CIV 335. Segundo ela, esses alunos estão abertos às outras possibilidades de exploração do software, exceto a que dispensa totalmente a presença do professor. Como exemplos destas opiniões, destacam-se:

*(B4): É a letra (c). Pois, dessa maneira a aula seria mais dinâmica e eficaz, porém isso talvez demandasse mais tempo.*

*(A2): É a letra (b). Por ser auto-explicativo, pode ser usado para uma aprendizagem inicial.*

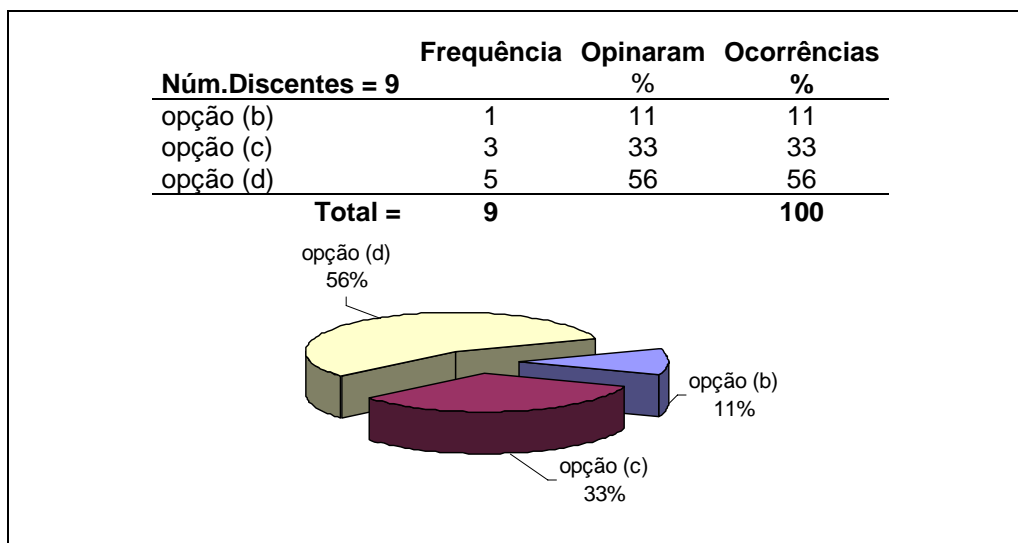


Figura 4.58 - Opinião dos alunos das disciplinas CIV 332 e CIV 335 sobre a forma de integração pedagógica do SEI.

**Pergunta 8 - A maioria dos exercícios oferece uma dica para sua resolução. O que você achou dessa funcionalidade? Você acessou as dicas?**

Destaca-se, em primeiro plano, o fato de que todos os respondentes acessaram as dicas e concordaram que esta funcionalidade ajuda a recuperar conceitos esquecidos e facilita a resolução dos exercícios. Mais ainda, percebe-se que o uso da dica permitiu a resolução do problema de forma mais rápida e não deixou que o usuário ficasse preso numa determinada questão. A Figura 4.59 ilustra a opinião dos respondentes sobre a relevância da dica. Exemplos de citações são apresentados a seguir:

*(P3) Foi importante para resolver mais rápido o exercício.*

*(F4) Sim, acessei e achei muito útil para a resolução dos exercícios e revisão dos conceitos.*

*(D5) As dicas são uma ótima ferramenta ao permitir que o usuário acesse conceitos chave para a resolução dos exercícios rapidamente, além de tornar esta resolução mais dinâmica.*

*(B2) As dicas facilitam na resolução dos problemas práticos. Acessei algumas dicas que me ajudaram bastante na resolução das questões.*

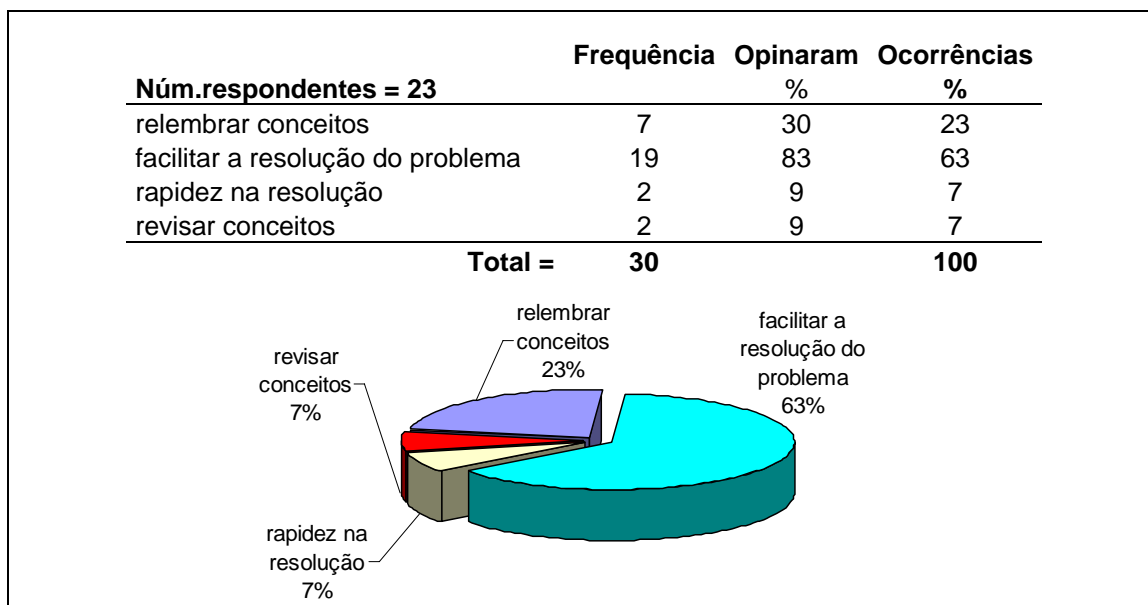


Figura 4.59 – Especificidades do software apontadas pelos respondentes.

**Pergunta 9 - A cada resposta dada pelo usuário, o software indica se houve acerto ou erro. O que você achou dessa funcionalidade?**

Todos os respondentes concordaram com a importância da presença de *feedback* no software, sendo que a maioria classificou esta funcionalidade de boa a ótima (Figura 4.60). Mais ainda, percebe-se que o *feedback* facilitou a aprendizagem, estimulou o raciocínio e corrigiu os erros cometidos pelos usuários. A Figura 4.61 ilustra a opinião dos respondentes sobre as especificidades do *feedback*. Como exemplos de citações, destacam-se:

*(P1) Excelente. Eu acho que é aí que o software realmente contribui porque ele indica o acerto ou o erro.*

*(D2) Interessante. A partir da indicação do software procurei melhorar o meu acerto e entender onde errei*

*(F3) Isso é um recurso interessante uma vez que a autocrítica é imediata (onde que eu errei?).*

*(B3) Ótima, pois estimula o raciocínio, podendo errar e buscar a resposta.*

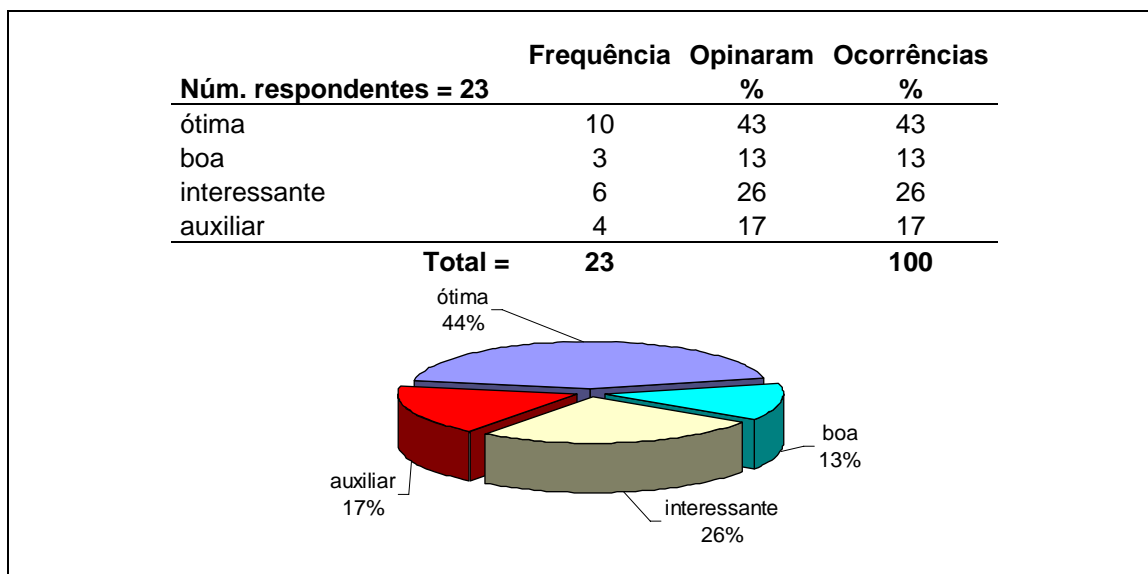


Figura 4.60 – Opinião sobre a funcionalidade do *feedback*.

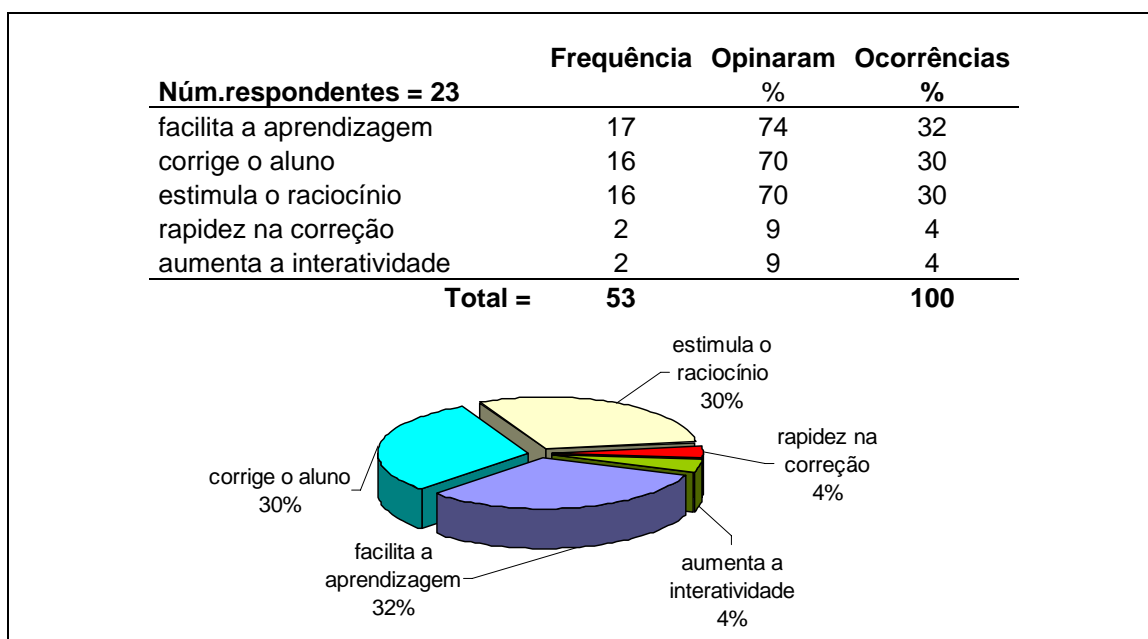


Figura 4.61 – Especificidades do *feedback* apontadas pelos respondentes.

**Pergunta 10 - O software procura sempre fazer com que o erro do aluno seja uma chance a mais de aprender, oferecendo uma nova oportunidade de substituir a resposta errada. O que você achou dessa funcionalidade? Você aprendeu com seus erros?**

A funcionalidade de substituir a resposta errada, disponível no software, foi aprovada por todos os usuários. Mais ainda, também foi unânime que este procedimento interativo permitiu que o usuário aprendesse com seus próprios

erros. As especificidades desta funcionalidade estão apresentadas na Figura 4.62, na qual a facilitação do aprendizado e o estímulo ao aluno são as categorias que mais sobressaíram.

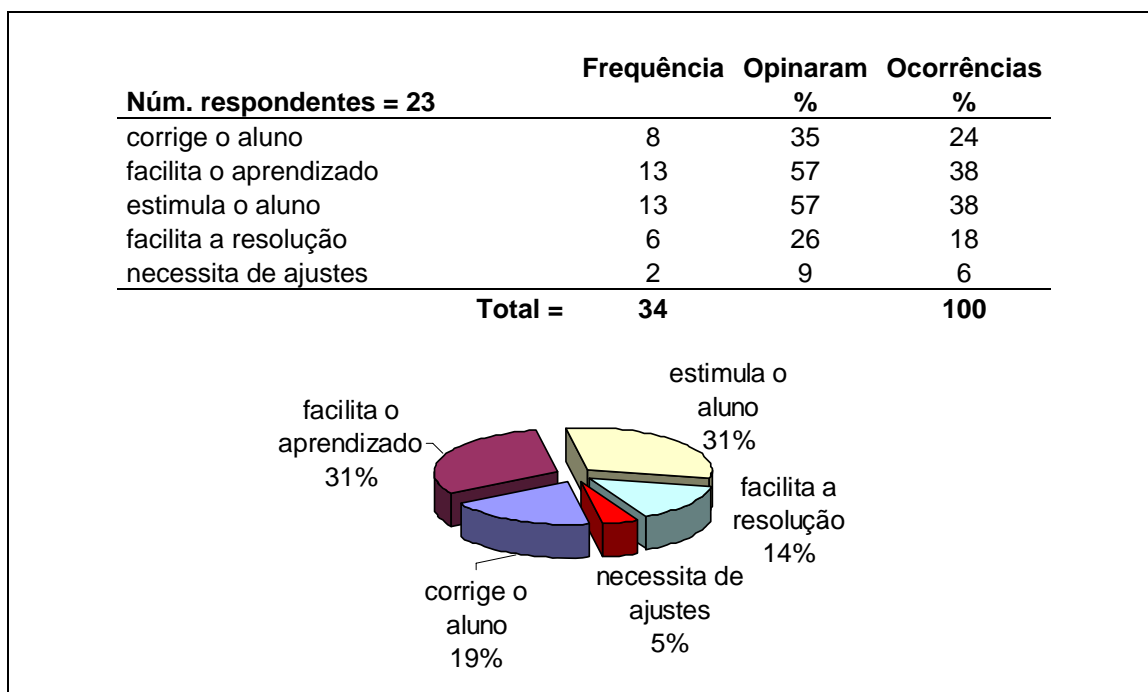


Figura 4.62 – Especificidades da interatividade implementada.

Como exemplos de opiniões, destacam-se:

*(P1): Excelente. Além de indicar o erro ou o acerto, o software permite que o aluno tenha clareza de qual é, realmente, a solução do problema e o conceito final.*

*(D5): a oportunidade de interação passo a passo do usuário com o software pode ser um estímulo a mais para o aprendizado: o usuário não fica com a impressão que está errando, mas trabalhando com o software na busca da solução.*

*(F5): Esta funcionalidade é interessante e importante para dar ao aluno um “feedback” de seu aprendizado, com a possibilidade de corrigir erros e enganos de interpretação.*

*(A2): É a melhor forma de aprender, afinal força o aluno a reavaliar os conceitos utilizados fazendo-o pensar.*

**Pergunta 11 - Que atividades foram mais motivadoras e menos motivadoras?**

Segundo a maioria dos usuários, os exercícios interativos são as atividades mais motivadoras porque além de possuírem uma interface atrativa, o processo de tentativa e erro encadeia as idéias e facilita o aprendizado. Ainda, segundo a maioria, todas as atividades propostas pelo software foram consideradas motivadoras. As Figuras 4.63 e 4.64 apresentam os detalhes desta questão. Como exemplos de opiniões, destacam-se:

*(P4) As práticas. Achei muito legais, bem boladas e representativas.*

*(D4) Bem, ler a teoria é um pouco desmotivante. Eu pulei logo para os exercícios, mas depois voltei nos exemplos para relembrar. É normal, queremos sempre começar pelo fim.*

*(F2) Os exercícios interativos são sempre bem motivadores, pois apresentam uma interface bem legal, fazendo com que o usuário queira aprender mais. Não vejo nenhuma atividade desmotivadora, até porque os exercícios dão motivação para o usuário.*

*(B3) Mais motivadoras são os exercícios. Menos é a parte teórica, pois já foi dada em sala de aula e com a resolução dos exercícios pude aprender muito.*

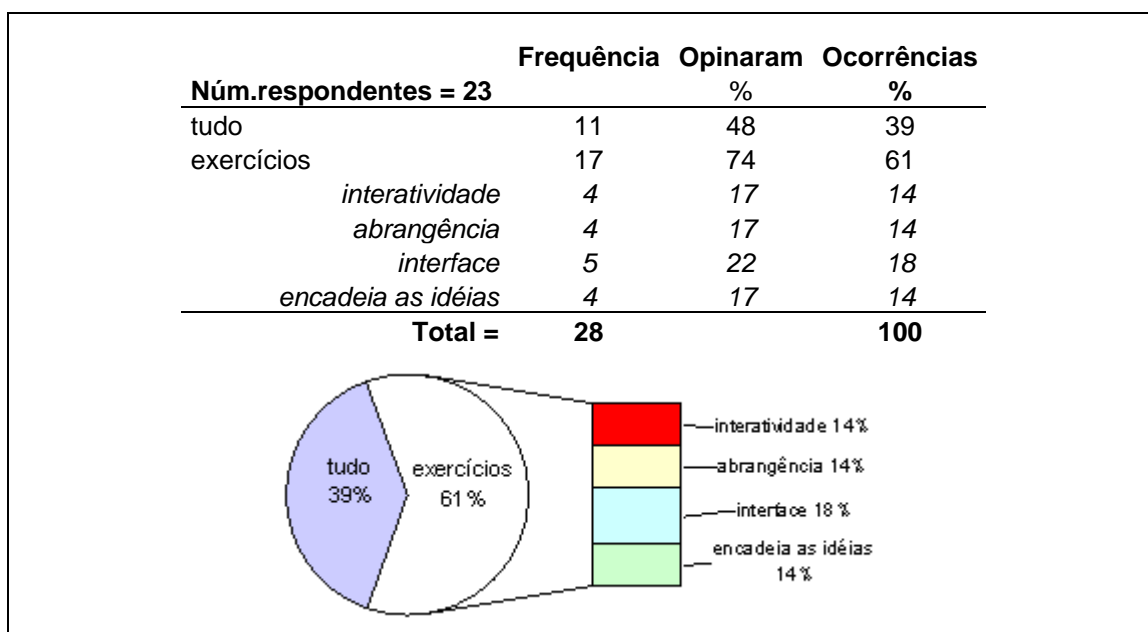


Figura 4.63 – Atividades motivadoras apontadas pelos respondentes.

