

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**LABSQL**  
**LABORATÓRIO DE ENSINO DE SQL**

**ADRIANO DEL PINO LINO**

**DM 34 / 2007**

UFPA / ITEC / PPGEE  
Campos Universitário do Guamá  
Belém-Pará-Brasil  
2007



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ADRIANO DEL PINO LINO**

**LABSQL**  
**LABORATÓRIO DE ENSINO DE SQL**

**DM 34 / 2007**

UFPA / ITEC / PPGEE  
Campos Universitário do Guamá  
Belém-Pará-Brasil  
2007

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ADRIANO DEL PINO LINO**

**LABSQL  
LABORATÓRIO DE ENSINO DE SQL**

Dissertação submetida  
à Banca Examinadora  
do Programa de Pós-  
Graduação em  
Engenharia Elétrica da  
UFPA para obtenção do  
Grau de Mestre em  
Engenharia Elétrica

UFPA / ITEC / PPGEE  
Campos Universitário do Guamá  
Belém-Pará-Brasil  
2007

---

L758l Lino, Adriano Del Pino

LABSQL – Laboratório de ensino de SQL / Adriano Del Pino Lino;  
orientador, Eloi Luiz Fávero.- 2007.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de  
Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica,  
Belém, 2007.

1. SQL (linguagem de programação de computador). 2. Banco de dados  
relacionais. 3. Ensino à distância – programação. 3. Análise de regressão.  
4. Engenharia de software. I. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**LABSQL**  
**LABORATÓRIO DE ENSINO DE SQL**

**AUTOR:** ADRIANO DEL PINO LINO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À AVALIAÇÃO DA BANCA EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ E JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA NA ÁREA DE COMPUTAÇÃO APLICADA.

APROVADA EM 19/12/2007

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Eloi Luiz Favero  
(ORIENTADOR – UFPA)

---

Prof. Dr. Marianne Kogut Eliasquevici  
(MEMBRO-UFPA)

---

Prof. Dr. Roberto Célio Limão de Oliveira  
(MEMBRO-UFPA)

---

Prof. Dr. Mauro Margalho Coutinho  
(MEMBRO-UNAMA)

VISTO:

---

Prof. Dr.  
(COORDENADOR DO PPGE / ITEC / UFPA)

UFPA / ITEC / PPGE

Ao meu pai Mozart, um grande homem, incentivador das minhas pesquisas relacionadas à educação.

A minha mãe, Maria Tereza, uma lutadora, que ensinou como conquistar o conhecimento com humildade e força.

A minha companheira Hieda, que me apoiou nos altos e baixos desta jornada da construção do conhecimento.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimento acima de tudo à Deus, por tornar este sonho uma realidade na minha carreira docente.

Ao professor Dr. Eloi Luiz Favero do PPGEE/CT/UFGA, por ir além das orientações no trabalho desenvolvido, sempre mostrando o caminho correto a ser seguido, pelo companheirismo e caminhos para o aperfeiçoamento do projeto desenvolvido.

Ao meu irmão Adamo Del Pino Lino e à minha irmã Adria Del Pino Lino por confortarem este caminho percorrido e mostrarem que o amor de nossa família está presente mesmo a quilômetros de distância.

Aos meus grandes amigos André Frozino Ribeiro e André Luiz, pelo apoio incondicional dispensado durante a construção da ferramenta ora desenvolvida, mostrando uma grande experiência sobre a área de educação a distância.

Ao grupo de pesquisa GPED da UFGA, no qual faço parte, juntamente com os colaboradores Silvana, Alekssandra, Maria da Penha, Osiel Marlon, Antonio Lobato, dentre outros, trabalhando em pesquisa na área de informática na educação.

Aos meus amigos Wilson Silva, Kelle Cristina, Rafael Freitas, Hugo Kuribayashi, Bernardo, Luciana, Armando Hage, Marcélio Leal, companheiros da Universidade Federal do Pará, por me ensinar e apoiar, dando o devido incentivo e oportunizando o desenvolvimento de todas as atividades relacionadas aos interesses do mestrado.



**"É JUSTAMENTE A POSSIBILIDADE DE REALIZAR UM  
SONHO QUE TORNA A VIDA INTERESSANTE"  
O ALQUIMISTA**

**"O VERDADEIRO CAMINHO DA SABEDORIA PODE SER  
IDENTIFICADO POR APENAS TRÊS COISAS: PRECISA  
TER AMOR, DEVE SER PRÁTICO, E PODE SER  
TRILHADO POR QUALQUER UM".  
O DIÁRIO DE UM MAGO**

**PAULO COELHO**

## Sumário

|                                                                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Capítulo 1 Introdução</b>                                                                                                       | <b>1</b>  |
| 1.1 Introdução .....                                                                                                               | 2         |
| 1.1.1 Dificuldades no ensino de programação .....                                                                                  | 2         |
| 1.1.2 Problemas com ambientes para a EAD em larga escala .....                                                                     | 3         |
| 1.1.3 Soluções em andamento.....                                                                                                   | 3         |
| 1.2 Objetivos.....                                                                                                                 | 5         |
| 1.3 Organização do Texto .....                                                                                                     | 6         |
| <b>Capítulo 2 Trabalhos Relacionados</b>                                                                                           | <b>7</b>  |
| 2.1 eSQL – A teaching System for SQL.....                                                                                          | 8         |
| 2.2 SQL-Tutor – Learning SQL with computerized tutor .....                                                                         | 9         |
| 2.3 AsseSQL– An Online Tool to Test SQL Query Formulation Skills.....                                                              | 12        |
| 2.4 SQLator – An Online SQL Learning WorkBench.....                                                                                | 14        |
| 2.5 IDEFIX - A generic e-learning multiparadigm programming language system.....                                                   | 15        |
| 2.6 xLx - Using <i>Software</i> Testing Techniques for Efficient Handling of Programming Exercises in an e-Learning Platform ..... | 17        |
| 2.7 Análise dos Trabalhos Relacionados .....                                                                                       | 18        |
| <b>Capítulo 3 Métricas</b>                                                                                                         | <b>21</b> |
| 3.1 O processo de aprendizagem via Refatoração de código.....                                                                      | 22        |
| 3.2 Uso de Métricas para consultas SQL .....                                                                                       | 23        |
| 3.2.1 Cálculo das métricas utilizadas .....                                                                                        | 23        |
| 3.3 O modelo de regressão linear.....                                                                                              | 25        |
| 3.4 Definição do <i>corpus</i> de treinamento/teste.....                                                                           | 25        |
| 3.5 O modelo da regressão múltipla .....                                                                                           | 30        |
| 3.6 Exemplos de uso da fórmula da regressão múltipla.....                                                                          | 31        |
| <b>Capítulo 4 Proposta do LabSQL</b>                                                                                               | <b>34</b> |
| 4.1 Contexto: Projeto Amam .....                                                                                                   | 35        |
| 4.2 Laboratório para Ensino de SQL On-Line (LabSQL) .....                                                                          | 36        |
| 4.3 Estrutura do conteúdo .....                                                                                                    | 37        |
| 4.3.1 Tipos de exercícios .....                                                                                                    | 40        |
| 4.4 Visão do professor no LabSQL .....                                                                                             | 40        |
| 4.5 Visão do aprendiz no LabSQL.....                                                                                               | 43        |
| 4.6 Execução de Exercícios de SQL .....                                                                                            | 46        |
| <b>Capítulo 5 Avaliação do sistema</b>                                                                                             | <b>51</b> |
| 5.1 Avaliação do LabSQL .....                                                                                                      | 52        |