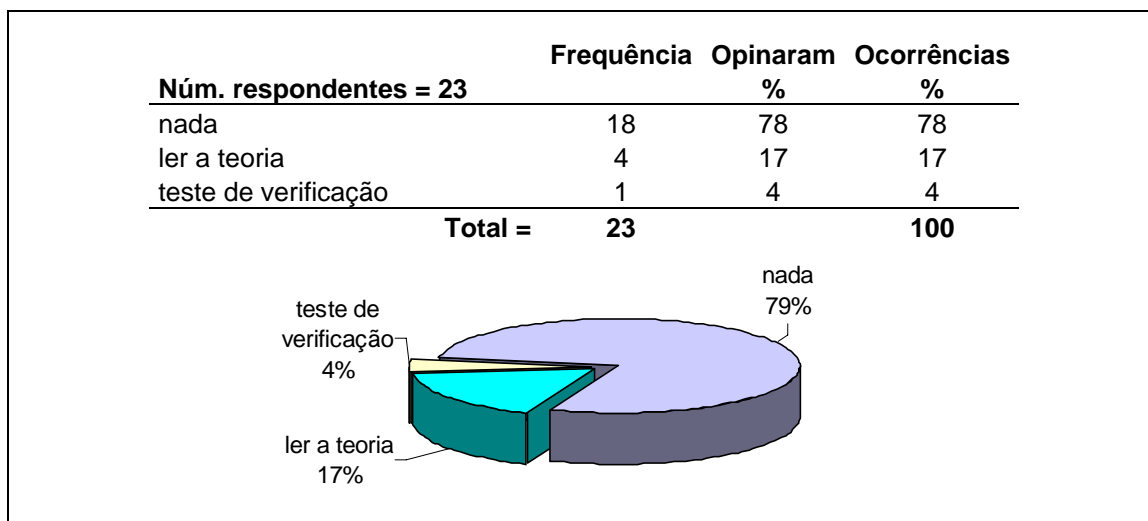


Figura 4.64 – Atividades menos motivadoras apontadas pelos respondentes.

### ***Pergunta 12 - O que sugere para melhorar o software?***

Segundo os professores, o software poderia ser mantido como está caso ele seja usado após a aula tradicional. A título de sugestão, sugerem a colocação de vínculos a uma ampla lista de exercícios e ao texto completo da teoria (incluindo animações). Mais ainda, sugerem a criação do caderno sobre rede de fluxos. Os doutorandos sugerem mais exercícios, a colocação de dicas em todos os exercícios e a substituição das imagens borradas. Os formandos sugerem a colocação de exemplos no caderno de permeabilidade dos solos e a ampliação da lista de exercícios interativos. Os alunos correntemente matriculados nas disciplinas CIV 332 e CIV 335 sugerem o uso de recursos sonoros e a ampliação da lista de exercícios interativos.

### ***Pergunta 13 - Se você tivesse que falar sobre o software para um amigo, o que você diria?***

Todos os respondentes disseram que o software é um recurso didático que eles recomendariam, pois agiliza o processo de ensino e aprendizagem, estimula o usuário, bem como facilita e complementa a aprendizagem, conforme ilustrado na Figura 4.65. Como exemplos de opiniões, destacam-se:

(P1): Diria que é um recurso didático interessante, extremamente oportuno para agilizar e auxiliar o ensino. Quem não vai querer usar um material que apresenta qualidades de estimular, aguçar e de complementar o aprendizado. Não tenha dúvida, eu indico e falo bem.

(D1): Diria que o uso do software torna o aprendizado uma brincadeira. E de forma natural o aprendizado vai acontecendo.

(F4): Software de grande valor, pois ensina de maneira prática e fácil conhecimentos da mecânica dos solos que parecem difíceis.

(A4): Diria que é uma forma muito boa de avaliar o seu conhecimento e domínio sobre o conteúdo.

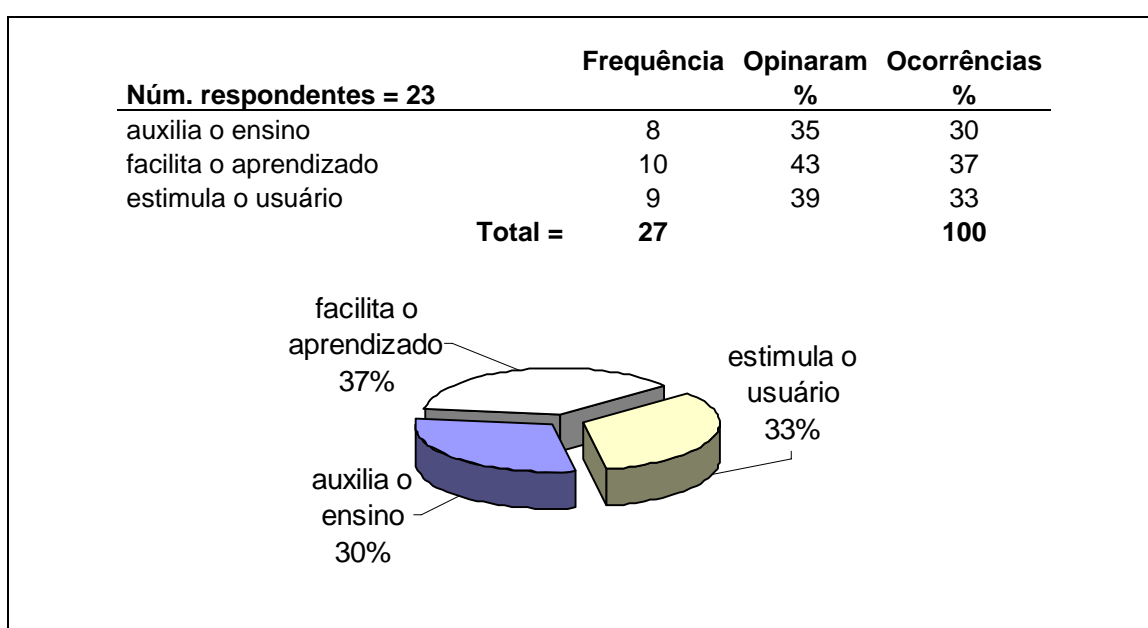


Figura 4.65 – Especificidades do software apontadas pelos respondentes.

#### **Pergunta 14 – Você pretende usar o software novamente?**

Todos os respondentes responderam que pretendem utilizar novamente o software. As Figuras 4.66 e 4.67 apresentam as motivações de professores e alunos (de todos os níveis), respectivamente, para a reutilização. Como exemplos de opiniões dos respondentes, destacam-se:

(P1) Sim. Eu usaria em minhas aulas como complementação de atividade obrigatória, forçando o aluno a usá-lo. O uso deste software cria um diferencial em relação ao aluno que não usou. O software é um estimulante, abre horizontes, amplia a visão. Ter contato com um software como esse, que apresenta situações, ilustrações, que percorre todos os conceitos, que discute várias questões... isso ai faz um

*diferencial muito importante na formação do aluno.*

*(D1) Sim.. Ainda quero resolver as questões que não consegui. E caso venha a dar aulas com certeza o usarei com meus alunos.*

*(F2) Sim, até porque com o tempo podemos esquecer de vários conceitos e com o uso do software, estamos sempre lembrando.*

*(A4) Sim. Para estudar para a prova e esclarecer dúvidas as quais irão surgir futuramente.*

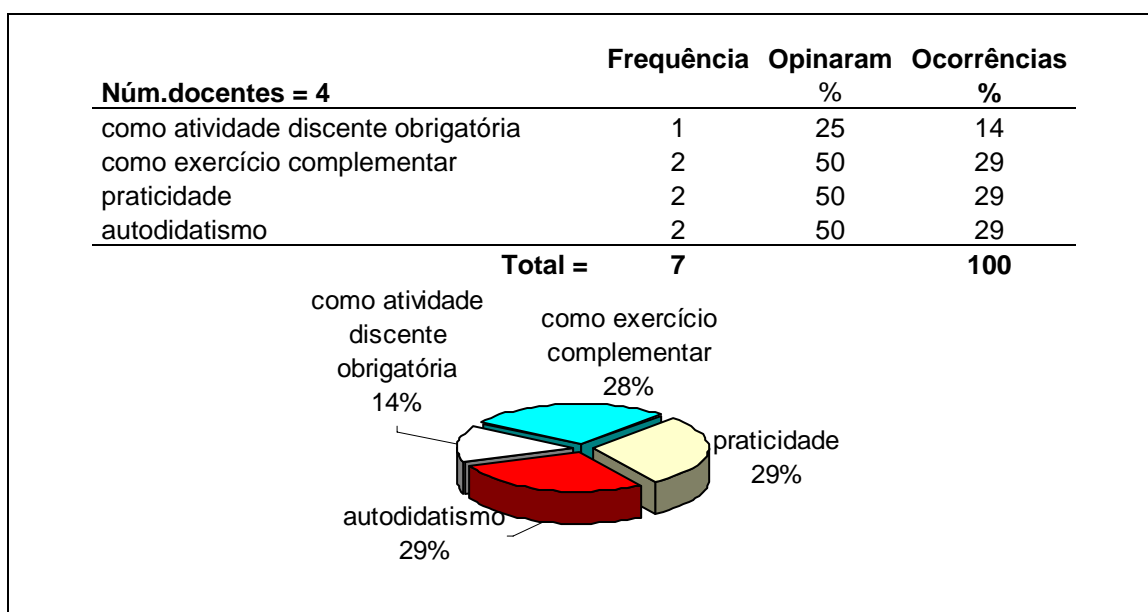


Figura 4.66 - Opinião docente sobre reutilizar o SEI.

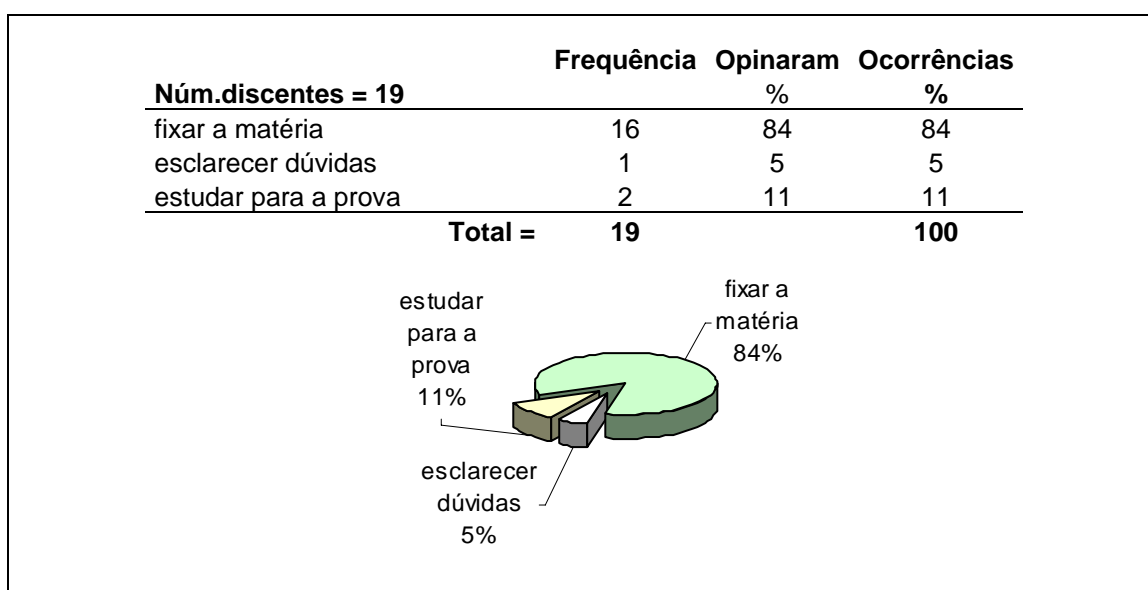


Figura 4.67 - Opinião discente sobre reutilizar o SEI.

#### 4.3.4 Resultado das entrevistas

Conforme LAKATOS & MARCONI (1991), a análise realizada com os dados coletados a partir das entrevistas objetivou estabelecer as relações necessárias entre os dados obtidos e a hipótese formulada.

De acordo com a análise das respostas dadas ao primeiro questionamento, todos os respondentes, sem exceção, consideraram que o software facilitou a aprendizagem sobre “Movimento de água nos solos” porque permitiu acesso, visualização e aplicação prática dos conceitos através dos exercícios interativos.

*D1: O software facilita a aprendizagem, pois permite, sempre de maneira rápida e agradável, o acesso aos conceitos em estudo e a visualização e aplicação dos mesmos através dos exercícios.*

*A3: Gostei muito do software. Tem alguns errinhos bobos, bem toleráveis. Eu fiz vários exercícios no software e aprendi bem. Vários exercícios eu errei. Ai, eu voltei lá, revi a matéria e percebi que meus conceitos não estavam certos, não estavam bem formulados.*

*B2: Sem dúvida é um facilitador. Você não precisa saber a matéria anterior. O software é muito auto-explicativo, ele te explica como fazer. Ele te dá as fórmulas, ele te explica como usar, então você não precisa ter um conhecimento prévio tão grande assim pra usar o software. E tem sempre as dicas que ajuda bastante para resolver os problemas.*

De acordo com a análise das respostas dadas ao segundo questionamento, todos os respondentes, consideraram a interatividade usuário-computador como um dos recursos que motivou o usuário a usar o software e que favoreceu a aquisição de conhecimento.

*P1: O que eu mais gostei foi da interface que é bastante amigável e da interatividade. O aluno pode retornar a qualquer momento à explicação teórica e rever conceitos, ele erra e aparece que errou.*

*D1: A avaliação dos exercícios passo a passo, as dicas e a facilidade de interação usuário-software (facilidade de se localizar, de mudar de janela, etc.) atuam como motivadores para o usuário, facilitando assim a relação deste com o conteúdo assimilado.*

*A3: A interatividade não desmotivou não, pelo contrário. Tornou um*

*desafio. Não aceitava sair do exercício sem acertar. A interatividade é bem motivadora.*

De acordo com a análise das respostas dadas ao terceiro questionamento, todos os respondentes, consideraram o software funcional e complementar ao trabalho do professor. Mais ainda, que o software cumpriu seu objetivo de melhorar o entendimento do tópico “Movimento de água nos solos”, mas ainda necessita de algumas melhorias.

*P1: Cumpriu o objetivo sim porque obriga o aluno a fazer, mas o aluno vê o resultado, não precisa ficar desenhando, ele tá pronto. Fica mais fácil de entender, fica mais fácil o professor explicar onde ele errou e onde não errou. Atendeu os objetivos sim.*

*D1: pode se dizer que o software é funcional atendendo a finalidade a que se propõe. Complementa o trabalho do professor e principalmente melhora o entendimento do tema pelo aluno ao possibilitar que explore melhor o tema, sendo estimulado pela maneira agradável e dinâmica da interação usuário-software.*

*B1: A gente saiu do teste comentando que abriu nossa mente para a disciplina para o que se viu na sala de aula. Fica muito mais fácil a compreensão.*

Com relação às possíveis melhorias e/ou sugestões para o aperfeiçoamento do programa, tem-se os seguintes comentários:

*P1: O aluno pode retornar a qualquer momento à explicação teórica e rever conceitos, ele erra e aparece que errou. O que eu acho que faltou um pouco nessa interatividade é o seguinte: por exemplo, após três tentativas com o erro, o programa poderia mostrar uma dica. Ou a dica que já existe lá e após mais três tentativas, poderia mostrar a resolução do problema e se possível, onde o aluno errou.*

*P1: ... eu creio que faltaram dicas, ou então uma melhor explicação da parte conceitual inicial. Por exemplo, você calcula a carga piezométrica no fluxo ascendente, na base e depois no topo. Acho que faltou um pouco de explicação de como se dá essa perda de carga ao longo do processo de subida. Pro aluno, pra melhorar essa interatividade, deve-se incluir isso.*

*A5: O único ponto fraco é a da aproximação porque o programa informa que o resultado está errado e você fica maluco procurando onde que está esse erro. Fora isso, o programa realmente é muito bom e poderia também ser usado antes da aula para o aluno chegar preparado.*

A sugestão dada pelo professor P1 será considerada numa nova versão do software apesar da lista de atividades ter sido elaborada para induzir o usuário à solução nos casos de pontos intermediários da amostra. Quanto ao problema da solução numérica, o programa não aceita uma resposta fora da especificação dada no momento de digitar a resposta: ou usam-se três algarismos significativos ou o arredondando para duas casas decimais.

Por conta dos aspectos quantitativo e qualitativo desta pesquisa, buscou-se representatividade em usuários de diferentes níveis, na esperança de que os dados levantados pudessem ser considerados satisfatórios para a validação dos objetivos e da hipótese proposta. No próximo capítulo, apresenta-se um balanço dos resultados obtidos e os argumentos usados para se ponderar os objetivos e a hipótese.

#### **4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os alunos apresentaram dificuldades na resolução do pré-teste. Isso já era esperado, de certo modo, uma vez que eles utilizaram apenas o conhecimento adquirido com a aula tradicional.

Com os resultados do pós-teste, pode-se dizer que o uso do GeoWeb influenciou de forma positiva o processo de ensino e aprendizagem do tópico abordado.

A partir dos resultados qualitativos, foi possível verificar a aceitação do GeoWeb. Os usuários avaliaram positivamente o software, ressaltando sua relevância como recurso didático complementar à aula tradicional. O elevado grau de satisfação foi atribuído aos seguintes fatores: aplicação prática da teoria, imediata verificação das respostas e possibilidades de correções, textos concisos, ilustrações e valorização da relação espaço-tempo.

Talvez, o que ajudou o GeoWeb a se tornar um recurso interessante, foi a unificação e automatização de metodologias educacionais já reconhecidas como úteis nas atividades de ensino e aprendizagem tradicionais.

O experimento mostrou-se adequado à formação de conhecimento

mediado por computador ao propiciar condições para uma formação interativa e flexível, permitindo a obtenção de informações que se resultaram produtivas para a realização das atividades propostas, além de atender as reais necessidades de alunos e professores. O aluno passa a conhecer suas próprias dificuldades e o professor também passa a conhecer as dificuldades de cada aluno.

## 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Este trabalho se propôs a analisar a relação entre ensino e aprendizagem do tópico *Movimento de água no solo* com o emprego de um software educacional interativo (SEI), especificamente desenvolvido para melhorar o entendimento e a retenção do conhecimento, em contraponto à metodologia tradicionalmente usada nas escolas de engenharia.

O ponto de partida foi a intenção de resolver o problema da falta de conhecimento apresentado pelos alunos sobre os conceitos necessários para a aprendizagem da mecânica dos solos<sup>10</sup>.

Para viabilizar a realização dos trabalhos, um adequado recorte temático nos conteúdos da mecânica dos solos apontou o *Movimento de água no solo* como o tema a ser abordado pela pesquisa.

Especificamente, a pesquisa visou disponibilizar um material digital complementar à fundamentação teórica e prática do movimento de água no solo, bem como contribuir na formação cognitiva dos alunos e materializar uma estrutura propícia para produção de material digital de ensino.

A partir daí, partiu-se para a concepção e desenvolvimento de um SEI específico, o GeoWeb, capaz de motivar o aluno, bem como de auxiliar seu processo de auto-aprendizagem.

Para a implementação do software foi utilizada uma linguagem visual que facilitou o trabalho de construção automática das telas e menus, bem como o tratamento de dados numéricos e a utilização de explicações contextualizadas.

---

<sup>10</sup> A idéia surgiu a partir de observações realizadas pelo professor Paulo Barbosa (DEC/UFV) durante suas aulas na disciplina de Mecânica dos Solos, bem como a partir de suas observações sobre o desempenho dos alunos nas avaliações do curso. O professor participou diretamente de todas as fases da pesquisa e suas sugestões e experiência em situações concretas de aprendizagem tornaram-se fundamentais no processo de desenvolvimento desta tese.

Para tornar os alunos aptos no domínio dos assuntos, foram utilizados os seguintes recursos pedagógicos: a adaptação das tradicionais teorias de aprendizagem às tecnologias da informática, as técnicas educacionais de ensino efetivo, bem como as técnicas aprendizagem centradas no aluno (módulo instrucional e resolução de problemas). O software contém um conjunto de problemas interativos, no qual o usuário é conduzido à construção de seu próprio aprendizado, podendo explorar seu conteúdo nas condições que lhe for mais conveniente.

Os questionamentos que nortearam o desenvolvimento desta pesquisa foram retomados e respondidos. Quanto à pergunta “*O software é eficiente?*”, pode-se responder afirmativamente porque se constatou que a automatização das metodologias de ensino, aliadas às tecnologias computacionais, facilitou a aprendizagem e que os índices de satisfação com o uso do SEI quanto à *Usabilidade* e à *Confiabilidade Educacional* (94% e 99%, respectivamente) podem ser considerados satisfatórios. Além disso, constatou-se que o rendimento da parte prática dos alunos com o uso do software resultou num efeito positivo do uso do software e proporcionando uma eficiência média nos alunos superior a 80%.

Quanto à pergunta “*Em que situações [o SEI é eficiente]?*”, torna-se relevante comentar que, nesta pesquisa, a parte prática foi priorizada em relação à parte teórica e que o aluno teve um tempo limitado para usar o programa. No entanto, o aluno foi levado a usar os conceitos e princípios referentes ao tema para obter a solução dos problemas geotécnicos. Neste contexto, espera-se que a situação mais favorável seja aquela na qual o usuário não tenha restrições quanto ao tempo de uso do software e a tendência é que o software seja usado como recurso complementar ao método tradicional de ensino.

Quanto à pergunta “*A relação custo-benefício é favorável?*”, pode-se responder afirmativamente porque o desenvolvimento de um software semelhante ao desta pesquisa demanda pouco investimento de tempo, de recursos financeiros e humanos. O desenvolvimento de um SEI se configura numa tarefa que requer conhecimentos de técnicas computacionais e

metodologias educacionais. Quanto mais elaborada for a definição de cenários e objetivos e mais capacitada a equipe, melhor a relação custo-benefício, uma vez que o tempo e o custo para a realização do produto não fogem ao planejado. Dentro desse planejamento, deve-se computar o tempo necessário para a elaboração dos instrumentos avaliativos e suas aplicações.

Considerando o teor das respostas às questões norteadoras, pode-se dizer que o estudo permitiu concluir que a hipótese desta pesquisa pode ser confirmada, demonstrando que um assunto pode ser abordado no formato digital, interativamente, numa perspectiva de facilitar a aprendizagem do tema *Movimento de Água nos Solos*.

Observando *in loco* a utilização do programa pelos alunos pode-se constatar que o ritmo de aprendizado não é o mesmo para todos os alunos, mas ao contrário do esperado, os mais lentos não perdem o interesse pelo recurso. Assim, recomenda-se que novas aplicações devam ser realizadas, se possível em outras escolas de engenharia, para se observar essa tendência, que se confirmada, vem favorecer o desenvolvimento destes programas educacionais, pois, ao acessar programa em sua residência, o usuário terá o tempo necessário para adquirir o conhecimento repassado.

A construção de um software educacional exige uma abordagem multidisciplinar e o desta pesquisa, em particular, envolveu a didática, a pedagogia, a informática de programação e a Mecânica dos Solos. A contribuição de cada disciplina envolvida deve ser feita de forma integrada, aliando ainda, o conhecimento sobre as necessidades do público alvo e as restrições tecnológicas. A preocupação final foi a de que o SEI cumpra sua função de efetivar a aprendizagem de conteúdo.

Das dificuldades que podem surgir durante o desenvolvimento de um SEI, a *necessidade de pessoal capacitado* e a *logística para validação do software* foram os dois fatores que mais ressaltaram neste trabalho.

A necessidade de pessoal capacitado acontece porque os cursos de Engenharia Civil não dão formação para a área de desenvolvimento de

software educacional. No entanto, para minimizar essa situação, poderia-se criar uma disciplina específica nos programas de graduação ou pós-graduação de engenharia.

Quanto às dificuldades relacionadas à logística para aplicação e avaliação do programa, constatou-se que, uma vez formatado o curso de engenharia, não sobra muito tempo para a realização de pesquisas *in loco*. Aliás, este problema norteou a execução deste trabalho: (a) procurou-se criar pequenos módulos instrucionais para que pudessem ser usados e avaliados em curto espaço de tempo; (b) os módulos criados foram os mais objetivos possíveis, com a capacidade de apontar o erro do usuário e de indicar assunto no qual o usuário deve se dedicar mais.

O atendimento das necessidades de aprendizagem de conteúdo foi a meta do SEI criado nesta pesquisa uma vez que a qualidade está diretamente relacionada a sua aceitação. A programação das técnicas de aprendizagem centradas no usuário-aluno (módulos instrucionais e resolução de problemas) facilitou a compreensão dos conceitos repassados pelo programa e contribuiu para a aceitação e uso do programa como recurso educacional.

Os objetivos da pesquisa foram atingidos, pois o GeoWeb facilitou o aprendizado de tópicos da mecânica dos solos em geral e do movimento de água nos solos, em particular. O uso do GeoWeb possibilitou a integração de todo conhecimento necessário para a solução dos problemas, desde a formulação básica de Darcy, passando pelos cálculos de cargas hidráulicas, até a obtenção da solução dos permeâmetros. Com isso o aluno pôde se concentrar na compreensão dos passos essenciais para o cálculo das cargas hidráulicas, nos modelos de permeâmetros, sem dispensar esforços com escrita e traçado de croquis. E uma vez compreendido o processo, o aluno tem plena condições de generalizar seus conhecimentos para aplicá-lo em problemas práticos da engenharia geotécnica, de forma semelhante ao realizado no final do caderno de permeabilidade. Uma outra vantagem para o aluno é a possibilidade de visualizar como se processa a relação entre as variáveis do modelo de permeâmetro.

A introdução do GeoWeb como um pacote didático no curso de Engenharia Civil (e também em áreas afins) permitiu que o aluno obtivesse resultados positivos além de incentivá-lo a buscar diálogos com o professor. Além disso, forçou o usuário a ter mais cuidado com a execução das tarefas, a se auto-avaliar e ter consciência dos erros que cometeu.

Assim, esta pesquisa apresentou reflexões e sugestões relacionadas ao uso do computador como ferramenta de auxílio à aprendizagem de tópicos relacionados à geotecnia. Procurou-se desenvolver o software de uma maneira tal que pudesse permitir o uso adequado do espaço e do tempo. Além disso, dependendo da disponibilidade de recursos computacionais, pode favorecer os modos de aprendizagem individualizada ou cooperativa.

Para a efetivação dos trabalhos desta pesquisa, realizou-se a montagem e o treinamento de uma equipe de apoio para desenvolver objetos de aprendizagem e difundir conhecimento sobre tecnologias.

Além de facilitar o aprendizado de conteúdos da disciplina Mecânica dos Solos, ressalta-se a promoção da iniciativa de integração dos alunos com os recursos computacionais que viabilizaram a criação do SEI. O uso do software proporcionou uma dinâmica diferenciada, levando o aluno a participar ativamente no processo de construção de seu próprio conhecimento, além de colocar em prática o conhecimento adquirido em sala de aula ao analisar e resolver os problemas propostos.

As contribuições mais positivas da aprendizagem apoiada por recursos tecnológicos foram gerar uma aprendizagem significativa e aliar teoria e prática de modo eficiente.

A tarefa de superar uma prática pedagógica tradicional envolveu docente e alunos, num esforço conjunto (mas distintos) para promover inovações no processo de ensino e aprendizagem.

Estas considerações indicam que há um longo caminho a ser percorrido pelos docentes que pretendem inovar a sua prática pedagógica e cada um deverá se apropriar dos recursos que melhor se adaptem às peculiaridades da

sua disciplina.

Como consequência do trabalho realizado, constituiu-se uma forma de contribuir para tornar comum a criação e a disseminação do uso de programas educacionais específicos para a engenharia geotécnica, fazendo com que o aluno se familiarize com este processo, isto é, torne-se capaz de ler corretamente os textos e compreender as mensagens transmitidas, sabendo distinguir e empregar as formulações de forma adequada, além de usá-la corretamente.

Como sugestões para melhoria do GeoWeb, tem-se:

- desenvolvimento de outros cadernos eletrônicos englobando novos temas da mecânica dos solos;
- implementação da simulação virtual, pois é um recurso que permite ao usuário avaliar a influência das variáveis no processo, bem como avaliar novas configurações dos modelos e fazer otimizações;
- implementação de vínculos a textos teóricos completos (incluindo animações, vídeos e fotos);
- implementação de uma sub-rotina de programação para que, durante o uso do caderno eletrônico, seja possível identificar o erro cometido pelo usuário e quantificar o número de tentativas de substituí-lo pela resposta correta;
- implementação de uma sub-rotina de programação capaz de contabilizar o tempo gasto na execução de cada exercício interativo bem como de cada item teórico dos cadernos eletrônicos.

Talvez esses os esforços específicos se tornem relevantes para estreitar a relação aluno-professor, pois, ao conhecer em profundidade as dificuldades de aprendizado de cada aluno, chega-se a um dos principais objetivos do processo de ensino e aprendizagem, que é saber o que o aluno realmente aprendeu.

Finalmente, como sugestões para futuros trabalhos e investigações, tem-se:

- estudo de outras metodologias de ensino para que sejam automatizadas e avaliadas quantitativa e qualitativamente;

- pesquisa de uso e avaliação do GeoWeb por docentes e discentes de outras escolas de engenharia;
- desenvolvimento de softwares educacionais que envolvam atividades lúdicas (jogos e brincadeiras);
- formação e treinamento de uma equipe de mantenedores para estudar as tecnologias de informação e comunicação, bem como para desenvolver, avaliar e atualizar softwares educacionais.

## BIBLIOGRAFIA

### REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 13292**: solo - determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante, 1995.

ABNT. **NBR 14545**: solo - determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos à carga variável, 1995.

ALBION, P. Developing interactive multimedia using a problem-based learning framework. In: Proceedings of ASET-HERDSA Conference, Austrália, 2000. Disponível em: <<http://www.ascilite.org.au/aset-archives/confs/aset-herdsa2000/procs/albion.html>>. Acesso em 29 dez. 2008.

AL-KHAFAJI, A. W. et al. **GEOTEK-PRO**: Geotechnical software for the IBM-PC, Santa Cruz, California: Kingman-Block, 1986.

AMARAL, E.C.; GUEDES, U.T.V. Análise de construção de software educativo com qualidade: Sugestão de ficha para registro e avaliação de software educativo. Workshop dos Cursos de Computação Aplicada do INPE. São José dos Campos: V WORCAP, 2005. Disponível em: <[dpi.inpe.br/hermes2@1905/2005/10.03.21.08](mailto:dpi.inpe.br/hermes2@1905/2005/10.03.21.08)>. Acesso em: 12 dez. 2008.

AUSTIN, G.R.; LUTTERODT, S.A. The computer at school. **Prospects: Quarterly Review of Education**, v.12, n. 4, p. 421-438, 1982.

AUSUBEL, D.P. et al. **Psicologia educacional**. 2 ed. RJ: Interamericana, 1980.

BARROS, E.A.R. et. al. **Delphi para Universitários**. SP: Páginas & Letras, 2000.

BELCHIOR, A. D. **Um modelo fuzzy para avaliação da qualidade de software**. Tese de Doutorado. RJ: UFRJ, 1997.

BERNS, T. Usability and user-centered design, a necessity for efficient e-learning. **International Journal of the Computer, the Internet and Management**, 12(2), p. 20-25, 2004.

BLOOM, B.S. et al. **Taxionomia de objetivos educacionais**: domínio cognitivo, v 1. RJ: Globo, 1974.

BOGDAN, R.C.; BIKLEN, J.K. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Ed. Porto, 1994.

BRAGA, A.B. & MAUBRIGADES, V. Avaliação dos softwares educativos do Departamento Nacional. SENAC/DN/DIPLAN, 2005. Disponível em: <[http://www.senac.com.br/pesquisa/aval\\_soft.pdf](http://www.senac.com.br/pesquisa/aval_soft.pdf)>. Acesso em: 18 jul. 2008.

BUDHU, M. A simulated soils laboratory test. Proceedings of the Int. Conf. on Simulation and Multimedia in Engineering Education, ICSEE'99, H. Tharp and L. Huelsman Eds., pp. 3–6, 1999.

BUDHU, M. **Soil mechanics and foundations**. NY: John Wiley & Sons, 2000.

BUDHU, M.; COLEMAN, A. The design and evaluation of interactivities in a digital library. **D-Lib Magazine**, 8 (11), Nov. 2002.

BUEN, P. R., et al. A multi-functional knowledge based system to learn, apply and consult procedures. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. Application of advanced information technologies. NY: Cognizant Communication Offices, 2v, v. 1, p. 466-473, 1998.

BURLAND, J.B. The teaching of soil mechanics - a personal view. Proc. 9th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Dublin, 3, p. 1427-1441, 1987.

CAMPOS, C. Perguntar para compreender melhor: a entrevista. In: Pensar avaliação, melhorar a aprendizagem. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional, 1994b. Disponível em: <[http://www.dgidc.min-edu.pt/serprof/acurric/av\\_es/texto\(27\).pdf](http://www.dgidc.min-edu.pt/serprof/acurric/av_es/texto(27).pdf)>. Acesso em: 11 jun. 2008.

CAMPOS, C. et al. Se quer saber, porque não pergunta? In: Pensar avaliação, melhorar a aprendizagem. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional, 1994c. Disponível em: <[http://www.dgidc.min-edu.pt/serprof/acurric/av\\_es/texto\(17\).pdf](http://www.dgidc.min-edu.pt/serprof/acurric/av_es/texto(17).pdf)>. Acesso em: 11 jun. 2008.

CAMPOS, F.C.A. **Hipermídia na educação: paradigmas e avaliação da qualidade**. Dissertação de Mestrado. RJ: UFRJ, 1994.

CAMPOS, F.C.A.; CAMPOS, G.H.B. **Qualidade de software educacional**. In: ROCHA, A.R.C. et al. (Orgs.) *Qualidade de Software: Teoria e Prática*. 1 ed. SP: Prentice Hall, p. 124-130, 2001a.

CAMPOS, F.C.A. et al. **Cooperação e aprendizagem on-line**. RJ: Lamparina, 2003

CAMPOS, F.C.A. et al. Design instrucional e construtivismo: em busca de modelos para o desenvolvimento de software. IV Congresso da Rede Iberoamericana de Informática Educativa, RIBIE 98, 1998. Disponível em: <<http://www.niee.ufrgs.br/ribie98/TRABALHOS/250M.PDF>>. Acesso em: 11 jun. 2008.

CAMPOS, F.C.A. et. al. Dez etapas para o desenvolvimento de software educacional do tipo hipermídia. In: III Congresso Iberoamericano de Informática Educativa. Colômbia, 1996.

CAMPOS, F.C.A. et al. Qualidade de software educacional: uma Proposta. Anais do workshop de Qualidade de Software. Florianópolis, SC, p. 153-165, 1999.

CAMPOS, G.H.B. **Metodologia de avaliação da qualidade de software educacional**: Diretrizes para Desenvolvedores e Usuários. Tese de Doutorado. RJ: UFRJ, 1994a.

CAMPOS, G.H.B. Avaliação de software: avaliação pelos mestres no assunto. 1999a. Disponível em: <[http://www.logon.com.br/edulink/materias/avaliacao\\_de\\_software.htm](http://www.logon.com.br/edulink/materias/avaliacao_de_software.htm)>. Acesso em: 17 jan. 2008.

CAPUTO, H.P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**, v. 1 e 2. RJ: LTC, 1987.

CARRAHER, D.W. O que esperamos do software educacional. **Revista de Educação e Informática**, SP, Ano 2, n. 3, p.32-36, jan. 1990.

CHAGAS, I. et al. Utilización del hipertexto en la comunicación científica y educativa. Tarbiya. **Revista de Investigación e Innovación Educativa** (36), 81-102, 2005.

CORNELL, G. **Delphi nuts & bolts for experienced programmers**. Berkeley; NY: Mac Grow - Hill, 1996.

COUTINHO, M.T.C.; CUNHA, S.E. **Os caminhos da pesquisa em ciências humanas**. BH: PUC Minas, 2004.

DALE E. Cone of learning, 1969. Disponível em: <<http://www.cals.ncsu.edu/agexed/sae/ppt1/sld012.htm>>. Acesso em: 22 mai. 2008.

DARCY, H. **Les fontaines publiques de la Ville de Dijon**. Paris: Dalmont, 1856.

DAVISON, L.R.; PORRIT, N. Using computers to teach. **Proc. Civ. Engrns**, Civ. Engng. v. 132, feb, p. 24-30, 1999.

DIAS, L.A. **Desenvolvimento de interfaces de ambientes interativos para usuários novatos**: o caso de trabalhadores rurais. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC, 2002.

EBEL, R.; FRISBIE, D. **Essentials of educational measurement**. NJ: Prentice Hall, 1991.

EVANS, P. Strategies for developing cost-effective and powerful interactive multimedia educational materials. Calgary, Canadá: Edmedia'97, 1997. Disponível em: <[http://www.usq.edu.au/users/evansp/not\\_indexed/edmedia97.pdf](http://www.usq.edu.au/users/evansp/not_indexed/edmedia97.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2008.

FELDER R. M.; BRENT, R. **Ensino efetivo**: uma oficina. Viçosa: UFV, 1999.

FERNANDES, L.S. et al. Diretrizes para interface de software educacional. IHC2004 - VI Simpósio sobre fatores humanos em sistemas computacionais. Curitiba, 2004. Disponível em: <<http://www.ime.uerj.br/~raquel/wied/ihc2004/LFernandesEtAl.pdf>>. Acesso em: 29 dez. 2008.

FERREIRA, R.S. Learning stress distribution in soils using a digital multimedia tool. Proceedings of the Int. Congress of Engineering Education, RJ, 1998. Disponível em: <<http://www.ineer.org/Events/ICEE1998/lcee/papers/466.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2009.

FLICK, U. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

GAMA, C.L.G.; SCHEER, S. Avaliação de objetos educacionais para a educação a distância de engenharia: construção, reuso e avaliação. 2005.

Disponível em: <<http://www.cesec.ufpr.br/etools/oe3/artigos/159tcc3.pdf>>. Acesso em: 11 Jun. 2008.

GAMA, C.L.G. & SCHEER, S. Objetos educacionais hipermediáticos na educação de engenharia, sua construção e usabilidade. 2004. Disponível em: <[http://www.cesec.ufpr.br/etools/oe3/artigos/01\\_241.pdf](http://www.cesec.ufpr.br/etools/oe3/artigos/01_241.pdf)>. Acesso em: 11 Jun. 2008.

GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4 ed., SP: Atlas, 2002.

GOMES, A.S.; PADOVANI, S. Usabilidade no ciclo de desenvolvimento de software educativo. Mini curso do XVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2005.

GRAHAM J.; SHIELDS D.H. Civil engineering education - the future of a profession. Canadian Conference on Engineering Education, Winnipeg, MB, Canada, 1988.

HOLTZ, R.D.; KOVACS, W.D. **An introduction to geotechnical engineering**. NJ: Prentice Hall, 1981.