|                                                            |                                              |           |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------|
| 5.2                                                        | Proposta de Avaliação do LabSQL.....         | 53        |
| 5.2.1                                                      | Categoria Usabilidade.....                   | 54        |
| 5.2.2                                                      | Categoria funcionalidade .....               | 56        |
| 5.2.3                                                      | Categoria satisfação pedagógica .....        | 58        |
| 5.2.4                                                      | Exemplo de correção do sistema.....          | 60        |
| 5.2.5                                                      | Categorias confiabilidade e eficiência ..... | 61        |
| <b>Capítulo 6 Conclusão</b>                                |                                              | <b>64</b> |
| 6.1                                                        | Conclusões.....                              | 65        |
| 6.2                                                        | Trabalhos futuros .....                      | 66        |
| <b>Apêndice A – Publicações relacionadas à dissertação</b> |                                              | <b>72</b> |

## Lista de Figuras

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 2-1 LINHAS SELECIONADAS DA CLÁUSULA WHERE EM NEGRITO .....                       | 9  |
| FIGURA 2-2 A ANÁLISE DE SAÍDA DO SQL-TUTOR, COMO O RETORNO A SER DADO AO APRENDIZ ..... | 10 |
| FIGURA 2-3 INABILIDADE DO SQL-TUTOR AO LIDAR COM ALGUNS ERROS SEMÂNTICOS .....          | 11 |
| FIGURA 2-4 FORMULÁRIO PRINCIPAL DO SQL-TUTOR WEB .....                                  | 12 |
| FIGURA 2-5 ASSESQL FORMULÁRIO PRINCIPAL: RESULTADO DAS TENTATIVAS NAS QUESTÕES .....    | 13 |
| FIGURA 2-6 FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DO SQLATOR.....                                      | 15 |
| FIGURA 2-7 FERRAMENTA GRÁFICA PARA TRACE DO PROGRAMA.....                               | 16 |
| FIGURA 2-8 JANELA DE ANOTAÇÕES DO PONTO DE VISTA DO APRENDIZ.....                       | 18 |
| FIGURA 3-1 DOIS ESQUEMAS DE DADOS PARA OS CONJUNTOS DE CONSULTAS SQL.....               | 26 |
| FIGURA 4-1 CONTEXTO DA FERRAMENTA LABSQL .....                                          | 35 |
| FIGURA 4-2 VISÃO GERAL DA ARQUITETURA DO LABSQL.....                                    | 37 |
| FIGURA 4-3 JANELA PRINCIPAL APRENDIZ: .....                                             | 39 |
| FIGURA 4-4 JANELA DE EXERCÍCIOS COM QUESTÃO DISCURSIVA.....                             | 40 |
| FIGURA 4-5 OPÇÕES DO PROFESSOR: .....                                                   | 41 |
| FIGURA 4-6 VISÃO DO PROFESSOR: FUNCIONALIDADES .....                                    | 42 |
| FIGURA 4-7 JANELA SQL-LIVRE COM RESULTADO DA CONSULTA SQL .....                         | 43 |
| FIGURA 4-8 NA JANELA DE AVALIAÇÕES NA VISÃO DO APRENDIZ .....                           | 43 |
| FIGURA 4-9 JANELA PRINCIPAL NA VISÃO DO APRENDIZ .....                                  | 44 |
| FIGURA 4-10 JANELA SQL-LIVRE: .....                                                     | 45 |
| FIGURA 4-11 EXEMPLO DE SQL COM ERRO DE SINTAXE .....                                    | 47 |
| FIGURA 4-12 EXEMPLO DE SQL COM RESULTADO DIFERENTE DA SOLUÇÃO ÓTIMA.....                | 47 |
| FIGURA 4-13 EXEMPLO DE FEEDBACK EMITIDO PELO LABSQL .....                               | 48 |
| FIGURA 4-14 SCHEMA DO BD .....                                                          | 48 |
| FIGURA 5-1 ÁRVORE DE QUALIDADE WEB .....                                                | 53 |
| FIGURA 5-2 AVALIAÇÃO DE USABILIDADE .....                                               | 55 |
| FIGURA 5-3 AVALIAÇÃO DE FUNCIONALIDADE .....                                            | 57 |
| FIGURA 5-4 AVALIAÇÃO DE SATISFAÇÃO .....                                                | 59 |
| FIGURA 5-5 AVALIAÇÃO DA QUESTÃO 18 DA CATEGORIA SATISFAÇÃO PEDAGÓGICA.....              | 60 |
| FIGURA 5-6 PROBLEMAS DE LAYOUT DA JANELA DE EXERCÍCIOS .....                            | 60 |
| FIGURA 5-7 AVALIAÇÃO DE CONFIABILIDADE .....                                            | 62 |
| FIGURA 5-8 AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA.....                                                 | 62 |

## Lista de Tabelas

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABELA 3-1 PROCESSO DE REFATORAÇÃO EM PROLOG .....                                       | 22 |
| TABELA 3-2 CÁLCULO DE MÉTRICAS PARA UM EXEMPLO DE CONSULTA .....                         | 24 |
| TABELA 3-3 CONJUNTO DE RESPOSTAS (CONSULTAS EM SQL) .....                                | 27 |
| TABELA 3-4 CORRELAÇÃO ENTRE OS ATRIBUTOS ESCOLHIDOS E A NOTA DOS AVALIADORES. ....       | 29 |
| TABELA 3-5 APLICAÇÃO DOS INDICADORES PREDIZENDO A COMPLEXIDADE DE UMA CONSULTA .....     | 30 |
| TABELA 3-6 CONJUNTO DE 27 QUESTÕES DO CAPÍTULO 10 DO LIVRO DE BD DE (KROENKE, 1999),.... | 30 |
| TABELA 3-7 EXERCÍCIO 1: EXEMPLOS DE SOLUÇÕES EQUIVALENTES COM DIFERENTES MÉTRICAS .....  | 32 |
| TABELA 3-8 EXERCÍCIO 2: EXEMPLOS DE SOLUÇÕES EQUIVALENTES COM DIFERENTES MÉTRICAS. ....  | 32 |
| TABELA 3-9 EXEMPLOS DE SOLUÇÕES EQUIVALENTES COM DIFERENTES MÉTRICAS NO LABSQL.....      | 33 |
| TABELA 4-1 INVENTÁRIO DAS INFORMAÇÕES DO LABSQL.....                                     | 50 |
| TABELA 5-1 OPINIÃO DOS USUÁRIOS SOBRE O LABSQL .....                                     | 61 |