**ISO 9241-11**: Orientações sobre usabilidade da norma ISO 9241, 1998.

**ISO/CD8402**: Quality concepts and terminology - part one: generic terms and definition. International Standards Organization, 1990.

JAKSA, M.B. et al. A computer aided teaching suite for geotechnical engineering. Proceedings of 6th Australasian Assoc. for Engineering Education Conference, Sydney, pp. 457-462, 1994.

JAKSA, M.B. et al. CATIGE for windows - teaching basic concepts of geomechanics by computer. Proceedings 7th Australia New Zealand Conf. on Geomechanics, Adelaide, pp. 976-980, 1996.

JAKSA, M.B. et al. Computer aided learning in geotechnical engineering education. Proc. 1st Int. Conf. on Geotechnical Engineering Education and Training, Sinaia, Romania, A. A. Balkema, Rotterdam, pp. 335-342, 2000.

JAKSA, M. B. et al. Computer aided learning in geoengineering education: current resources and future trends. Proc. GeoEng 2000, Melbourne, 2000a. Disponível em:

<<http://www.ecms.adelaide.edu.au/civeng/staff/pdf/GeoEng2000.pdf>>. Acesso em: 30 dez. 2008.

KENSKI, V.M. **Tecnologias e ensino presencial e a distância**. 4 ed. Campinas: Papirus, 2003.

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Metodologia Científica**. 2 ed. SP: Atlas, 1991.

LAMBE, T.W.; WHITMAN, R.V. **Soil mechanics**: SI version, NY: John Wiley & Sons, 1968.

LEVINE, S.; ELZEY, F.F. **Uma introdução programada às medidas em educação e psicologia**. RJ: Globo, 1976.

LEWIS C.; RIEMAN J., Task-centered user interface design - a practical introduction. 1994. Disponível em <<http://hcibib.org/tcuid/index.htm>>. Acesso em: 9 jan. 2008.

LTSC - Learning Technology Standards Committee. Learning Object Metadata. 2002. Disponível em <<http://www.cen-ltso.net/Users/main.aspx?put=211>>. Último acesso em jul. 2008.

LYNCH, P.J.; HORTON, S. Web style guide: basic design principles for creating web sites. 1997. Disponível em: <<http://www.webstyleguide.com/wsg3/index.html>>. Acesso em: 5 mar. 2009.

MARTINS, J.P. **Didática Geral**. RJ: Atlas, 1990.

McDOUGALL, A.; SQUIRES, D. An empirical study of a new paradigm for choosing educational software. **Computers and Educations**, (25) 3, p. 93-103, 1995.

McDOWELL, G.R. A student-centred learning approach to teaching soil mechanics. **Int. J. Engng Ed**, v. 17, n. 3, p. 255-260, 2001.

MEDEIROS, M.A.; CYBIS, W.A. Método de avaliação de usabilidade de software a partir da satisfação de usuários e da aplicação de quesitos da norma ISO 9241. In: IHC'2000 – III Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas de Computação, pp.93-101, 2000.

MERLOT - Multimedia educational resource for learning and online teaching. 2004. Disponível em: <<http://www.merlot.org/Home.po>>. Acesso em: 04 mai. 2008.

NÉRICI, I.G. **Metodologia do ensino**: uma introdução. 3 ed. SP: Atlas, 1989.

NIELSEN, J. **Projetando websites**. RJ: Campus, 2000.

NIELSEN, J. **Usability engineering**. Boston: Academic Press, 1993.

NORMAN, D.A. **The design of everyday things**. NY: Basic Books, 1990.

OLIVER, A.W.; OLIPHANT, J. A Computer-aided learning program for teaching effective stress to undergraduates, **Geotechnical and Geological Engineering**, 17: 85-97, 1999.

ORR, T.L.L. Innovations to inspire. **Ground Engineering**, p. 22-24, 1992. Disponível em: <<http://www.dur.ac.uk/d.g.toll//mtgs/mtgs91.html>>. Acesso em: 30 dez. 2008.

PENROD, P. **Developing windows applications using Delphi**. New York: John Wiley & Sons, 1995.

PIAGET, J. **Psicologia e epistemologia**: para uma teoria do conhecimento. Lisboa: Dom Quixote, 1991.

PÓLA, M.C.R. **Une approche interactive pour un meilleur apprentissage de la géométrie descriptive**. Tese de Doutorado. Québec, Canadá: Université Laval, 2000.

PONTE, J. **As novas tecnologias e a educação**. Lisboa: Texto, 1997.

POTTS, D.M.; ZDRAVKOVIC, L. **Finite element analysis in geotechnical engineering**: theory. London: Thomas Telford, 1999.

PRATES, R.O. & BARBOSA, S.D.J. Avaliação de interfaces de usuário: conceitos e métodos. Anais da Jornada de Atualização em Informática, XIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Campinas, 2003. (CD\_ROM)

PRESSMAN, R.A. **Engenharia de software**. 5 ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 2002.

RAGUSA, J. M. The promise and reality of intelligent computer-aided instructional systems. In: World Congress on Expert Systems, 4, 1998, Mexico City. Application of advanced information technologies. NY: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.2 , p. 738-744.

RAMOS, E.M.F. **Análise ergonômica do sistema HiperNet buscando aprendizado da cooperação e da autonomia**. Tese de Doutorado. Florianópolis: UFSC, 1996.

RAMOS, E. **O fundamental na avaliação da qualidade do software educacional**. Anais: II Simpósio Brasileiro de Informática e Educação - Porto Alegre, RS, 1991. Disponível em: < <http://www.infobom.com.br/izabel/Textos-SE/qualidade%20de%20SE.doc> >. Acesso em: 18 dez. 2008.

REGGINI, H.C. El pasajero de la gondola: reflexiones en torno a la educaion y a LOGO. **Boletín de Informática Educativa**, 3 (1): 9-17. Bogotá, abr. 1990.

REIS, A.; JOULLIÉ, V. **Didática geral através de módulos instrucionais**. Petrópolis: Vozes, 1981.

ROCHA, A.R.; CAMPOS, G.H.B. Avaliação da qualidade de software educacional. In: **Em Aberto**, Brasília, Ano 12, n.57, jan. 1993.

RUMBAUGH, J. et al. **Modelagem e projetos baseados em objetos**. RJ: Campus, 1994.

SANTANA, T.; LAMAS, P. Utilização de ferramentas computacionais orientadas para o ensino no curso de engenharia geológica. X Congresso Nacional de Geotecnia. Portugal: UNL, 2006. Disponível em: <[http://dminas.ist.utl.pt/OG2008/Congresso%20Geotecnia%20\(resumos\)/Congresso\\_Actas%20\(D\)/Volume%202/V2-35.pdf](http://dminas.ist.utl.pt/OG2008/Congresso%20Geotecnia%20(resumos)/Congresso_Actas%20(D)/Volume%202/V2-35.pdf)>. Acesso em: 08 jan. 2009.

SANTANA, T.; LAMAS, P. Computational tools for teaching graduate courses in geotechnical engineering. ICEE 2007, Coimbra, Portugal, 2007. Disponível em: <<http://icee2007.dei.uc.pt/proceedings/papers/388.pdf>>. Acesso em: 08 jan. 2009.

SANTORO, F.M. et al. Ambientes de aprendizagem do futuro: teoria e tecnologia para cooperação. XIII Simpósio Brasileiro de Informática e Educação - SBIE 2002, 2002. (CD-ROM)

SANTOS, N. **Avaliação de cursos virtuais**. Notas de Aula. Curso de Especialização em Gestão da Educação a Distância. Juiz de Fora: UFJF, 2003.

SANTOS, N. **Desenvolvimento de software educacional**. Notas de Aula. 1999. Disponível em: < [http://www.ime.uerj.br/~neide/Des\\_Soft.html](http://www.ime.uerj.br/~neide/Des_Soft.html)>. Acesso em: 17 jan. 2008.

SANTOS, N. Estado da arte em espaços virtuais de ensino e aprendizagem. **Revista Brasileira de Informática na Educação**. n. 4, p. 75- 94, abr. 1999a.

SCHAEFERMEYER, S. **Standards for instructional computing software design and development**. NJ: Educational technology, 1990.

SILVA, L.C. **O computador na prática pedagógica com realce para a educação especial**. Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico do Porto - Escola Superior de Educação, Porto, 1998.

SKINNER, B.F. **Ciência e comportamento humano**. SP: Martins Fontes, 2003

SOUZA, C.S., et al. Projeto de interfaces de usuário: perspectivas cognitiva e semiótica. Anais da Jornada de Atualização em Informática, XIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. RJ, 1999. Disponível em <<http://www.dimap.ufrn.br/~jair/piu/index.html>>. Acesso em: 11 dez. 2008.

SPURLIN, J.E. Technology and learning: defining what you want to assess. EDUCAUSE Learning Initiative, 2006. Disponível em: <<http://net.educause.edu/ir/library/pdf/ELI3005.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2008.

STAHL, M.M. Software educacional: características dos tipos básicos. In: Anais do I Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. Vol. 1, pp. 34-46. Rio de Janeiro: SBC, 1990.

TERZAGHI, K.; PECK, R.B. **Mecânica dos solos na prática da engenharia**, RJ: Ao Livro Técnico, 1962.

THOMPSON, L.A. & TOLL, D.G. I like this but... student evaluations of computer assisted learning materials, Habitat, Cardiff: CTI Centre for the Built Environment, Vol. Issue3, pp. 17-19, 1997.

TOLL, D. Environmental geotechnics and geosynthetics. **Ground Engineering**, p. 22-24, 1993. Disponível em: <<http://www.dur.ac.uk/d.g.toll//mtgs/mtgs93.html>>. Acesso em: 30 dez. 2008.

TYLER, L.E. **Testes e medidas**. 2 ed., RJ: Zahar Editores, 1973.

VALENTE, J.A. **Computadores e conhecimentos**: repensando a educação. Campinas, SP: Unicamp/Nied, 1993.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos**. SP: McGraw-Hill, 1977.

VICCARI, R.M. **Um tutor inteligente para a programação em lógica**: idealização, projecto e desenvolvimento. Tese de doutorado. Coimbra: UC, 1989.

VYGOTSKY, L.S. **Pensamento e linguagem**: psicologia e pedagogia. SP: Martins Fontes, 1989.

WILEY, D.A. Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy. 2000a. Disponível em: <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>. Acesso em: 11 jul. 2008.

WILEY, D.A. Learning objects and the new CAI: So what do I do with a learning object? 1999. Disponível em: <<http://wiley.ed.usu.edu/docs/instruct-arch.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2008.

WILEY, D.A. **Learning object design and sequencing theory**. Tese de Doutorado. Provo, USA: Brigham Young University, 2000.

WINCKLER, M. *Avaliação de sites web*. In: IV Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais. Florianópolis: Anais IHC, 2001.

WYATT, T. R. et al. Assessment of a virtual laboratory for geotechnical engineering, ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, 1999. Disponível em: <<http://www.succeed.ufl.edu/papers/99/00025.pdf>>. Acesso em: 29 dez. 2008.

YOSHIDA, E. O ano da infra-estrutura. Anuário de Infra-estrutura. Portal EXAME, 15 nov. 2007. Disponível em: <[http://portalexame.com.br/static/aberto/infraestrutura/edicoes\\_2007/m0143152.html](http://portalexame.com.br/static/aberto/infraestrutura/edicoes_2007/m0143152.html)>. Acesso em: 26 jan. 2009.

YUEN, S.T.S. et al. Collaborative development of multimedia courseware in geotechnical engineering education. Proceedings of the 2005 Australasian Association for Engineering Education /AaeE 4th Global Colloquium on Engineering Education, Paper 68, 2005. Disponível em:

<[www.aeee.com.au/conferences/papers/2005/Paper/Paper68.pdf](http://www.aeee.com.au/conferences/papers/2005/Paper/Paper68.pdf)>. Acesso em: 05 jan. 2009.

YUEN, S.T.S. & NAIDU, S. Using multimedia to close the gap between theory and practice in engineering education. **Int. J. Engng Ed**, v. 23, n. 3, p. 536-544, 2007.

## **BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA**

ABNT. **NBR 13596**: tecnologia de informação - avaliação de produto de software: características de qualidade e diretrizes para o seu uso, 1996.

ABNT. **NBR ISO/IEC 9126-1**: engenharia de software - qualidade de produto, 2003.

ABNT. **NBR ISO/IEC 14598-1**: tecnologia de informação - avaliação de produto de software, parte 1: visão geral, 2001.

ABREU, M.C.; MASETTO, M.T. **O professor universitário em aula**. SP: Mg Editores Associados, 1990.

ALMEIDA, G.C.P. Planilhas de cálculo no laboratório de solos: meio de aprendizagem e instrumento de trabalho. Disponível em: <<http://www.geotecnia.ufjf.br/PLANIL~1.PRN.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2008.

ALMEIDA, G.C.P.; FERREIRA, R.S. Metodologia para o uso de novas mídias no aprendizado geotécnico. In: IV Congresso de Engenharia Civil da UFJF, v. 2, p. 1233-1245, Juiz de Fora: UFJF, 2000.

ALMEIDA, M.A.F. **Aprender, atividade inteligente: e se esta inteligência for parcialmente artificial**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC, 1999.

ALVES, J.C. Metodologia para avaliação de software de autoria como uma ferramenta computacional para auxílio no desenvolvimento de conteúdos didático-pedagógicos. 2004. Disponível em: <<http://www.cefetpi.br/eventos/infocefet/paginas/2004/arquivos/artigos/5.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2008.

ALVES-MAZZOTI, A.J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências sociais e naturais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. SP: Pioneira Thomson Learning, 2002.

ANASTASI, A. **Testes Psicológicos: teoria e aplicação**, SP: EDUSP, 1976.

ARQUETE, D.A.R. **Ensino-aprendizagem de cinética de processos bioquímicos mediado por computador**. Dissertação de Mestrado. Viçosa: UFV, 2003.

AZEVEDO, S. L. Um sistema especialista para escolha do tipo de fundações. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n.1, p. 77-86, nov., 2000.

AZIZI, F. **Applied analyses in geotechnics**. London: E & FN Spon, 2000.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BARIANI, I.C.D. Psicologia escolar e educacional no ensino superior: análise da produção científica. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 8, n.1, p.17-27, 2004.

BATES, B.; LEARY, J. Supporting a range of learning styles using a taxonomy-based design framework approach. Disponível em: <<http://www.ascilite.org.au/Conferences/melbourne01/pdf/papers/batesb.pdf>>. Acesso em: 29 dez. 2008.

BETIOL, A.H. **Avaliação de usabilidade de telefones celulares: um estudo comparativo para três abordagens para testes de usabilidade**. Tese de Doutorado. Florianópolis: UFSC, 2004

BLAYE, A. et al. Joint planning and problem solving on a computer-based task. **British Journal of Developmental Psychology** 9:471-483, 1991.

BOFF, E. & REATEGUI, E. A importância do processo de avaliação de software educativo. Disponível em: <<http://ccet.ucs.br/dein/nase/snte2005.PDF>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

BOOTH, W.C. et al. **A arte da pesquisa**. 2 ed. SP: Martins Fontes, 2005.

BORDENAVE, J.D.; PEREIRA, A.M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. 16 ed. Petrópolis: Vozes, 1995.

BOWLES, J. E. **Foundation Analysis and Design**. NY: McGraw-Hill, 1968.

BRAUDE, E.J. **Software engineering: an object-oriented perspective**. NY: John Wiley & Sons, 2001.

CABRAL, T.C.B. Ensino e aprendizagem de matemática na engenharia e o uso de tecnologia. 2005. Disponível em:  
<[http://www.cinted.ufrgs.br/renote/nov2005/artigosrenote/a34\\_engenharia.pdf](http://www.cinted.ufrgs.br/renote/nov2005/artigosrenote/a34_engenharia.pdf)>. Acesso em: 11 jun. 2008.

CAMPOS, D.M.S. **Psicologia da aprendizagem**. 35 ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

CAMPOS, G.H.B. **Construção e validação de ficha de avaliação de produtos educacionais para microcomputadores**. Dissertação de Mestrado. RJ: UFRJ, 1989.

CAMPOS, M.L.A. **A organização de unidades do conhecimento em hiperdocumentos: o modelo conceitual como um espaço comunicacional para realização da autoria**. Tese de Doutorado. RJ: UFRJ, 2001.

CASAS, L.A.A. **Contribuições para a modelagem de um ambiente inteligente de educação baseado em realidade virtual**. Tese de Doutorado. Florianópolis: UFSC, 1999.

CASTANHO, S.; CASTANHO, M.E.L.M. (Org.), **O que há de novo na educação superior: do projeto pedagógico à prática transformadora**. SP: Papirus, 2000.

CATTANI, A. **Recursos informáticos e telemáticos como suporte para formação e qualificação de trabalhadores da Construção Civil**. Tese de Doutorado. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. SP: Cortez, 1991.

CORNELL, G.; STRAIN, T. **Delphi: segredos e soluções**. SP: Makron Books, 1996.

CYBIS, W.A. **A identificação dos objetos de interfaces homem-computador e de seus atributos ergonômicos**. Tese de Doutorado. Florianópolis: UFSC, 1994.

DEMO, P. **Educar pela pesquisa**. 2 ed. Campinas, SP: Autores Associados, 1997.

DEPRESBITERIS, L. **O desafio da avaliação da aprendizagem**: dos fundamentos a uma proposta inovadora. SP: USP, 1989.

DIAS, P. Hipertexto, hipermedia e media do conhecimento: representação distribuída e aprendizagens flexíveis e colaborativas na web. **Revista Portuguesa de Educação**, 2000. Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/374/37413107.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2008.

DIAS, T.C. **Auto-avaliação institucional no ensino superior**: uma análise comparativa do processo realizado em uma instituição pública e em uma instituição privada. Dissertação de Mestrado. Viçosa: UFV, 2007

FERREIRA, A.B.H. **Novo dicionário da língua portuguesa**. RJ: Nova Fronteira, 1986.

FISCHER, J.; TAFNER, M. A. A utilização do computador no processo ensino-aprendizagem. **Dois Pontos**. v. 4, n. 36, p. 86-89, jan. 1998.

GAMEZ, L. **A construção da coerência em cenários pedagógicos online**: uma metodologia para apoiar a transformação de cursos presenciais que migram para a modalidade de educação a distância. Tese de Doutorado. Florianópolis: UFSC, 2004.

GIRAFFA, L.M.M. **Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais**. Tese de Doutorado. Porto Alegre: UFRGS, 1999.

GLADCHEFF, A.P. et al. Um instrumento para avaliação da qualidade de softwares educacionais de matemática para o ensino fundamental. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/dcc/posgrad/teses/anapaula/artigoWIE.PDF>>. Acesso em: 12 jan. 2008.

GUEDES, C.L. **A educação através do Design: desenvolvimento de um projeto cooperativo com recursos da informática**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC, 2002.

HAYDT, R.C.C. **Avaliação do processo ensino-aprendizagem**. SP: Ática, 1988.

HAYDT, R.C.C. **Curso de didática geral**. 7 ed. SP: Ática, 2001.

HIROTA, E.H. **Desenvolvimento de competências para a introdução de inovações gerenciais na construção através da aprendizagem na ação**. Tese de Doutorado. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

KOPKE, R.C.M. **Geometria, desenho, escola e transdisciplinaridade: abordagens possíveis para a educação**. Tese de doutorado. RJ: UFRJ, 2006.

LEITE, L.; AFONSO, A.S. Aprendizagem baseada na resolução de problemas. Disponível em: <[http://www.enciga.org/boletin/48/boletin48\\_41.pdf](http://www.enciga.org/boletin/48/boletin48_41.pdf)>. Acesso em: 29 dez. 2008.

LÉVY, P. **Cibercultura**. RJ: Ed. 34, 1999.

LIBRANTZ, A.F.H. et. al. Desenvolvimento de software educativo para auxiliar na detecção de possíveis desvios de aprendizagem. 2006. Disponível em: <<http://www.uninove.br/ojs/index.php/exacta/article/viewFile/699/644>>. Acesso em: 10 jan. 2008.

LIMA, M. J. C. P. A. **Prospecção Geotécnica do Subsolo**. RJ: LTC, 1980.

LINDEMAN, R.H. **Medidas educacionais**. Porto Alegre: Globo, 1974.

LOTT, A. Projetos de trabalho - reflexão sobre a prática pedagógica. **Amae Educando**. Ano 35, n. 307, p. 46, mai. 2002.

MARTINS, J.G. **Aprendizagem baseada em problemas aplicada a ambiente virtual de aprendizagem**. Tese de doutorado. Florianópolis: UFSC, 2003.

MASETTO, M.T. **Professor universitário, um profissional da educação na atividade docente**. Docência na universidade. Campinas: Papirus, 1998.

MEDEIROS, E.B. **Provas objetivas: técnicas de construção**. RJ: Fundação Getúlio Vargas, 1974.

MEDEIROS, M.A. **ISO 9241: uma proposta de utilização da norma para avaliação do grau de satisfação de usuários de software**. 1999. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC, 1999.

MENDES, R.Z. et al. A propriedade intelectual na elaboração de objetos de aprendizagem. Disponível em <<http://dici.ibict.br/archive/00000578>>. Acesso em: 21 jul. 2008.

MORAES, M.C. **O paradigma educacional emergente**. SP, Campinas: Papirus, 1998.

MORAN, J. M. Mudar a forma de ensinar e de aprender com tecnologia. Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/prof/moran/uber.htm>>. Acesso em: 29 dez. 2008.

MORANDINI, M. **Ergo-monitor**: monitoramento da usabilidade em ambiente Web por meio da análise de arquivos de Log. Tese de Doutorado. Florianópolis: UFSC, 2003.

MYNAIO, M.C.S. et al. **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. Petrópolis: Vozes, 2002.

NASCIMENTO, W.D. et al. Desenvolvimento de software interativo para apoiar o ensino do movimento de água nos solos. In: XXXVI Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. São Paulo: ABENGE, 2008. (CD-ROM)

NIELSEN, J. Quantitative studies: how many users to test? Alertbox, 2006. Disponível em: <[http://www.useit.com/alertbox/quantitative\\_testing.html](http://www.useit.com/alertbox/quantitative_testing.html)>. Acesso em: 25 abr. 2007.

NIELSEN, J. Why you only need to test with 5 users. Alertbox, 2000a. Disponível em: <<http://www.useit.com/alertbox/20000319.html>>. Acesso em: 25 abr. 2007.

PADILHA, A.V. **Usabilidade na Web**: uma proposta de questionário para avaliação do grau de satisfação de usuários do comércio eletrônico. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC, 2004.

PASSOS, F.J.V. et al. PVANet - Ambiente de apoio ao processo ensino-aprendizado. 2003.

PASSOS, F.V. et al. PVANet: ambiente educativo para o apoio na educação presencial e a distância. II Workshop de Tecnologia da Informação das IFES, 2008. Disponível em: <[http://www.iiwtiifes.ufrgs.br/trabalhos/TRAB10943\\_CPE55263\\_22\\_PVANet.pdf](http://www.iiwtiifes.ufrgs.br/trabalhos/TRAB10943_CPE55263_22_PVANet.pdf)>. Acesso em: 11 fev. 2009.

PAVEL, P. **Environnement distribué interactif pour l'apprentissage humain de la géométrie descriptive**. Tese de Doutorado. Le Mans, França: Université Du Maine, 1999.

PIAGET, J. **Para onde vai a educação**. Rio de Janeiro: J. Olympio, 1984.

PILETTI, C. **Didática Geral**. Rio de Janeiro: Ática, 1990.

PINTO, C.S. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

REGO, T.C. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. Petrópolis: Vozes, 1995.

RIBEIRO, C.O.S. **Bases pedagógicas e ergonômicas para a concepção e avaliação de produtos educacionais informatizados**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC, 1998.

RICHARD FELDER'S HOME PAGE. Resources in science and engineering education. Disponível em:  
<<http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/>>. Acesso em: 22 mai. 2008.

ROCHA, A.R.C. et al. **Qualidade de software: teoria e prática**. SP, Prentice Hall, 2001.

RODRIGUES, D.W.L. **Uma avaliação comparativa de interfaces homem-computador em programas de geometria dinâmica**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC, 2002.

RODRIGUES, M.H.W.L. **Da realidade à virtualidade, o pensamento visual como interface: contribuição das linguagens técnicas de representação da forma à educação**. Tese de doutorado. RJ: UFRJ, 1999.

SELLTIZ, C. et al. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. SP: EPU, 1987.

SEVERINO, A.J. **Metodologia do trabalho científico**. 22 ed. SP: Cortez, 2002.

SILVA, C.R.O. **MAEP**: um método ergopedagógico interativo de avaliação para produtos educacionais informatizados. Tese de Doutorado. Florianópolis: UFSC, 2002.

SILVA, H.P. et al. Desenvolvimento de ferramentas interativas para apoiar o ensino de permeabilidade dos solos. In: Anais, XVII SIC/VII SIMPÓS/V SEU/I SE, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Volume 1, pág. 1, 2007. (CD-ROM).

SILVEIRA, M.S. **Metacomunicação designer-usuário na interação humano-computador: design e construção do sistema de ajuda**. Tese de Doutorado. RJ: PUC, 2002.

SOARES, L.S. **Obtenção de requisitos para customização de processo de desenvolvimento de software**. Dissertação de Mestrado. Viçosa: UFV, 2007.

SOUZA, P.C. **Diretrizes para a construção de mediadores sócioconstrutivistas em sistemas de aprendizagem colaborativa apoiada por computador**. Tese de Doutorado. Florianópolis: UFSC, 2003.

TAJRA, S.F. **Informática na educação**: novas ferramentas pedagógicas para o professor da atualidade. SP: Érica, 2002.

TARDIF, M.; LESSARD, C. **O trabalho docente**: elementos para uma teoria da docência como profissão de interações humanas. Petrópolis: Vozes, 2005.

TRIVIÑOS, A.N.S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. SP: Atlas, 1987.

VEIGA, I.P.A. (Coord.) **Técnicas de ensino**: Por que não. 13 ed. Campinas, SP: Papirus, 2002.

VIEIRA, F.M.S. Avaliação de software educativo: reflexões para uma análise criteriosa. 1999. Disponível em:  
<<http://www.edutec.net/Textos/Alia/MISC/edmagali2.htm>>. Acesso em: 17 jan. 2008.

VILAR, O.M.; BUENO, B.S. **Mecânica dos solos**. Viçosa: UFV, 1980.

VILAR, O.M.; BUENO, B.S. **Mecânica dos solos**. SP: USP, 1985.

VYGOTSKY, L.S. **A formação social da mente**. SP: Martins Fontes, 1991.

WAAL, P. et. al. **Tecnologia e aprendizagem**: tópicos de integração. SP: Práxis, 2006.





WOLYNEC, E. Ensino centrado no aluno. 2008. Disponível em:  
<<http://www.techne.com.br/artigos/Ensino%20centrado%20no%20aluno.pdf>>.  
Acesso em: 12 mar. 2008.

**ANEXOS**

## ANEXO 1

### Modelo de questionário adotado para qualificar o software educacional interativo (SEI) quanto à “Usabilidade”

TABELA A1.1 - Avaliação da Usabilidade.

<b>USABILIDADE DO SOFTWARE</b> Critérios ↓	 Satisfaz completa- mente	 Satisfaz	Não se aplica	 Satisfaz com restrições	 Não satisfaz
1. Facilidade de uso (auto-explicativo)					
2. Facilidade de se localizar no programa					
3. Clareza dos comandos					
4. Informações suficientes					
5. Existência de recursos motivacionais					
6. Uso de figuras ilustrativas					
7. Uso de cores					
8. Uso de recursos sonoros					
9. Facilidade de leitura na tela					
10. Facilidade de mudança de tela					

O objetivo deste questionário fechado foi o de avaliar, do ponto de vista tecnológico, as formas de uso do software durante as fases de leitura, interação e navegação. Visou identificar as possibilidades de refinamento do código para amenizar o seu uso, segundo os critérios discriminados a seguir:





1. *Facilidade de uso*: é a característica do software de permitir que o usuário, já na primeira vez de uso, entenda os comandos básicos do programa e as opções de navegação para chegar a um local desejado.
2. *Facilidade de localização*: o usuário deve ter facilidade de retornar a uma locação prévia.
3. *Clareza dos comandos*: é a característica do software de possuir ícones e/ou comandos que esclareçam as instruções de navegação.

4. *Recursos motivacionais*: é a característica do software de possuir elementos que despertem o interesse do usuário para usá-lo.
5. *Informações suficientes*: é a característica do software de possuir as informações necessárias e suficientes para que o usuário compreenda a funcionalidade das telas.
6. *Figuras ilustrativas*: é a característica do software de possuir ilustrações adequadas ao seu conteúdo.
7. *uso de cores*: é a característica do software de fazer uso de um jogo de cores a fim de chamar a atenção e obter melhor compreensão de seu conteúdo.
8. *Recursos sonoros*: é a característica do software de usar recursos sonoros para melhor atingir os objetivos pedagógicos ao realçar eventos do software.
9. *Leitura na tela*: é a característica do software de possuir telas claras, com textos distribuídos de forma adequada à leitura.
10. *Mudança de tela*: é a característica do software de permitir a passagem de uma tela à outra com rapidez suficiente.

## ANEXO 2

### Modelo de questionário adotado para se qualificar o software educacional interativo (SEI) quanto à “Confiabilidade Educacional”

TABELA A2.1 – Avaliação da Confiabilidade Educacional.

CONFIABILIDADE EDUCACIONAL Critérios ↓	 Satisfaz completamente	 Satisfaz	Não se aplica	 Satisfaz com restrições	 Não satisfaz
1. Adequação aos objetivos educacionais					
2. Adequação ao conteúdo programático					
3. Adequação ao nível do usuário					
4. Facilidade de achar informações úteis					
5. Ausência de erros					
6. Quantidade de textos					
7. Qualidade dos textos					
8. Quantidade de exercícios interativos					
9. Qualidade dos exercícios interativos					
10. Retro alimentação indicando acertos e erros					

O objetivo deste questionário fechado foi o de avaliar o software, do ponto de vista pedagógico, para adequá-lo ao contexto educacional. Visou identificar as possibilidades de refinamento do código e com isso, motivar o seu uso, segundo os critérios discriminados a seguir:

1. *Adequação aos objetivos educacionais:* é a verificação da adequação do software aos objetivos educacionais da disciplina.
2. *Adequação ao conteúdo programático:* é a verificação da adequação do software ao conteúdo programático da disciplina.
3. *Adequação ao nível do usuário:* é a característica do software em conter um conjunto de informações adequado ao nível e interesse do usuário.





4. *Facilidade de achar informações úteis*: é a característica do software em deixar o usuário livre para se mover entre as informações de acordo com suas necessidades e interesse.
5. *Ausência de erros*: é a característica do software em não conter erros, sejam eles gramaticais, ortográficos, numéricos e/ou de conteúdo.
6. *Quantidade de textos*: é a característica do software em possuir uma quantidade adequada de textos tal que motive sua leitura.
7. *Qualidade dos textos*: é a característica do software em possuir textos suficientes e necessários para atingir os objetivos educacionais e o conteúdo programático planejado.
8. *Quantidade de exercícios*: é a característica do software em possuir uma quantidade adequada de exercícios tal que motive sua resolução.
9. *Qualidade dos exercícios*: é a característica do software em possuir exercícios suficientes e necessários para atingir os objetivos educacionais e o conteúdo programático planejado.
10. *Feedback*: é a característica do software em indicar os acertos e erros do usuário, também chamado de retro-alimentação.

### ANEXO 3

#### Levantamento de dados, realizado junto aos docentes, relativo à segunda etapa da avaliação

As TABELAS A3.1 E A3.2 apresentam o levantamento de dados, realizado junto aos docentes, relativo à segunda etapa de avaliação da pesquisa. A primeira coluna indica o índice de aceitação sem restrições do usuário segundo o critério discriminado na segunda coluna. Este resultado é a soma do percentual das colunas 3 e 4. Os valores em torno de 50% ou abaixo disso são indicadores de possíveis pontos de refinamento no software.





TABELA A3.1 - Avaliação da Usabilidade - Docentes.

Acei- tação (%)	USABILIDADE DO SOFTWARE Critérios ↓	 Satisfaz completa- mente	 Satisfaz	Não se aplica	 Satisfaz com restrições	 Não satisfaz
100	1. Facilidade de uso (auto-explicativo)	25 %	75 %			
100	2. Facilidade de se localizar no programa	100 %				
100	3. Clareza dos comandos	100 %				
75	4. Informações suficientes		75 %		25 %	
100	5. Existência de recursos motivacionais	50 %	50 %			
100	6. uso de figuras ilustrativas	100 %				
100	7. Uso de cores	75 %	25 %			
50	8. Uso de recursos sonoros	50 %		25 %		25 %
100	9. Facilidade de leitura na tela	75 %	25 %			
100	10. Facilidade de mudança de tela	100 %				

**Nota:** Avaliação realizada por quatro professores (1 da UFOP, 1 da UFJF e 2 da UFV).

Segundo o levantamento apresentado na TABELA A3.1, o grau de satisfação dos docentes em relação à Usabilidade é de 95%.

TABELA A3.2 – Avaliação da Confiabilidade Educacional - Docentes.

Acei- tação (%)	CONFIABILIDADE EDUCACIONAL Critérios ↓	 Satisfaz completa- mente	 Satisfaz	Não se aplica	 Satisfaz com restrições	 Não satisfaz
100	1. Adequação aos objetivos educacionais	50 %	50 %			
100	2. Adequação ao conteúdo programático	75 %	25 %			
100	3. Adequação ao nível do usuário	75 %	25 %			
100	4. Facilidade de achar informações úteis		100 %			
100	5. Ausência de erros	50 %	50 %			
75	6. Quantidade de textos	25 %	50 %		25 %	
100	7. Qualidade dos textos	50 %	50 %			
100	8. Quantidade de exercícios interativos	75 %	25 %			
100	9. Qualidade dos exercícios interativos	75 %	25 %			
75	10. Retro alimentação indicando acertos e erros	50 %	25 %		25 %	

**Nota:** Avaliação realizada por quatro professores (1 da UFOP, 1 da UFJF e 2 da UFV).





Segundo o levantamento apresentado na TABELA A3.2, o grau de satisfação dos docentes em relação à Confiabilidade Educacional é de 100%.

## ANEXO 4

### Levantamento de dados, realizado junto aos doutorandos, relativo à segunda etapa da avaliação

As TABELAS A4.1 E A4.2 apresentam o levantamento de dados, realizado junto ao alunos doutorandos em Engenharia Civil da UFV, relativo à segunda etapa de avaliação da pesquisa. A primeira coluna indica o índice de aceitação sem restrições do usuário segundo o critério discriminado na segunda coluna. Este resultado é a soma do percentual das colunas 3 e 4. Os valores em torno de 50% ou abaixo disso são indicadores de possíveis pontos de refinamento no software.





TABELA A4.1 – Avaliação da Usabilidade - Doutorandos.

Acei- tação (%)	USABILIDADE DO SOFTWARE Critérios ↓	 Satisfaz completa- mente	 Satisfaz	Não se aplica	 Satisfaz com restrições	 Não satisfaz
83	1. Facilidade de uso (auto-explicativo)	16 %	67 %		17 %	
67	2. Facilidade de se localizar no programa	67 %			33 %	
100	3. Clareza dos comandos	67 %	33 %			
83	4. Informações suficientes	16 %	67 %		17 %	
83	5. Existência de recursos motivacionais	33 %	50 %		17 %	
67	6. uso de figuras ilustrativas		67 %		16 %	17 %
67	7. Uso de cores		67 %		33 %	
50	8. Uso de recursos sonoros		16,5 %	67 %		16,5 %
100	9. Facilidade de leitura na tela	67 %	33 %			
100	10. Facilidade de mudança de tela	33 %	67 %			

**Nota:** Avaliação realizada por seis alunos de doutorado.

Segundo o levantamento apresentado na TABELA A4.1, o grau de satisfação dos doutorandos em relação à Usabilidade é de 95%.

TABELA A4.2 – Avaliação da Confiabilidade Educacional - Doutorandos.

Acei- tação (%)	CONFIABILIDADE EDUCACIONAL Critérios ↓	 Satisfaz completa- mente	 Satisfaz	Não se aplica	 Satisfaz com restrições	 Não satisfaz
100	1. Adequação aos objetivos educacionais	17 %	83 %			
50	2. Adequação ao conteúdo programático		50 %		50 %	
100	3. Adequação ao nível do usuário	50 %	50 %			
83	4. Facilidade de achar informações úteis	16 %	67 %		17 %	
67	5. Ausência de erros	33 %	34 %		33 %	
67	6. Quantidade de textos	17 %	50 %		33 %	
100	7. Qualidade dos textos	17 %	83 %			
67	8. Quantidade de exercícios interativos	17 %	50 %		33 %	
100	9. Qualidade dos exercícios interativos	50 %	50 %			
100	10. Retro alimentação indicando acertos e erros	67 %	33 %			

**Nota:** Avaliação realizada por seis alunos de doutorado.





Segundo o levantamento apresentado na TABELA A4.2, o grau de satisfação dos docentes em relação à Confiabilidade Educacional é de 95%.

## ANEXO 5

### Levantamento de dados, realizado junto aos formandos, relativo à segunda etapa da avaliação

As TABELAS A5.1 E A5.2 apresentam o levantamento de dados, realizado junto aos formandos em Engenharia Civil da UFV, relativo à segunda etapa de avaliação da pesquisa. A primeira coluna indica o índice de aceitação sem restrições do usuário segundo o critério discriminado na segunda coluna. Este resultado é a soma do percentual das colunas 3 e 4. Os valores em torno de 50% ou abaixo disso são indicadores de possíveis pontos de refinamento no software.





TABELA A5.1 – Avaliação da Usabilidade - Formandos.

Acei- tação (%)	USABILIDADE DO SOFTWARE Critérios ↓	 Satisfaz completa- mente	 Satisfaz	Não se aplica	 Satisfaz com restrições	 Não satisfaz
100	1. Facilidade de uso (auto-explicativo)	80 %	20 %			
100	2. Facilidade de se localizar no programa	60 %	40 %			
100	3. Clareza dos comandos	40 %	60 %			
100	4. Informações suficientes	20 %	80 %			
100	5. Existência de recursos motivacionais	100 %				
100	6. uso de figuras ilustrativas	80 %	20 %			
100	7. Uso de cores	20 %	80 %			
100	8. Uso de recursos sonoros	20 %	20 %	60 %		
80	9. Facilidade de leitura na tela	40 %	40 %		20 %	
100	10. Facilidade de mudança de tela	60 %	40 %			

**Nota:** avaliação realizada por cinco alunos formandos em dezembro de 2008.

Segundo o levantamento apresentado na TABELA A5.1, o grau de satisfação dos doutorandos em relação à Usabilidade é de 100%.