## Lista de Quadros

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| QUADRO 2-1 COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS * FUNCIONALIDADE PREVISTA PARA NOVA VERSÃO ..... | 20 |
| QUADRO 3-1 EXEMPLO DO CÁLCULO DO VOLUME DE HALSTEAD (1977) .....                    | 24 |
| QUADRO 5-1 QUESTÕES DA CATEGORIA USABILIDADE .....                                  | 54 |
| QUADRO 5-2 PONTOS FORTES DA CATEGORIA USABILIDADE .....                             | 55 |
| QUADRO 5-3 QUESTÕES DA CATEGORIA FUNCIONALIDADE .....                               | 56 |
| QUADRO 5-4 PONTOS FORTES DA CATEGORIA FUNCIONALIDADE .....                          | 57 |
| QUADRO 5-5 QUESTÕES DA CATEGORIA SATISFAÇÃO PEDAGÓGICA .....                        | 58 |
| QUADRO 5-6 QUESTÕES DAS CATEGORIAS CONFIABILIDADE E EFICIÊNCIA .....                | 61 |

## Lista de Siglas

|                   |                                                                            |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>AmAm</b>       | <i>Ambiente de Aprendizagem Multiparadigmático</i>                         |
| <b>EAD</b>        | <i>Educação a Distância</i>                                                |
| <b>E-MAIL</b>     | <i>Eletronic Mail</i>                                                      |
| <b>FAQ</b>        | <i>Frequently Asked Questions</i>                                          |
| <b>GPED-NORTE</b> | <i>Grupo de Pesquisa em Educação a Distância do Norte</i>                  |
| <b>HTML</b>       | <i>Hypertext Mark-up Language</i>                                          |
| <b>IA</b>         | <i>Inteligência Artificial</i>                                             |
| <b>MySQL</b>      | <i>Servidor de banco de dados amplamente difundido na WEB.</i>             |
| <b>PHP</b>        | <i>Linguagem de Programação voltada para o ambiente WEB.</i>               |
| <b>SQL</b>        | <i>Structured Query Language</i>                                           |
| <b>TAG</b>        | <i>Nome dado a uma marcação do tipo &lt;&gt; dentro de um arquivo HTML</i> |
| <b>UFPA</b>       | <i>Universidade Federal do Pará</i>                                        |
| <b>URL</b>        | <i>Uniform Resource Locator</i>                                            |
| <b>WEB</b>        | <i>Abreviação de WWW (World Wide WEB)</i>                                  |
| <b>XML</b>        | <i>Extensible Markup Language</i>                                          |

## Resumo

Este trabalho apresenta uma nova abordagem para avaliação automática de consultas SQL. Essa abordagem propõe uma solução para o desafio de estimular o aprendiz a aperfeiçoar a sua solução: buscando, além de uma resposta que retorna o resultado correto, uma consulta com complexidade próxima da solução ótima. Essa proposta pode ser utilizada em ambientes de educação a distancia ou na educação presencial em atividades de laboratório, incluindo as avaliações. A solução proposta tem como vantagens: (1) o aprendiz recebe um *feedback* instantâneo durante a atividade prática de programação, o qual permite ao aprendiz refatorar a sua solução em direção a uma solução ótima; (2) completa integração entre o ensino de conceitos de programação com exemplo de fragmentos de programas executáveis on-line; (3) monitoramento das atividades do aprendiz (quantos exemplos foram executados; em cada exercício quantas tentativas de execução foram feitas, etc). Este trabalho é um primeiro passo na direção de construção de um ambiente totalmente assistido (por exemplo com avaliação automática) para ensino da linguagem de programação SQL, onde o professor é liberado do árduo trabalho de correção de comandos SQL podendo realizar tarefas pedagógicas mais relevantes. O método, fundamentado em estatística e métricas da Engenharia de *Software*, pode ser adaptado para outras linguagens tais como Java e Pascal. Além disso, o LabSQL serve com um laboratório para experimentação de duas novas técnicas, uma de avaliação e outra de acompanhamento, que estão sendo pesquisadas em trabalhos em paralelos: (a) avaliação automática de questões conceituais discursivas, além de permitir as tradicionais perguntas objetivas, (b) método de acompanhamento através de montagem de uma rubrica de avaliação.

**PALAVRAS-CHAVES:** Avaliação automática; SQL, métricas, engenharia de *software*, regressão linear



## Abstract

This work presents a new approach for automatic evaluation of SQL queries. This approach proposes a solution for a challenge to stimulate the student to improve his/her solution: searching, besides an answer that returns a correct result, a query with a complexity next to the optimum solution. This proposal can be used in e-learning environments or in presential education in laboratory activities, including the evaluations. The proposed solution has as advantages: (1) the student receives an instantaneous feedback during a practice programming activity, which allows the student to refactorize his/her solution in direction to a optimum solution; (2) complete integration between the programming concepts teaching with examples of fragments of on-line executable programs; (3) monitoring of student's activities (how many examples were executed; in each exercise how many execution attempts were done, etc). This work is the first pass in direction to the construction of an environment, totally attended (for example with automatic evaluation) for teaching of SQL programming language, where the instructor is free of the hard work to correct SQL commands, being able to do more relevant pedagogic tasks. The method, based on statistics and Software Engineering metrics, can be adapted for other languages, such as Java and Pascal. In addition, the LabSQL serves as a laboratory for experimentation of two news techniques, one of evaluation and other of accompaniments that are being searched in several works at the same time: (a) automatic evaluation of discursive conceptual questions, besides to allow the traditional objective questions, (b) method of accompaniment through a montage of evaluation rubrics.

**KEYWORDS:** Automatic evaluation; SQL, metrics, software engineering, linear regression

# Capítulo 1

## Introdução

---

O capítulo 1 apresenta uma visão geral da dissertação e os objetivos da pesquisa.

---

## 1.1 Introdução

Atualmente a tecnologia facilita a atividade de colecionar e armazenar diversos tipos de dados, o que cria um problema de organizar e gerenciar esses dados de forma adequada. A área de bancos de dados (BD) visa propor soluções para este problema (MEC, 1999). Dentre essas soluções, tem sido freqüente a utilização de sistemas gerenciadores de banco de dados (SGBD), para os quais foi desenvolvida uma linguagem de manipulação de dados que se tornou um padrão de fato: a linguagem SQL (*Structured Query Language*). Com o SQL é possível criar um BD, inserir e atualizar dados, bem como fazer as diversas consultas, inerente as diferentes estruturas.

O ensino de SQL apresenta uma série de desafios:

- a sintaxe e a semântica da linguagem SQL são complexas para aprendizes iniciais;
- a habilidade e a competência em programação são adquiridas somente com muita atividade de laboratório;
- o acompanhamento no laboratório sobrecarrega o professor: corrigir os programas e dando um retorno personalizado;
- a dificuldade criada pelas turmas heterogêneas: alguns aprendizes estão iniciando e outros já são programadores com alguma experiência;
- a dificuldade da educação não presencial: como ensinar SQL para turmas não presenciais.