TABELA A5.2 – Avaliação da Confiabilidade Educacional - Formandos.

Acei- tação (%)	<b>CONFIABILIDADE EDUCACIONAL</b> Critérios ↓	 <b>Satisfaz completa- mente</b>	 <b>Satisfaz</b>	<b>Não se aplica</b>	 <b>Satisfaz com restrições</b>	 <b>Não satisfaz</b>
100	1. Adequação aos objetivos educacionais	100 %				
100	2. Adequação ao conteúdo programático	100 %				
100	3. Adequação ao nível do usuário	80 %	20 %			
100	4. Facilidade de achar informações úteis	40 %	60 %			
100	5. Ausência de erros	60 %	40 %			
80	6. Quantidade de textos	60 %	20 %		20 %	
100	7. Qualidade dos textos	60 %	40 %			
100	8. Quantidade de exercícios interativos	80 %	20 %			
100	9. Qualidade dos exercícios interativos	80 %	20 %			
100	10. Retro alimentação indicando acertos e erros	60 %	40 %			

**Nota:** avaliação realizada por cinco alunos formandos em dezembro de 2008.





Segundo o levantamento apresentado na TABELA A5.2, o grau de satisfação dos docentes em relação à Confiabilidade Educacional é de 100%.

## ANEXO 6

### Levantamento de dados, realizado junto aos alunos da turma CIV 332, relativo à segunda etapa da avaliação

As TABELAS A6.1 E A6.2 apresentam o levantamento de dados, realizado junto aos alunos da disciplina *CIV 332 Mecânica dos Solos 1* do DEC/UFV, relativo à segunda etapa de avaliação da pesquisa. A primeira coluna indica o índice de aceitação sem restrições do usuário segundo o critério discriminado na segunda coluna. Este resultado é a soma do percentual das colunas 3 e 4, cujos valores em torno de 50% ou abaixo disso são indicadores de possíveis pontos de refinamento no software.





TABELA A6.1 – Avaliação da Usabilidade - CIV 332.

Accei- tação (%)	USABILIDADE DO SOFTWARE Critérios ↓	 Satisfaz completa- mente	 Satisfaz	Não se aplica	 Satisfaz com restrições	 Não satisfaz
100	1. Facilidade de uso (auto-explicativo)	90 %	10 %			
100	2. Facilidade de se localizar no programa	90 %	10 %			
90	3. Clareza dos comandos	80 %	10 %		10 %	
100	4. Informações suficientes	70 %	30 %			
100	5. Existência de recursos motivacionais	50 %	50 %			
100	6. uso de figuras ilustrativas	90 %	10 %			
100	7. Uso de cores	70 %	30 %			
0	8. Uso de recursos sonoros			70 %		30 %
100	9. Facilidade de leitura na tela	70 %	30 %			
100	10. Facilidade de mudança de tela	50 %	50 %			

**Nota:** Total de respondentes = 10;

Segundo o levantamento apresentado na TABELA A6.1, o grau de satisfação dos doutorandos em relação à Usabilidade é de 90%.

TABELA A6.2 – Avaliação da Confiabilidade Educacional - CIV 332.

Acei- tação (%)	<b>CONFIABILIDADE EDUCACIONAL</b> Critérios ↓	 Satisfaz completa- mente	 Satisfaz	Não se aplica	 Satisfaz com restrições	 Não satisfaz
100	1. Adequação aos objetivos educacionais	80 %	20 %			
100	2. Adequação ao conteúdo programático	80 %	20 %			
90	3. Adequação ao nível do usuário	60 %	30 %		10 %	
100	4. Facilidade de achar informações úteis	50 %	50 %			
70	5. Ausência de erros	30 %	40 %		30 %	
100	6. Quantidade de textos	30 %	70 %			
100	7. Qualidade dos textos	40 %	60 %			
100	8. Quantidade de exercícios interativos	80 %	20 %			
100	9. Qualidade dos exercícios interativos	60 %	40 %			
70	10. Retro alimentação indicando acertos e erros	50 %	20 %		30 %	

**Nota:** Total de respondentes = 10;





Segundo o levantamento apresentado na TABELA A6.2, o grau de satisfação dos docentes em relação à Confiabilidade Educacional é de 100%.

## ANEXO 7

### Levantamento de dados, realizado junto aos alunos da turma CIV 335, relativo à segunda etapa da avaliação

As TABELAS A7.1 E A7.2 apresentam o levantamento de dados, realizado junto aos alunos da disciplina *CIV 335 Elementos de Mecânica dos Solos* do DEC/UFV, relativo à segunda etapa de avaliação da pesquisa. A primeira coluna indica o índice de aceitação sem restrições do usuário segundo o critério discriminado na segunda coluna. Este resultado é a soma do percentual das colunas 3 e 4, cujos valores em torno de 50% ou abaixo disso são indicadores de possíveis pontos de refinamento no software.





TABELA A7.1 – Avaliação da Usabilidade - CIV 335.

Acei- tação (%)	USABILIDADE DO SOFTWARE Critérios ↓	 Satisfaz completa- mente	 Satisfaz	Não se aplica	 Satisfaz com restrições	 Não satisfaz
100	1. Facilidade de uso (auto-explicativo)	50 %	50 %			
100	2. Facilidade de se localizar no programa	75 %	25 %			
100	3. Clareza dos comandos	100 %				
100	4. Informações suficientes	75 %	25 %			
100	5. Existência de recursos motivacionais	75 %	25 %			
100	6. uso de figuras ilustrativas	100 %				
100	7. Uso de cores	75 %	25 %			
0	8. Uso de recursos sonoros			75 %		25 %
100	9. Facilidade de leitura na tela	75 %	25 %			
100	10. Facilidade de mudança de tela	75 %	25 %			

**Nota:** Total de respondentes = 4;

Segundo o levantamento apresentado na TABELA A7.1, o grau de satisfação dos doutorandos em relação à Usabilidade é de 90%.

TABELA A7.2 – Avaliação da Confiabilidade Educacional - CIV 335.

Acei- tação (%)	CONFIABILIDADE EDUCACIONAL Critérios ↓	 Satisfaz completa- mente	 Satisfaz	Não se aplica	 Satisfaz com restrições	 Não satisfaz
100	1. Adequação aos objetivos educacionais	50 %	50 %			
100	2. Adequação ao conteúdo programático	75 %	25 %			
100	3. Adequação ao nível do usuário	75 %	25 %			
100	4. Facilidade de achar informações úteis	75 %	25 %			
75	5. Ausência de erros	25 %	50 %	25		
100	6. Quantidade de textos	75 %	25 %			
100	7. Qualidade dos textos	100 %				
100	8. Quantidade de exercícios interativos	100 %				
100	9. Qualidade dos exercícios interativos	100 %				
100	10. Retro alimentação indicando acertos e erros	100 %				

Nota: Total de respondentes = 4;

Segundo o levantamento apresentado na TABELA A7.2, o grau de satisfação dos docentes em relação à Confiabilidade Educacional é de 100%.

## ANEXO 8

### Resultados comparativos dos critérios de Usabilidade do SEI

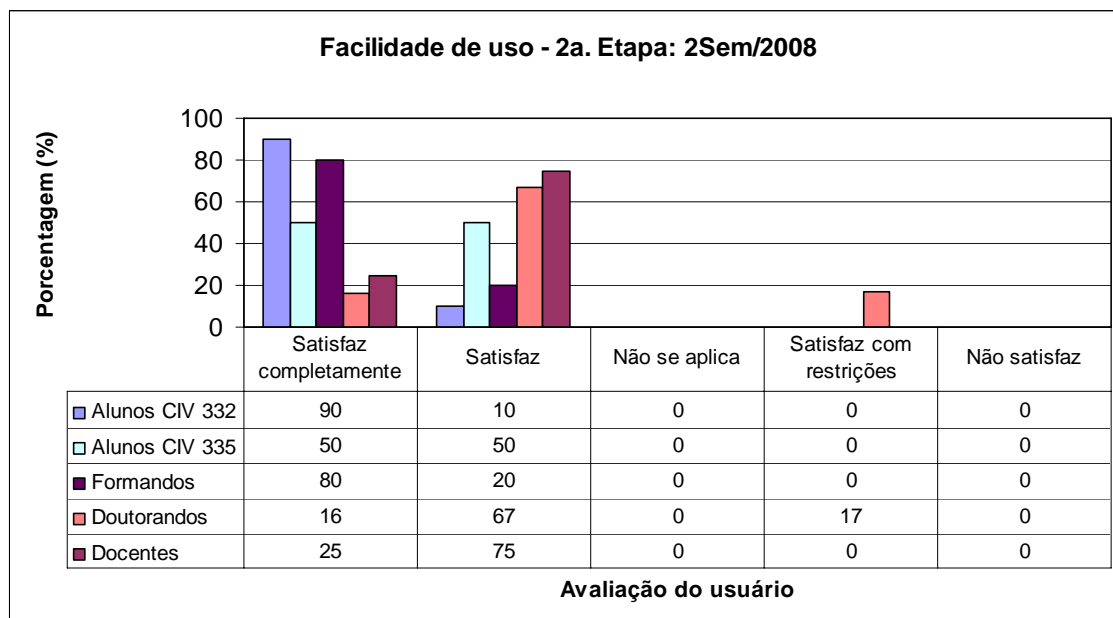


FIGURA A8.1 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Facilidade de uso”.

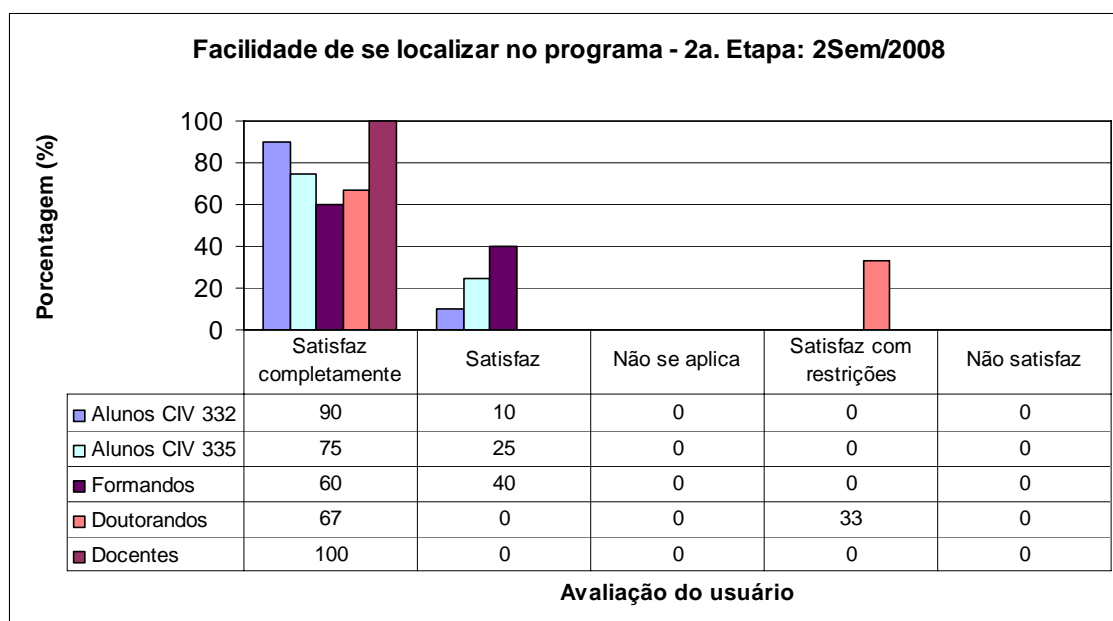


FIGURA A8.2 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Facilidade de se localizar no programa”.

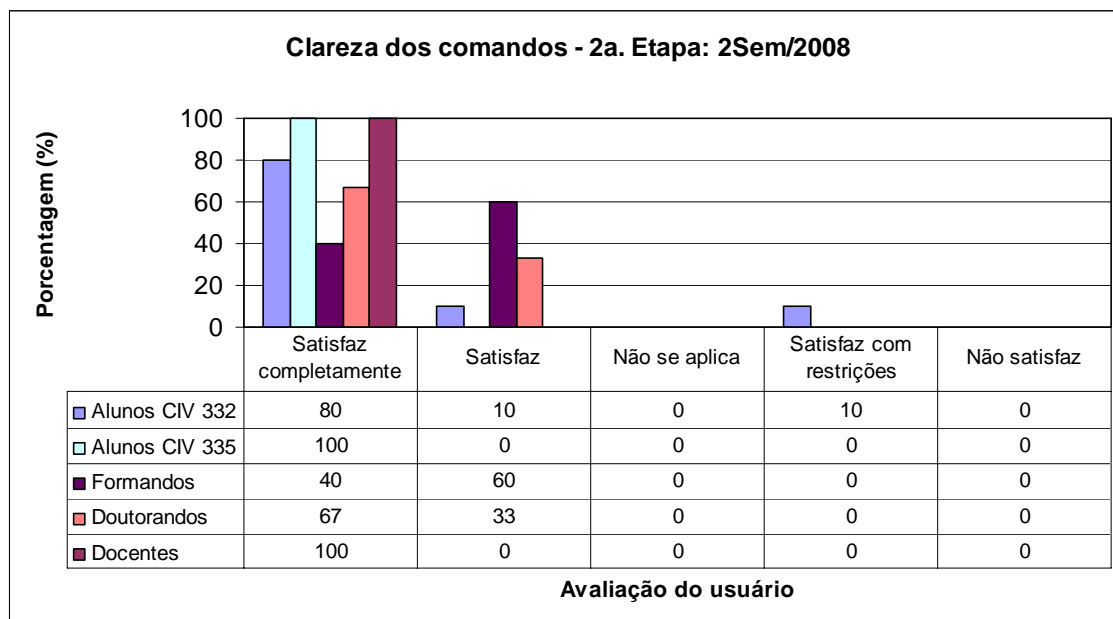


FIGURA A8.3 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério "Clareza dos comandos".

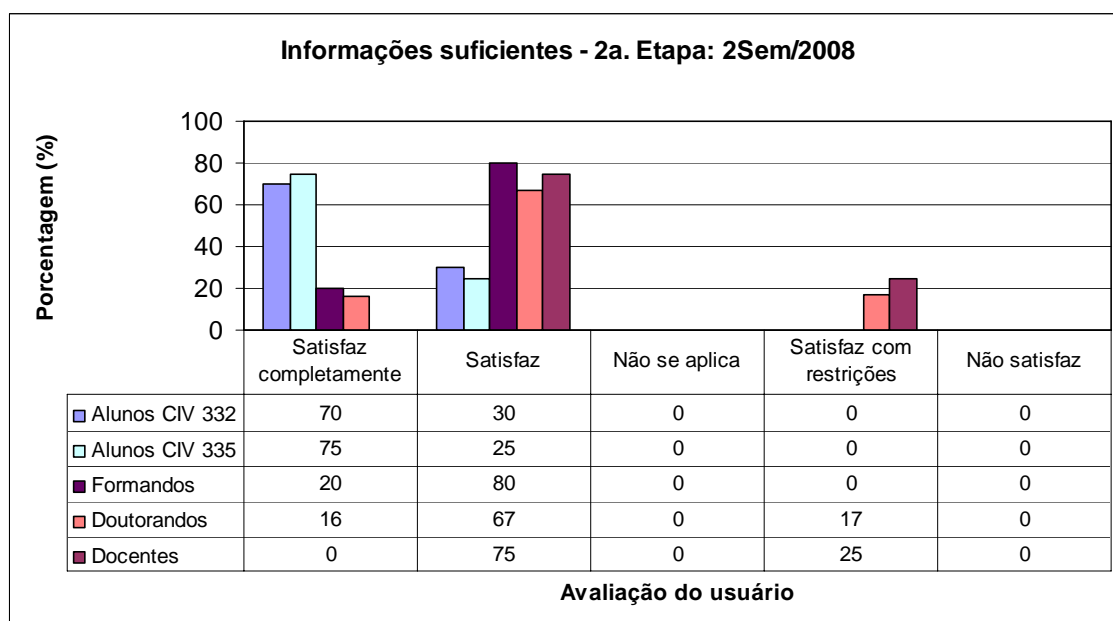


FIGURA A8.4 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério "Informações suficientes".

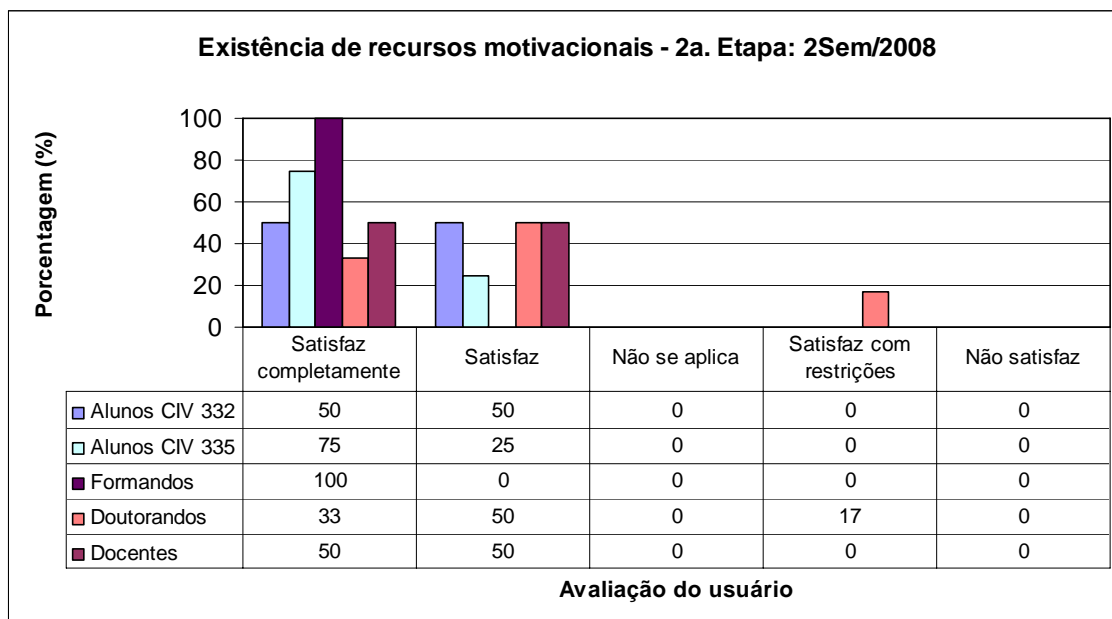


FIGURA A8.5 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério "Existência de recursos motivacionais".