### 1.1.1 Dificuldades no ensino de programação

A atividade de programação em geral envolve um grande esforço cognitivo para o aprendiz e um grande esforço de acompanhamento para o professor. Por um lado, em quase todos os cursos de programação é comum o uso de monitores para auxiliar o professor no acompanhamento das atividades práticas (para turmas grandes). Por outro lado, a prática de ensino de computação é afetada pela inexistência de uma literatura de referência sobre construção e utilização de metodologias e materiais didáticos para o ensino de computação (Rodrigues *et al*, 2000). A situação vem mudando, atualmente no Brasil já temos bons livros para quase todas as disciplinas de programação de um curso de Computação, mas ainda não temos bons ambientes de programação como o proposto neste trabalho para ensino de SQL.

No caso específico em SQL, elaborar soluções exige do aprendiz diversos conhecimentos como, capacidade de abstração e organização das idéias; conhecimentos e habilidades que caracterizam um programador como perito (Preto, 2000).

Para (Castro *et al*, 2004), a dificuldade é maior para aqueles que ingressam em cursos cujas turmas são heterogêneas, onde alguns aprendizes são provenientes de cursos técnicos na área e outros já são programadores que buscam uma educação formal; os primeiros ainda estão iniciando a atividade de programação enquanto que os segundos já são experientes. Como conciliar o ensino para estes dois perfis de aprendizes?

Além disso, problemas como o tempo reduzido de prática de laboratório faz com que, após a realização de uma atividade, o aprendiz frequentemente não tenha a oportunidade de analisar as tarefas realizadas ou não tenha conseguido formular suas dúvidas e obter respostas. Como consequência, diversos aprendizes deixam suas tarefas inacabadas; na próxima aula de laboratório já é outra atividade. Neste sentido, a construção de consultas SQL se torna mais difícil quando o aprendiz não tem oportunidade de submeter às consultas nem SGBD; por exemplo, a formulação de consultas em sala de aula ou em testes fora de laboratório. Neste caso, se o aprendiz é iniciante, ele fica dependente do retorno professor/monitor ou de um colega mais experiente.

#### **1.1.2 Problemas com ambientes para a EAD em larga escala**

Num ambiente de EAD, em larga escala (cursos com grande de número de alunos), o processo de ensino-aprendizagem da disciplina de Banco de Dados demanda grande esforço por parte dos professores: o elevado número de aprendizes para serem acompanhados por um mesmo professor dificulta a mediação da aprendizagem e não atende a necessidade de muitos aprendizes em receber *feedback* imediato de suas ações. Esta sobrecarga de trabalho para o professor na avaliação das atividades dos aprendizes remete invariavelmente a uma demora no *feedback* do professor para essas atividades.

#### **1.1.3 Soluções em andamento**

Diante desse cenário, as experiências dos profissionais de conteúdo com as práticas de ensino revelam novas formas de apresentar o conteúdo de suas disciplinas, utilizando-se dos modernos recursos de multimídia, de ambientes de EAD e da Internet, entre outros, para alavancar o processo ensino-aprendizagem, agregando novos valores (Moraes *et al*, 1997). A convergência destas novas tecnologias e metodologias (Souza, 2001) e as novas ferramentas de apoio à instrução e construção de artefatos, associadas ao material disponível em *sites*,

favorecem e facilitam a aprendizagem, visto que permitem ao aprendiz obter mais informações que aquelas oferecidas em sala.

Ambientes de EAD possuem ferramentas que auxiliam o professor a disponibilizar o material de aula e receber de forma organizada o material dos aprendizes, por exemplo, o (Moodle, 2007) e o (Teleduc, 2007). Neste ambientes já existem também ferramentas para fazer avaliação. Por exemplo, as questões objetivas são automaticamente avaliadas e as subjetivas são tipicamente respondidas e manualmente avaliadas. Porém, já existem pesquisas e alguns sistemas comerciais com componentes para avaliar automaticamente questões dissertativas (Shermis, 2003), (Hearst, 2000) e (Sukkarieh *et al*, 2003), utilizando técnicas tais como regressão múltipla e verificação da similaridade entre dois textos.

Mais especificamente para o ensino de SQL, já existem alguns esforços SQLator (Sadiq *et al*, 2004), AsseSQL (Prior, 2003), SQL-Tutor (Mitrovic, 1998) buscando a construção de ambientes que possibilitem minimizar esse problema: passar tarefas de laboratório para os aprendizes e acompanhar estas tarefas. Estes sistemas e outros são revistos mais adiante.

Por outro lado, certas ferramentas destes ambientes permitem lidar com grandes turmas de aprendizes: passando as atividades; recebendo as soluções; avaliando-as; dentro do possível fornecer um *feedback* imediato às ações do aprendiz, facilitando as interações e, conseqüentemente, o esclarecimento de dúvidas.

O Projeto desenvolvido pela equipe GPED da UFPA denominado Ambiente de Aprendizagem Multiparadigmático (AmAm) estabelece uma arquitetura para ambientes virtuais de aprendizagem e o desenvolvimento de um sistema web para apoio ao ensino em diferentes tipos de modalidades utilizando diversas abordagens pedagógicas. O AmAm é desenvolvido a partir de uma arquitetura que propõe o desenvolvimento de AVA (Ambiente Virtual de Aprendizagem) a partir de agentes, componentes e *framework* (Harb *et al*, 2003) (Silva *et al*, 2003), considerando como princípio básico à integração de todos os aspectos de *conhecimento* do aprendiz (Gava, 2002). Nesses ambientes é importante encontrar meios para estimular o aprendiz a observar seus erros, experimentar e testar novas soluções, formular e registrar suas dúvidas, garantindo *feedback* para essas ações. Estas tecnologias devem favorecer a análise por parte do aprendiz, das soluções encontradas.

Na busca por contribuir para o equacionamento das dificuldades dos aprendizes na aprendizagem de linguagens de programação de computadores. Neste trabalho focalizamos a utilização da linguagem SQL, num ambiente altamente interativo e adaptativo.

## 1.2 Objetivos

Este trabalho propõe uma ferramenta na Web para ensino de programação. O trabalho é baseado em um estudo de caso para ensino da linguagem de programação de bancos de dados SQL e está inserido no contexto do ambiente interativo de aprendizagem AmAm. Esta ferramenta experimental para ensino de linguagens de programação apresenta como objetivos:

- avaliação automática de programas SQL com métricas de engenharia de *software*, permitindo informar o quanto a solução do aprendiz se aproxima de uma “solução ideal”;
- integração entre o ensino de conceitos de programação com exemplo de fragmentos de programas executáveis on-line;
- integração com um componente de avaliação de programas verificando se a resposta do aprendiz é a mesma do professor;
- monitoramento das atividades do aprendiz (quantas exemplos foram executados; em cada exercício quantas tentativas de execução foram feitas, etc.).
- servir como um laboratório para experimentação de duas novas técnicas de avaliação e acompanhamento, que estão sendo pesquisadas em trabalhos em paralelo (como parte de uma Dissertação de Mestrado dos estudantes Antonio Lobato e Tais Tavares e também como parte de uma Tese de Doutorado de Alekssandra da Silva:
  - a) avaliação automática de questões conceituais discursivas, além de permitir as tradicionais perguntas objetivas; e.
  - b) acompanhamento de uma avaliação através da definição da rubrica.