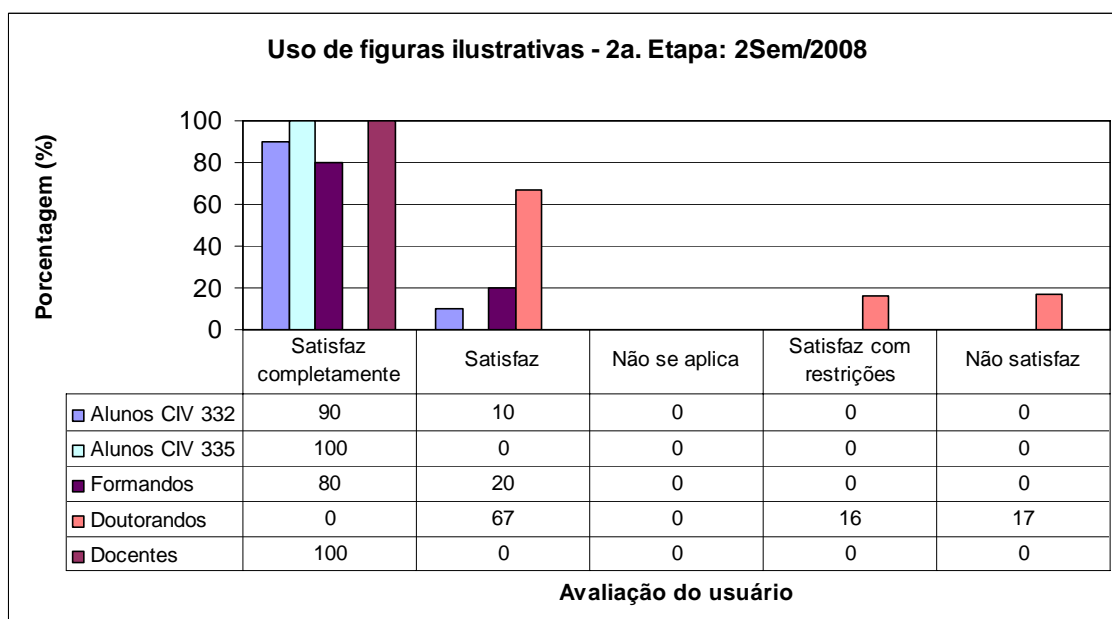


FIGURA A8.6 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério "Uso de figuras ilustrativas".

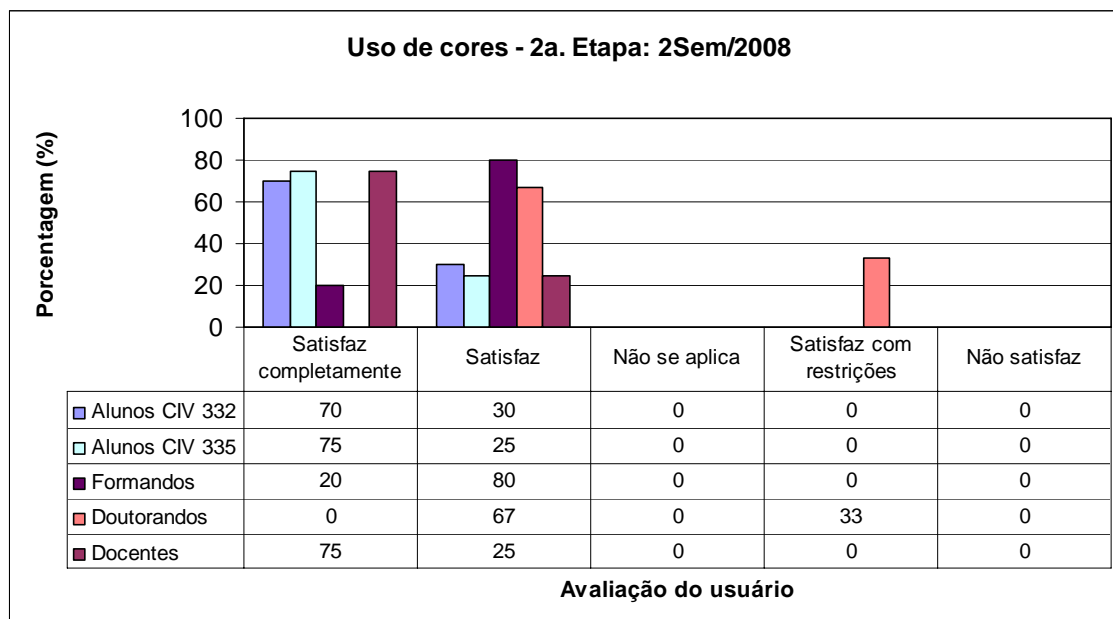


FIGURA A8.7 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Uso de cores”.

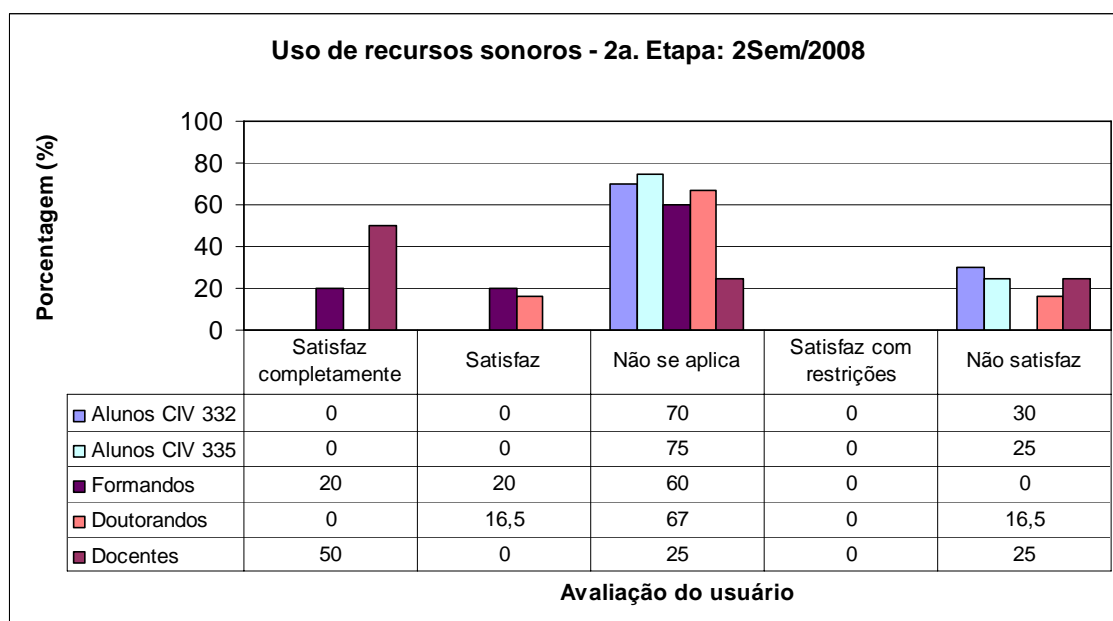


FIGURA A8.8 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Uso de recursos sonoros”.

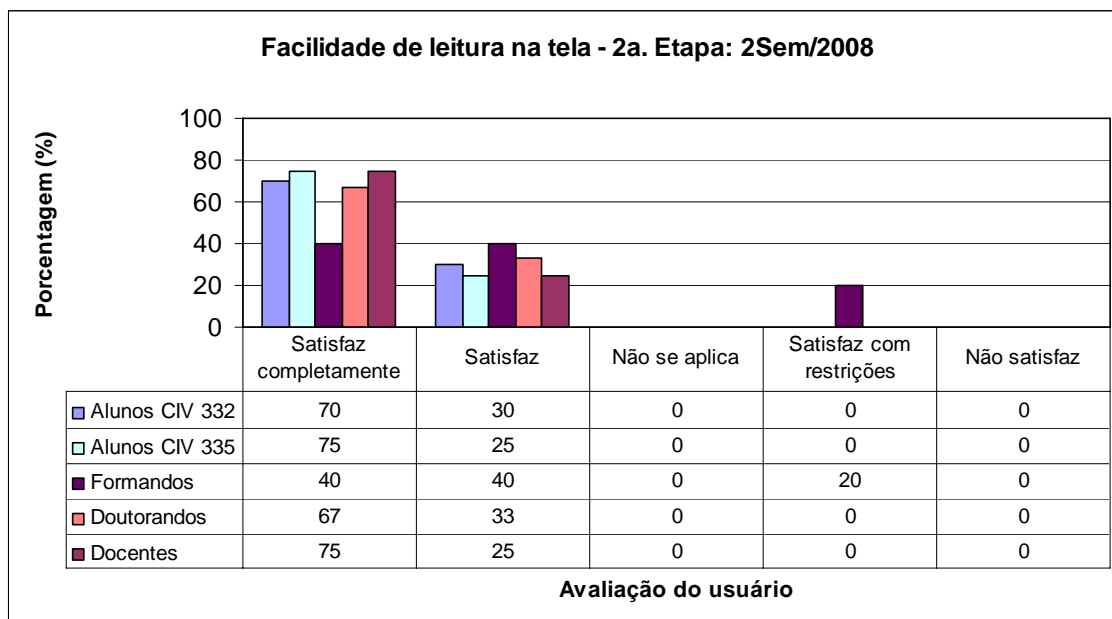


FIGURA A8.9 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério "Facilidade de leitura na tela".

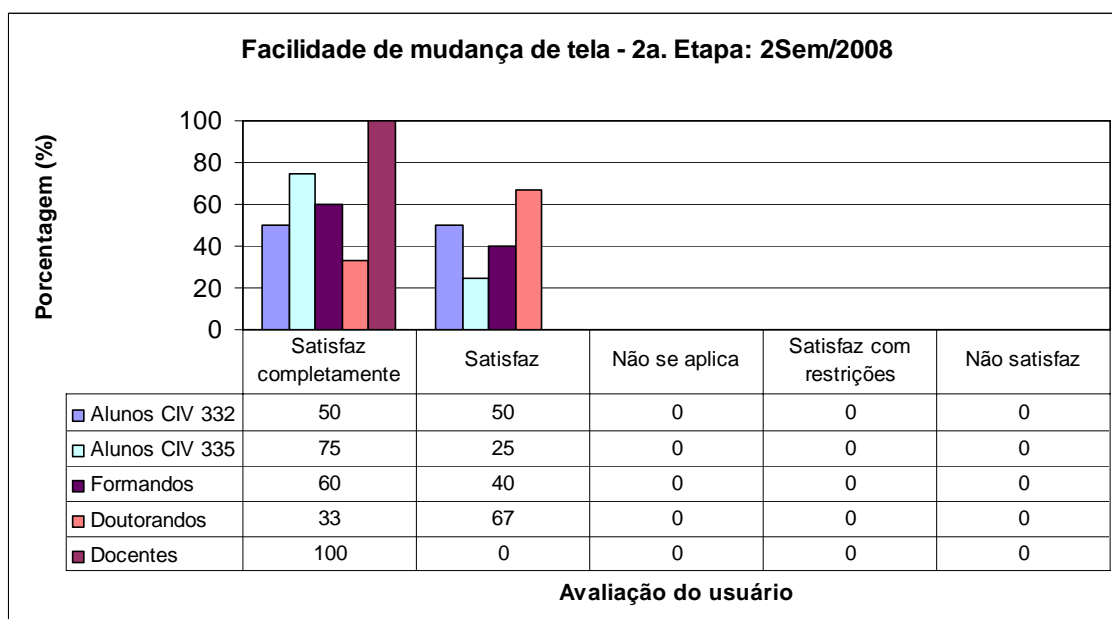


FIGURA A8.10 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério "Facilidade de mudança de tela".

## ANEXO 9

### Resultados comparativos dos critérios de Confiabilidade Educacional do SEI

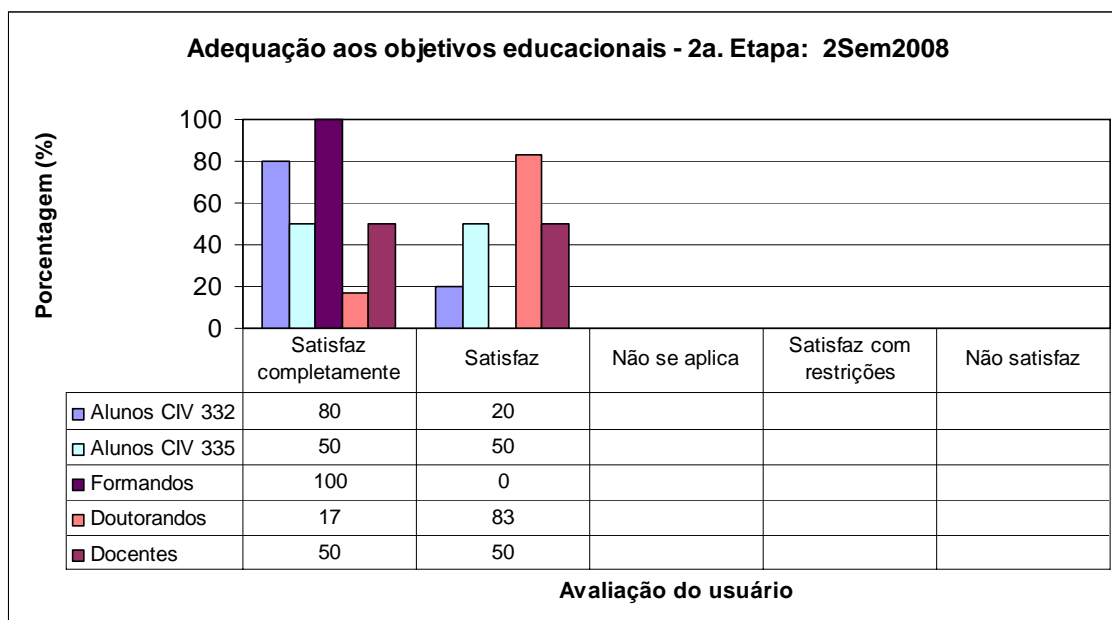


FIGURA A9.1 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério "Adequação aos objetivos educacionais".

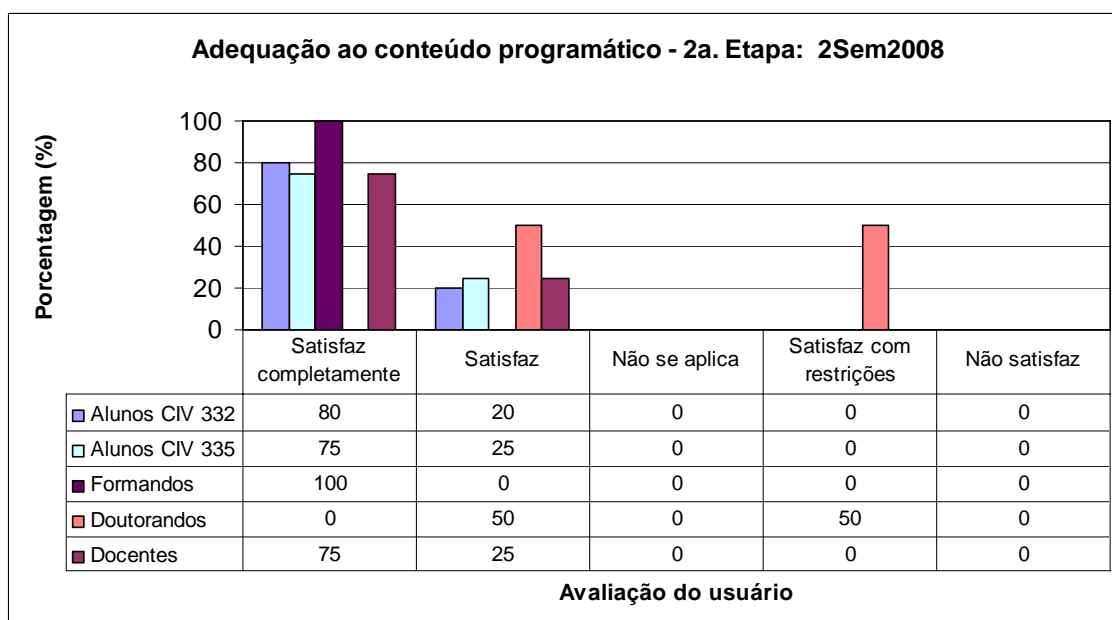


FIGURA A9.2 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério "Adequação ao conteúdo programático".

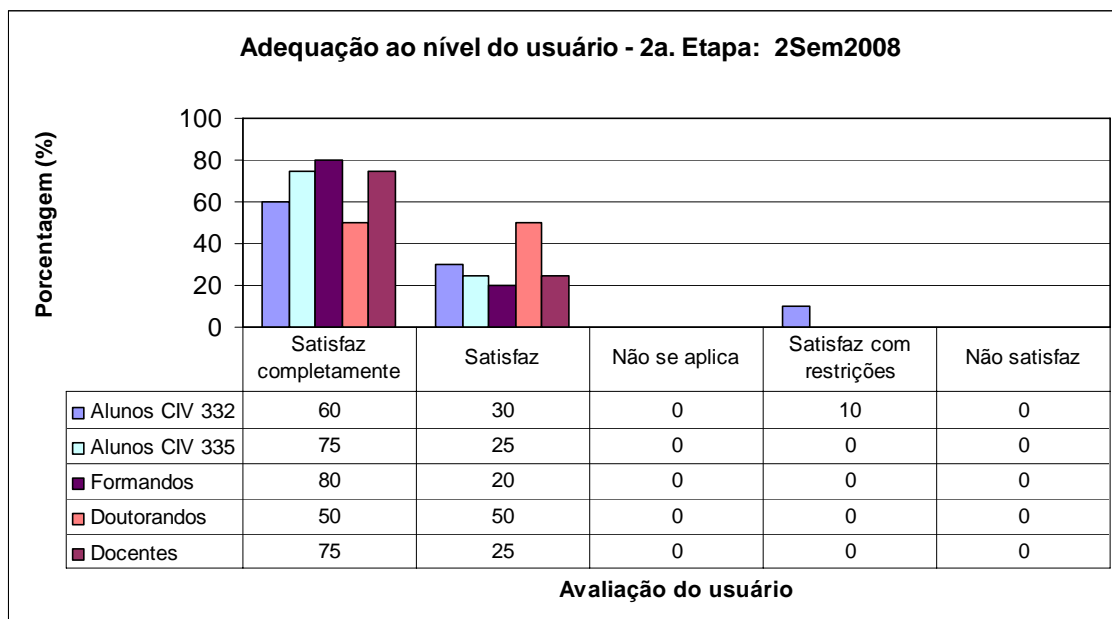


FIGURA A9.3 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério "Adequação ao nível do usuário".

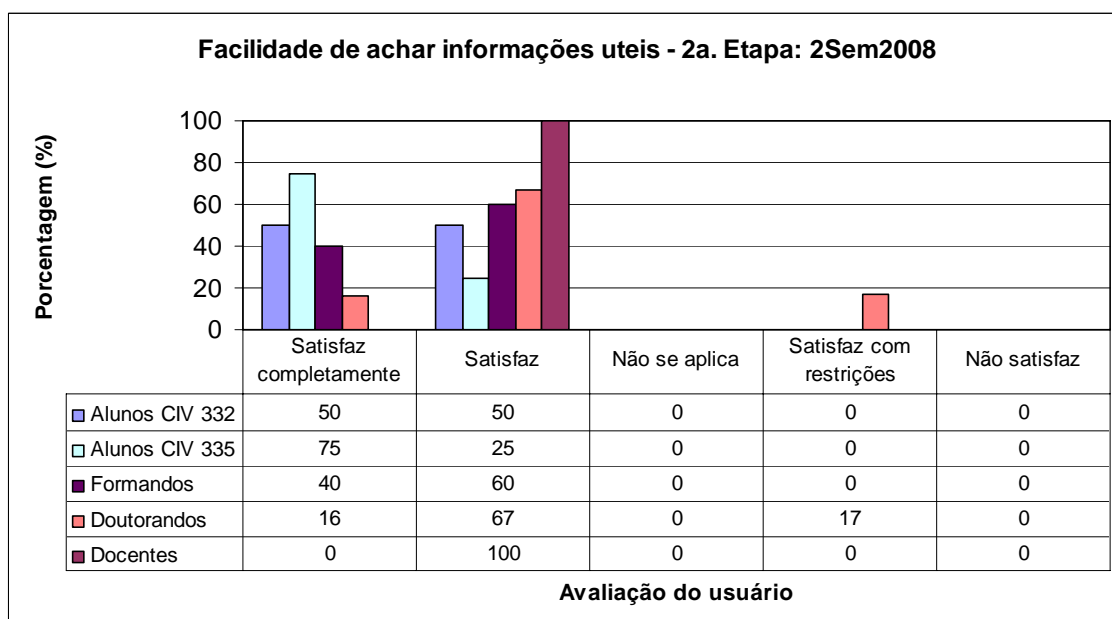


FIGURA A9.4 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério "Facilidade de achar informações úteis".