Este trabalho é um primeiro passo na direção de construção de um ambiente totalmente assistido para ensino da linguagem de programação SQL, onde o professor terá uma carga de trabalho mínima, mais como supervisor.

### **1.3 Organização do Texto**

Este trabalho constitui-se, além desta introdução, de mais 4 capítulos distribuídos como segue.

O Capítulo 2 apresenta os trabalhos relacionados com o ambiente LabSQL, mostrando as características peculiares presentes em outros sistemas de ensino de SQL;

O Capítulo 3 descreve as métricas utilizadas para avaliação automática de questões SQL. Além disso, mostramos como avaliar um aprendiz por meio de métodos estatísticos e a correlação linear múltipla;

O Capítulo 4 descreve a visão conceitual do ambiente LabSQL, mostrando a sua interação com o Ambiente de Ensino a Distância denominado AmAm. Como é organizado o conteúdo didático dentro do ambiente LabSQL para proporcionar uma maior interatividade em cada tópico de programação SQL e a análise inteligente das atividades de programação, ajudando o aprendiz na resolução dos problemas propostos;

O Capítulo 5 apresenta a avaliação do sistema. Nesta avaliação procuramos identificar os pontos fortes e fracos do LabSQL na visão dos usuários para aperfeiçoar a ferramenta;

O Capítulo 6 apresenta as considerações finais, são avaliados os resultados obtidos com a implementação dos estudos de caso.

# Capítulo 2

## Trabalhos Relacionados

---

O capítulo 2 apresenta os trabalhos relacionados analisando e detalhando as ferramentas encontradas na literatura. No final deste capítulo é apresentado um resumo comparativo destes trabalhos.

---



Neste capítulo analisamos as quatro ferramentas encontradas na literatura especializada:

1. eSQL, proposto em 1997, auxilia no ensino do processamento das consultas. Não é utilizada para avaliação ou evolução das consultas (Kearns *et. al*, 1997).
2. SQL-Tutor, desenvolvido na Universidade de Canterbury, Christchurch, em 1998. Provê o *feedback* semântico, mas não é utilizado na avaliação (Mitrovic, 1998).
3. AsseSQL, uma ferramenta criada na Universidade de Tecnologia, Sydney, em 2004. Provê um conceito certo/errado das consultas realizadas pelos aprendizes (Prior & Lister, 2004).
4. SQLator, uma ferramenta criada pela Universidade de Queensland também em 2004 (Sadiq *et al*, 2004). Esta ferramenta é semelhante à AsseSQL.

Tendo visto as deficiências e oportunidades descobertas por essa análise é proposto o LabSQL uma ferramenta nova que estende o estado atual da arte, incorporando avaliação semântica e aprimorando a avaliação automática fundamentada em Métricas da Engenharia de *Software* e métodos estatísticos.

## 2.1 eSQL – A teaching System for SQL

O eSQL, é uma das ferramentas pioneiras de ensino de conceitos de BD. O foco dessa ferramenta está no “*Help mode*”, que enfatiza somente o ensino de SQL passo a passo, mostrando como é determinado o resultado da consulta SQL por meio de uma seqüência de imagens.

Conforme *Figura 2-1*, a forma de visualizar o processamento da consulta auxilia os aprendizes, pelo menos no nível conceitual a desenvolver um modelo mental e compreender a semântica da linguagem SQL. Um dos passos a ser visualizado é a criação do produto cartesiano das tabelas utilizadas. Se o número de linhas resultante for muito grande para visualizar, o sistema utiliza um algoritmo engenhoso para escolher uma linha de exibição. A principal contribuição do eSQL é pedagógica. A ferramenta não avalia as consultas submetidas pelos aprendizes, nem é usado na avaliação.

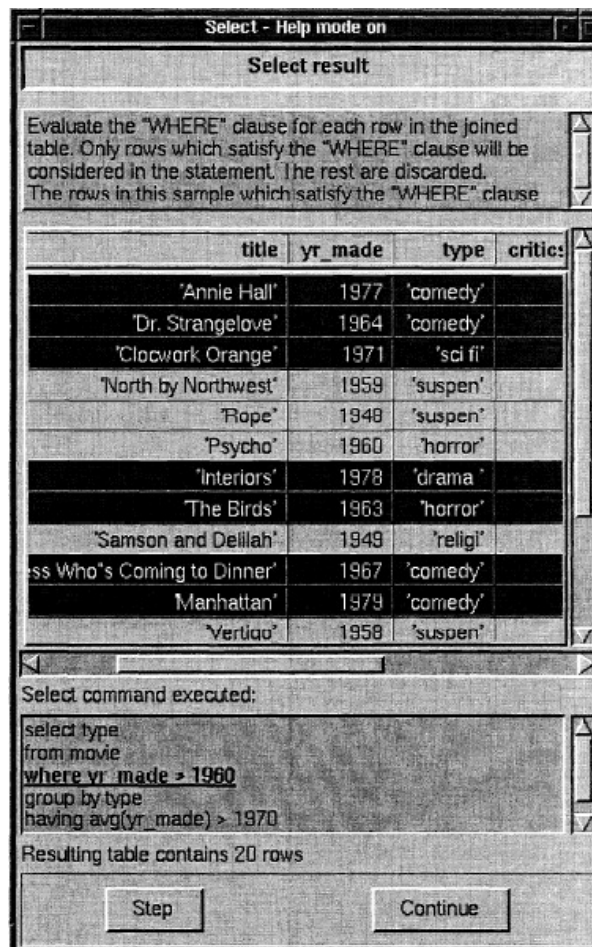


Figura 2-1 Linhas selecionadas da cláusula where em negrito  
Fonte: eSQL (1999)

## 2.2 SQL-Tutor – Learning SQL with computerized tutor

O SQL-Tutor é um sistema tutor inteligente (STI) que apóia pedagogicamente o aprendiz a resolver consultas SQL. A ênfase desta ferramenta é o *feedback* inteligente, como exemplificado na Figura 2-2. Para isso, ele utiliza um *Shell* de um sistema especialista com tecnologia CBM (*constraint based modeling*). Na versão de 1998 tinha aproximadamente 200 regras na base de conhecimento; atualmente existe uma versão adaptada para a *web* (Mitrovic, 1998, 2000).

**Example 1:** For each director, list the director's number and the total number of awards won by comedies he/she directed if that number is greater than 1.

**Correct solution:**

```
SELECT DIRECTOR,SUM(AAWON)
FROM MOVIE
WHERE TYPE='comedy'
GROUP BY DIRECTOR
HAVING SUM(AAWON)>1
```

**Student's solution:**

```
SELECT DIRECTOR,SUM(AAWON)
FROM DIRECTOR JOIN MOVIE
ON DIRECTOR=DIRECTOR.NUMBER
WHERE TYPE='comedy'
```

**INGRES:** E\_USOB63 line 1, The columns in the SELECT clause must be contained in the GROUP BY clause.

**SQL-Tutor:**

- You do not need all the tables you specified in FROM!
- You need to specify the GROUP BY clause! The problem requires summary information.
- Specify the HAVING clause as well! Not all groups produced by the GROUP BY clause are relevant in this problem.
- If there are aggregate functions in the SELECT clause, and the GROUP BY clause is empty, then SELECT must consists of aggregate functions only.

*Figura 2-2 A análise de saída do SQL-Tutor, como o retorno a ser dado ao aprendiz*  
*Fonte: (Mitrovic, 1988)*

O componente tutor-inteligente possui duas fontes de conhecimento: específico do domínio (incluindo conhecimento pedagógico) em forma de regras e um modelo do aprendiz. Este conhecimento é utilizado para diagnosticar as tentativas de soluções dos aprendizes. O conhecimento está representado no *shell* CBM na forma descritiva: como restrições para diagnosticar erros. As restrições dividem todas as possíveis situações de problemas dentro de classes de problemas equivalentes; todas as situações numa única classe são consideradas pedagogicamente equivalentes, para as quais é gerada uma mesma ação. O modelo do aprendiz é usado para guiar a escolha dos problemas a serem submetidos ao aprendiz.

Outra característica de SQL-Tutor é a visualização do *schema* do BD. Isto remove carga cognitiva para os aprendizes, permitindo focalizar em nível mais alto o problema em questão ao invés da sintaxe de baixo nível.

O SQL-Tutor abrange apenas o comando SELECT da linguagem SQL, o que não reduz a importância do sistema, porque as consultas cobrem os aspectos mais complexos do SQL. Além disso, os outros comandos SQL (INSERT, DELETE, UPDATE) também se utilizam de subconsultas do tipo SELECT.

O SQL-Tutor também tem suas limitações, por exemplo, com regras manualmente codificadas é difícil prever todas as possíveis situações. A *Figura 2-3* mostra um erro

semântico simples com um diagnóstico errôneo: o sistema não consegue identificar que ocorreu a troca de atributos: BORN por DIED.

**Example 2: List the names of all directors born in or after 1920.**

**Correct solution:**  
 SELECT LNAME, FNAME  
 FROM DIRECTOR  
 WHERE BORN >= 1920

**Student's solution:**  
 SELECT LNAME, FNAME  
 FROM DIRECTOR  
 WHERE DIED >= 1920

**Ingres:**

| lname     | fname  |
|-----------|--------|
| Hitchcock | Alfred |
| De Mille  | Cecil  |
| Ford      | John   |

**SQL-Tutor:**  
*Check that you are comparing the numerical constant to the right attribute in the WHERE clause!*

*Figura 2-3 Inabilidade do SQL-Tutor ao lidar com alguns erros semânticos*  
*Fonte: (Mitrovic, 1988)*

Outra limitação é a entrada de dados guiada pela sintaxe, que não é bem aceita para usuário programadores, pois limita muito a digitação da consulta, resultando num certo bloqueio na criatividade: o aprendiz é forçado a usar o esquema sugerido (*Figura 2-4*). Este tipo de interface é bom para usuários iniciantes aprender a sintaxe, porém dificulta os usuários a criar soluções de consultas.

Por fim, o foco da ferramenta é auxiliar os aprendizes a praticar antes da avaliação, mas não ajuda os professores a avaliar os aprendizes.

The screenshot displays the SQL-Tutor Web interface. At the top, a navigation bar contains buttons: Change Database, New Problem, History, Student Model, Log Out, and Help. Below this, the main area is divided into two sections. The top section, titled 'Problem 68', contains a text box with the instruction 'List full details of all compositions.' and a form with fields for 'Select', 'From', 'Where', 'Group by', 'Having', and 'Order by'. Below these fields are a 'Feedback Level' dropdown set to 'Simple Feedback', a 'Run Query' checkbox, and 'Submit Answer' and 'Reset' buttons. The bottom section, titled 'Go Back to Schema Display', contains a table schema for the 'COMPOSER' table. The table has columns: NUMBER (Unique number, INTEGER), LNAME (Last name, VARCHAR(20)), FNAME (First name, VARCHAR(20)), COUNTRY (The country of birth, VARCHAR(10)), YEARBORN (Year of birth, INTEGER), YEARDIED (Year of death, INTEGER), and ERA (the name of the period, VARCHAR(15)). A 'Go Back to Schema Display' link is at the bottom of this section. On the right side of the top section, there is a sidebar with the title 'SQL-Tutor' and 'The SQL Tutor on the Web'. It contains a scrollable text area explaining the functionality of the navigation bar buttons: 'Change Database' allows choosing another database; 'New Problem' enables choosing a new problem; 'History' shows a brief history; 'Student Model' shows a visual model; and 'Help' shows the current hits.

Problem 68 List full details of all compositions.

Select

From

Where

Group by

Having

Order by

Feedback Level Simple Feedback

Run Query ☐ Submit Answer Reset

**SQL-Tutor**  
The SQL Tutor on the Web

The buttons in the navigation bar at the top of page have the following functionality:

"Change Database" button allows to choose another database to work on.

"New Problem" button enables you to chose a new problem even if you haven't completed the current one.

"History" button shows a brief history of the current session.

"Student Model" button shows a visual model of your SQL knowledge.

"Help" button shows the hits you are reading now.

Go Back to Schema Display

The COMPOSER table holds information about all composers whose compositions are held in the database.

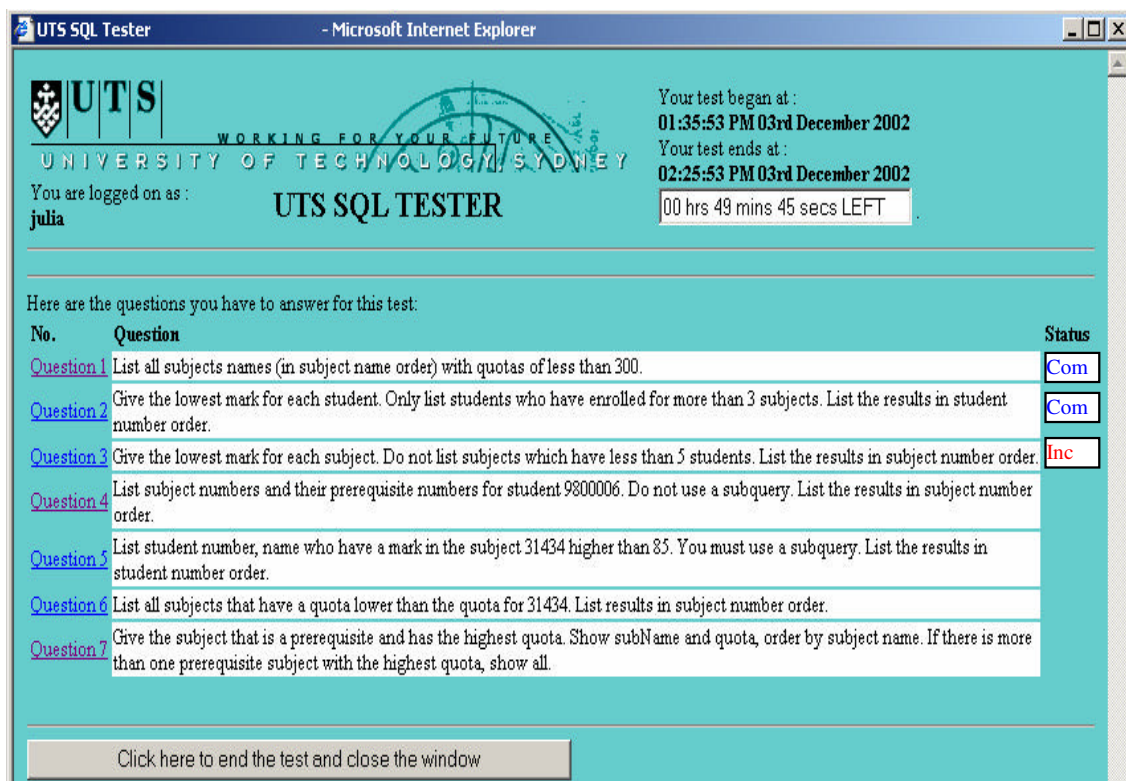
|          |                        |             |
|----------|------------------------|-------------|
| NUMBER   | Unique number          | INTEGER     |
| LNAME    | Last name              | VARCHAR(20) |
| FNAME    | First name             | VARCHAR(20) |
| COUNTRY  | The country of birth   | VARCHAR(10) |
| YEARBORN | Year of birth          | INTEGER     |
| YEARDIED | Year of death          | INTEGER     |
| ERA      | the name of the period | VARCHAR(15) |