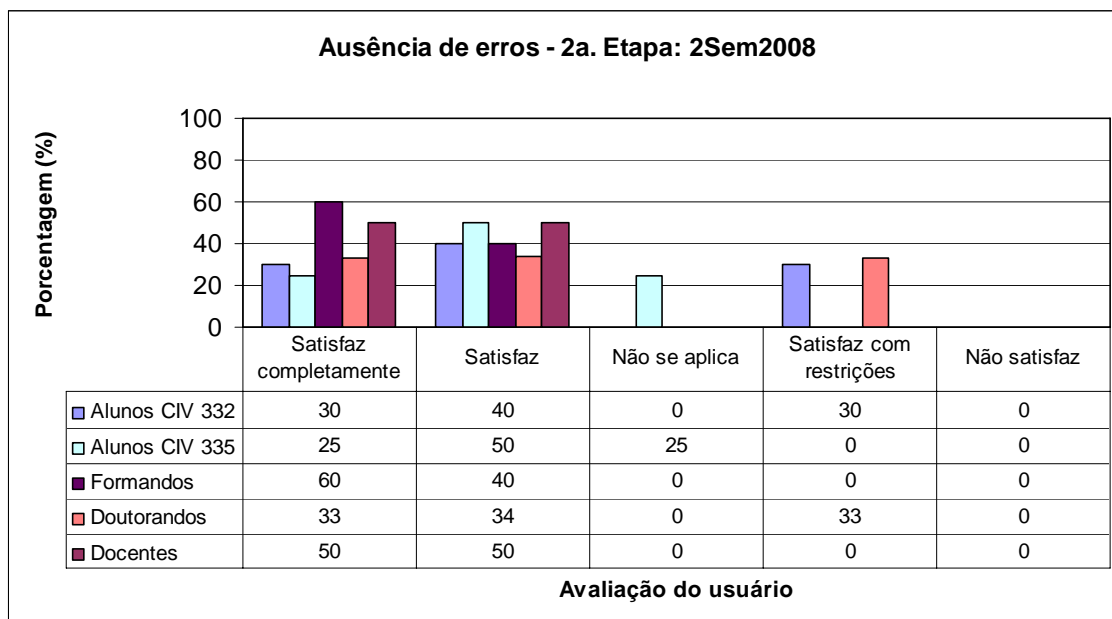


FIGURA A9.5 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Ausência de erros”.

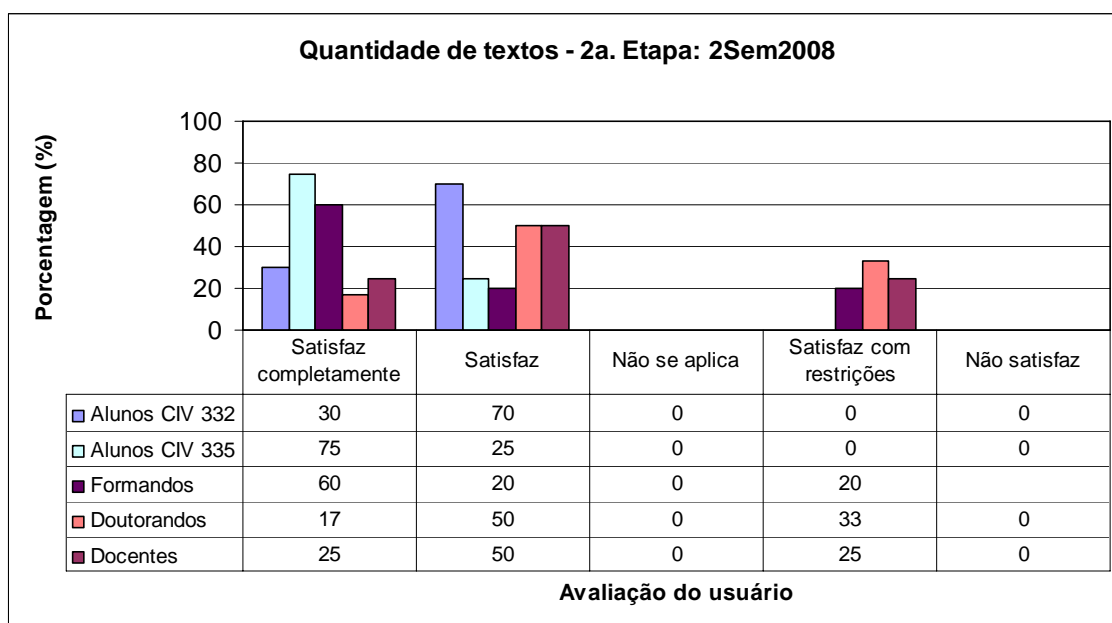


FIGURA A9.6 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Quantidade de textos”.

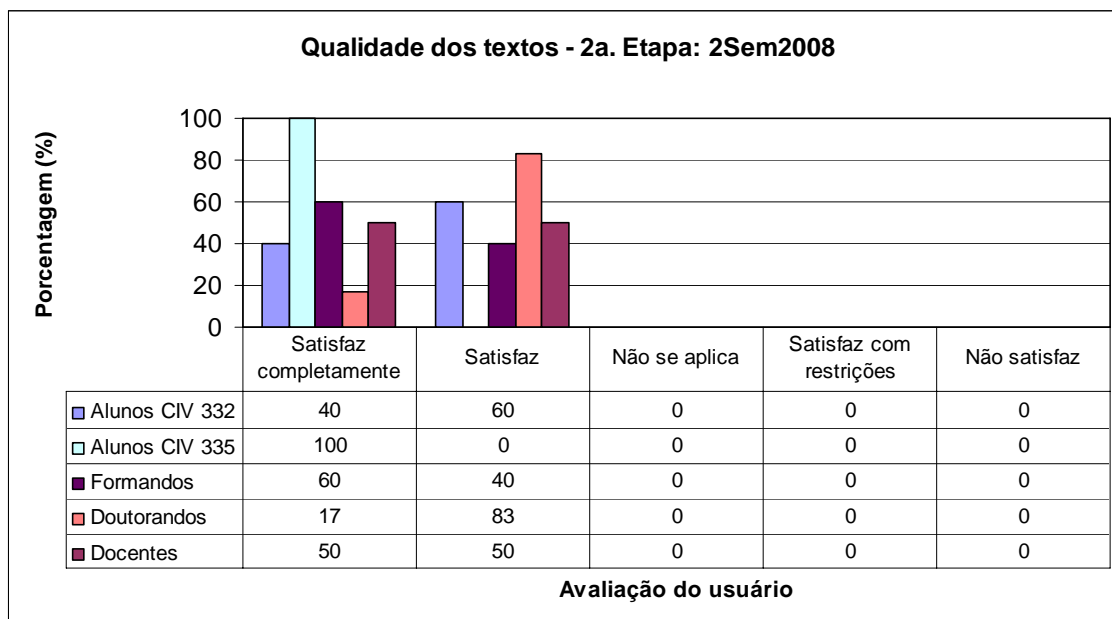


FIGURA A9.7 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Qualidade dos textos”.

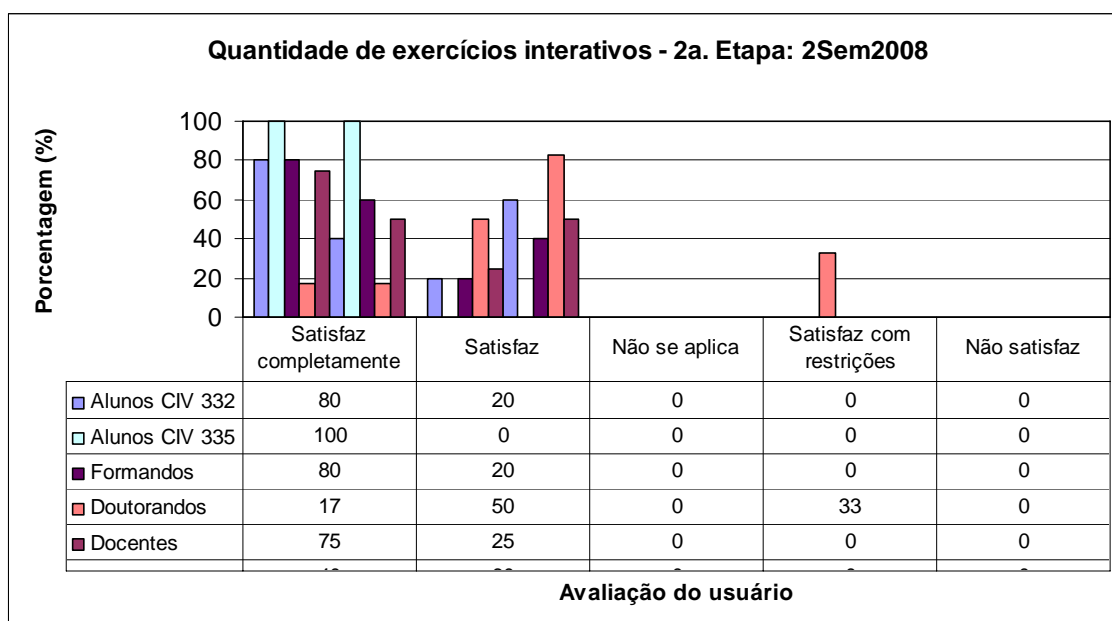


FIGURA A9.8 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério “Quantidade de exercícios interativos”.

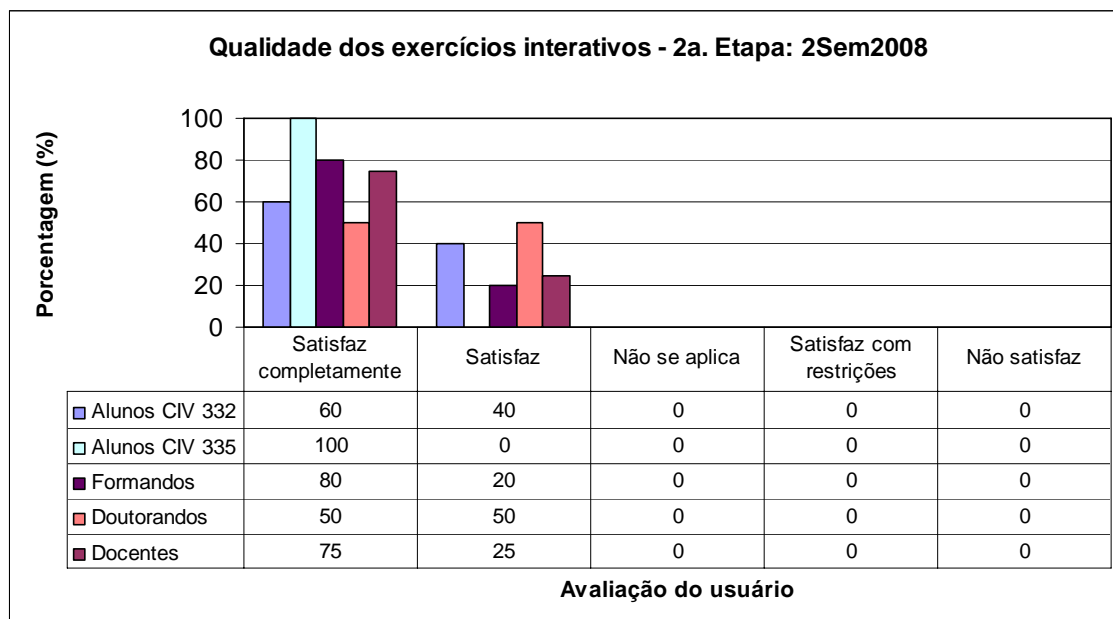


FIGURA A9.9 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério "Qualidade dos exercícios interativos".

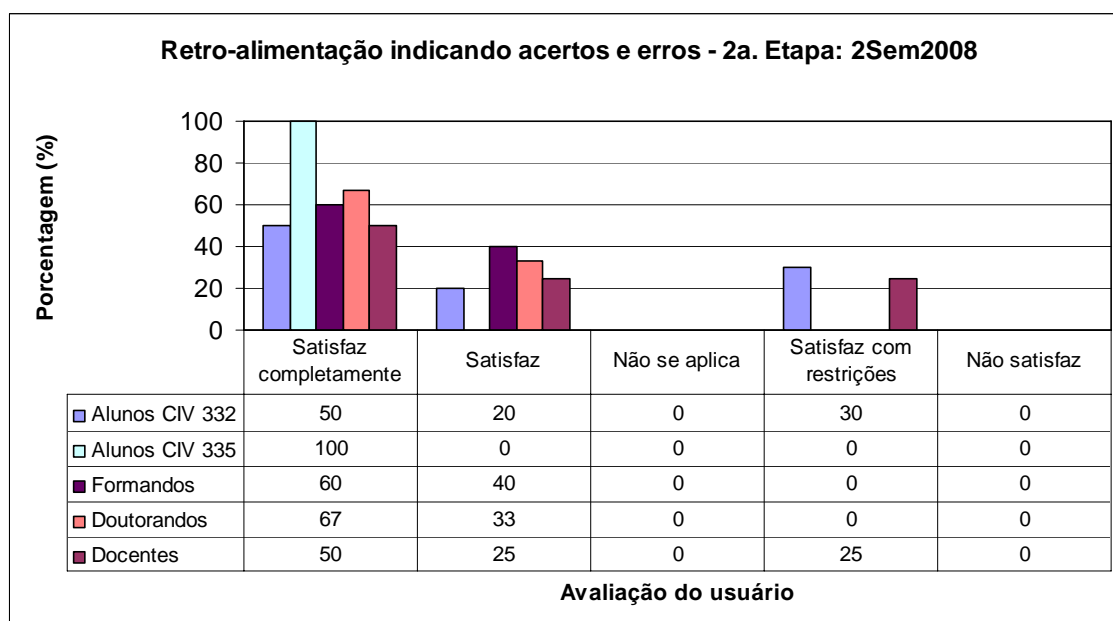


FIGURA A9.10 - Resultado da avaliação do SEI com relação ao critério "Retro-alimentação indicando acertos e erros".

De acordo com as Figuras A9.1 a A9.10, os doutorandos foram considerados o grupo mais rigoroso ao apontar a maioria das restrições ao programa. Dentre as restrições, a que mais se destacou foi a categoria "Adequação ao conteúdo programático". Esta restrição pode estar relacionada à ausência dos problemas sobre redes de fluxo, assunto relevante da hidráulica dos solos, mas não abordado porque se optou em viabilizar, primeiramente, a aprendizagem dos tópicos considerados básicos.

## ANEXO 10

### Questionário para Avaliação do software - Modelo do Professor

- 1) O que você achou do software para auxiliar o ensino de “Movimento de água nos solos”? Por quê? Dê um exemplo.
- 2) Do que você mais gostou? Por quê? Dê um exemplo.
- 3) Do que você menos gostou? Por quê? Dê um exemplo.
- 4) O que você achou do conteúdo apresentado? Por quê?
- 5) Você acha que os alunos aprenderam com o software? Por quê?
- 6) Você acha que o software pode facilitar a aprendizagem de “Movimento de água nos solos”? Por quê?
- 7) Como você acha que o software pode ser incorporado ao ensino regular de “Movimento de água nos solos”?
  - (a) Usar só o software para aprender o “Movimento de água nos solos”;
  - (b) Usar o software antes da aula regular e daí só tirar dúvidas durante a aula;
  - (c) Usar o software durante a aula; e
  - (d) Usar o software depois da aula, para rever conceitos, fazer exercícios e fixar a aprendizagem.Justifique sua resposta.
- 8) A maioria dos exercícios oferece uma dica para sua resolução. O que você achou dessa funcionalidade? Você observou as dicas? Justifique sua resposta.
- 9) A cada resposta dada pelo usuário, o software indica se houve acerto ou erro. O que você achou dessa funcionalidade? Justifique sua resposta.
- 10) O software procura sempre fazer com que o erro do aluno seja uma chance a mais de aprender, oferecendo uma nova oportunidade de substituir a resposta errada. O que você achou dessa funcionalidade? Você acha que os alunos aprenderam com seus erros? Justifique sua resposta.
- 11) Que atividades podem ser consideradas como mais motivadoras e menos motivadoras? Por quê?
- 12) O que sugere para melhorar o software?
- 13) Se você tivesse que falar sobre o software para um docente, o que você diria?
- 14) Você pretende utilizar o software novamente? Por quê?

## ANEXO 11

### Questionário para Avaliação do software - Modelo do Aluno

- 1) O que você achou do software para auxiliar o ensino de “Movimento de água nos solos”? Por quê?
- 2) Do que você mais gostou? Por quê?
- 3) Do que você menos gostou? Por quê?
- 4) O que você achou do conteúdo apresentado? Por quê?
- 5) Você acha que aprendeu com o software? Por quê?
- 6) Você acha que o software pode facilitar a aprendizagem de “Movimento de água nos solos”? Por quê?
- 7) Como você acha que o software pode ser incorporado ao ensino regular de “Movimento de água nos solos”? Marque a opção e justifique sua resposta.
  - (a) Usar só o software para aprender o “Movimento de água nos solos”;
  - (b) Usar o software antes da aula regular e daí só tirar dúvidas durante a aula;
  - (c) Usar o software durante a aula; e
  - (d) Usar o software depois da aula, para rever conceitos, fazer exercícios e fixar a aprendizagem.
- 8) A maioria dos exercícios oferece uma dica para sua resolução. O que você achou dessa funcionalidade? Você acessou as dicas? Justifique sua resposta.
- 9) A cada resposta dada pelo usuário, o software indica se houve acerto ou erro. O que você achou dessa funcionalidade? Justifique sua resposta.
- 10) O software procura sempre fazer com que o erro do aluno seja uma chance a mais de aprender, oferecendo uma nova oportunidade de substituir a resposta errada. O que você achou dessa funcionalidade? Você aprendeu com seus erros? Justifique sua resposta.
- 11) Que atividades foram mais motivadoras e menos motivadoras? Por quê?
- 12) O que sugere para melhorar o software?
- 13) Se você tivesse que falar sobre o software para um amigo, o que você diria?
- 14) Você pretende utilizar o software novamente? Por quê?

## **ANEXO 12**

### **Roteiro de Entrevista**

(1) O uso desse software educacional pode servir como facilitador da aprendizagem do tópico “Movimento de água no solo”?

(2) A interatividade usuário-máquina é um recurso motivador e favoreceu a aquisição de conhecimento?

(3) O programa é funcional? Complementa o trabalho do professor? Cumpre com o objetivo de melhorar o entendimento do tópico “Movimento de água no solo”?