Go Back to Schema Display

Figura 2-4 Formulário Principal do SQL-Tutor Web  
Fonte: (Mitrovic 1988)

### 2.3 AsseSQL– An Online Tool to Test SQL Query Formulation Skills

O AsseSQL é um ambiente que suporta avaliação de consultas SQL. Porém, fornece apenas um resultado certo/errado da consulta submetida. Ao criar uma avaliação ou lista de exercícios, o sistema seleciona aleatoriamente questões dentro de uma base de questões; o aprendiz pode realizar as questões livremente, em qualquer ordem. Existem dois tipos de *feedback*: a) os de erros de sintaxe; b) se a resposta traz ou não o resultado correto (Figura 2-5).



*Figura 2-5 AsseSQL Formulário Principal: Resultado das Tentativas nas Questões*  
*Fonte: (Prior, 2003)*

Cada questão que compõe uma prova ou exercício é classificada em categorias com base em três indicadores (número de tabelas e número de atributos e complexidade das construções). Segue um exemplo (Prior & Lister, 2004) de uma prova com cinco perguntas: supondo cinco categorias temos uma pergunta para uma categoria utilizando o comando “select” da linguagem SQL:

- uma tabela com uma cláusula “where”;
- uma tabela com mais de uma cláusula “where”, união de operadores lógicos;
- uma tabela com uma cláusula “group by” e um “having”;
- em duas tabelas com uma junção natural “inner join”;
- com uma sub-consulta contendo um único “select”.

O AsseSQL provê um sorteio diferente das questões para cada aprendiz; todas as provas possuem o mesmo número de questões de uma determinada categoria. Cada enunciado de questão é marcado com sua categoria.

O AsseSQL foi concebido após o eSQL e o SQL-Tutor, mesmo assim, algumas funcionalidades presentes no eSQL e no SQL-Tutor não foram implementadas no AsseSQL, por exemplo: a) comentários; b) sugestões para melhoria da consulta; c) visualização do schema do BD e d) visualização do processamento da consulta.

## 2.4 SQLator – An Online SQL Learning WorkBench

O SQLator (Sadiq *et al*, 2004), fornece um ambiente de ensino de SQL on-line. Neste ambiente, os aprendizes podem criar seu próprio espaço de aprendizagem, em suas sessões individuais. O foco do ambiente é o acompanhamento e a avaliação das atividades do aprendiz.

As funcionalidades do ambiente são listadas a seguir:

- apresentar conceito teórico em um tutorial na forma de páginas web;
- prover funcionalidades para prática de exemplos ou consultas como respostas de exercícios; os exercícios são classificados em categorias com complexidades de consulta (por exemplo, fácil, médio e difícil);
- gerar exercícios/provas randomicamente a partir de listas de perguntas;
- prover a habilidade de avaliar automaticamente as consultas de SQL dos aprendizes, provendo um retorno imediato;
- prover recursos para o aprendiz e o professor acompanharem o progresso no aprendizado, respectivamente do aprendiz e da turma; gera estatísticas do aprendiz e da turma;

O SQLator (*Figura 2-6*) possui também um sistema para detectar se os aprendizes fazem plágio (i.e., mesma resposta); são considerados apenas os casos em que várias (mais de 4) respostas são iguais.

A proposta do SQLator é prover um componente inteligente que substitui o especialista na atividade de avaliação. A sua abordagem de avaliação é baseada em algoritmos heurísticos complexos, que determinam quando uma consulta SQL responde a uma determinada questão. O *feedback* é certo/errado.

The screenshot shows the 'Evaluate' page of the SQLator system. On the left is a navigation menu with links: Home, Database, Data Model, Tables, Queries, Evaluate, Execute, Tutorials, Profile, User, Joe Lin, Database, and University. The main content area is titled 'Evaluate' and contains the following sections:

- Selected Query:**
  - Query Id: 11
  - Description: Find all programs with duration shorter than 4 semesters. List programs and schools offering the programs.
  - Difficulty: Simple
  - Status: [ Correct ]
  - Evaluated: 00-Sep-03 1:55:20 PM
- Your SQL Query:**

```
Select Program, School
from Program
where Program.Duration < 4
```
- Evaluation Results:**

Your query is correct.
- Query Results:**

| Program | School |
|---------|--------|
| MIS     | IS     |
| MIT     | DC     |
| MSE     | SE     |

At the bottom of the 'Your SQL Query' section are four buttons: Execute, Evaluate, Solution, and Notes.

Figura 2-6 Formulário de Avaliação do SQLator  
Fonte: (Sadiq et al, 2004)

## 2.5 IDEFIX - A generic e-learning multiparadigm programming language system

O projeto IDEFIX (ambiente integrado de desenvolvimento baseado em Internet e extensível a tecnologias) (Gayo *et al*, 2003) é uma ferramenta para ensino de programação lógica e funcional. Sua principal característica é prover um conjunto mínimo de capacidades para um interpretador genérico que é instanciável para diferentes linguagens de computação e paradigmas. Sua arquitetura é baseada em XML e *web-services* para facilitar a integração e independência entre diferentes plataformas de desenvolvimento de sistemas.

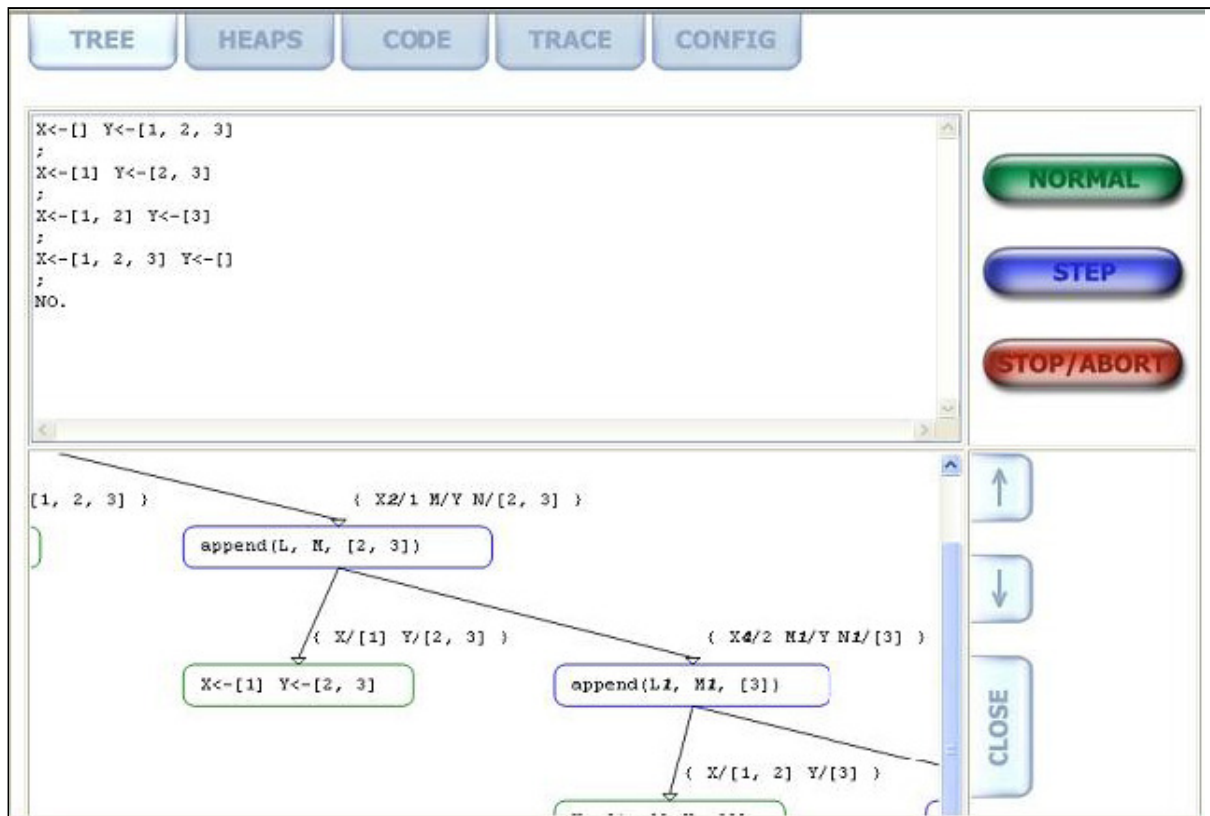
Em seu trabalho Gayo apresentou os paradigmas de programação lógica e funcional (em *Haskell* e em *Prolog* respectivamente). Além disso, foi adotado outra ferramenta WebCT para o incorporar diferentes recursos pedagógicas. Os principais recursos desenvolvidos no IDEFIX são:

- Independência da linguagem de programação: atualmente a ferramenta é utilizada para ensino de *Haskell* e *Prolog*, entretanto no modelo desta ferramenta permita a utilização de outras linguagens de programação como *Curry*, *Java* e *C*;
- Avaliação automática de questões e tarefas do estudante: ao criar uma tarefa de programação o professor pode escrever tanto testes visíveis como invisíveis. Uma vez que o aprendiz escreve uma solução, a ferramenta de avaliação automática



percorre o programa e checa se todos os testes (visíveis e invisíveis) são alcançados;

- c) Ferramenta gráfica para *trace* do programa: ferramenta desenvolvida para visualizar o *trace* de um programa via Internet. Desde modo, o aprendiz visualiza uma árvore do programa do usuário, contendo os caminhos percorridos pelo programa desenvolvido (ver *Figura 2-7*).



*Figura 2-7 Ferramenta gráfica para trace do programa*  
*Fonte: (Gayo et al, 2003)*

O autor cita o desenvolvimento de futuros componentes que serão agregadas ao IDEFIX, como uma ferramenta colaborativa para a resolução de tarefas, sistema de controle de usuário, sistema administrativo do curso e execução de exemplos automáticos por meio da *Internet*. Sobre a ferramenta colaborativa, Gayo destaca que são comuns ferramentas do tipo Wiki, onde cada usuário pode somar com sua experiência, de forma similar no curso de programação cada aprendiz pode contribuir adicionando seu conhecimento sobre um determinado erro que ocorre ao executar um programa.

A grande contribuição deste trabalho é um interpretador genérico que oferece um conjunto mínimo de requisitos para carregar um programa e executar seu código através da Internet.

## **2.6 xLx - Using *Software Testing Techniques* for Efficient Handling of Programming Exercises in an e-Learning Platform**

O xLx abreviação de *eXtreme e-Learning eXperience* (Schwieren *et al*, 2006) foi desenvolvido na Alemanha pela Universidade de Muenster, é utilizado para apoiar eletronicamente os professores sobre exercícios de programação Java. O componente está baseado em testes estáticos e dinâmicos e aproximações de prova, bem conhecidos na engenharia de *software*, e provê uma pré-correção automática de soluções submetidas. Além disso, um tutor pode anotar soluções manualmente, somando comentários que são associados com o código de fonte da solução de um aprendiz. Testes estáticos estão baseados em achar erros sintáticos através da compilação dos códigos fonte submetidos, enquanto testes dinâmicos usam casos de teste definidos por tutores durante a criação dos exercícios e têm que ser executado corretamente nas soluções para receber créditos para os exercícios.

O teste estático sonda um objeto sem executá-lo; analisar a sintaxe do código fonte submetido é um exemplo de avaliação estática. Por outro lado, testes de funcionalidade são conhecidos como testes dinâmicos. O primeiro passo em um teste dinâmico é especificar casos de teste que invocam certa reação uma saída no objeto de teste; para isso o resultado esperado dos testes precisa ser definido com antecedência. O resultado é aprovado ou não no teste.

O xLx utiliza um recurso semelhante ao IDEFIX para testes de programas. Ao invés de testes visíveis e invisíveis, o xLx utiliza testes públicos e escondidos. Os testes públicos (apresentados ao aprendiz) não são utilizados para avaliação ou pontuação. Por outro lado, teste escondidos, são usados para pontuar as questões submetidas. Ao projetar um exercício de programação em xLx, o professor define os pontos para os testes escondidos.

A *Figura 2-8* ilustra a janela de anotações do ponto de vista do aprendiz que é visualizado pelo *browser*. No xLx existem mensagens automáticas sobre o programa desenvolvido pelo aprendiz, uma mensagem típica de erro ocorre quando o resultado esperado é diferente da solução submetida pelo aprendiz. Neste caso, essas mensagens emitidas pelo sistema ainda são pobres para dar bons indicativos para o aprendiz; este problema pode ser reduzido com uma revisão manual feita pelo professor. Assim, o aprendiz ao acessar o sistema poderá visualizar o comentário do professor acrescido da mensagem automática do

sistema. Conforme (Schwieren *et al*, 2006), a combinação da avaliação automática com a revisão feita pelo professor provê um máximo de experiência para o aprendiz.

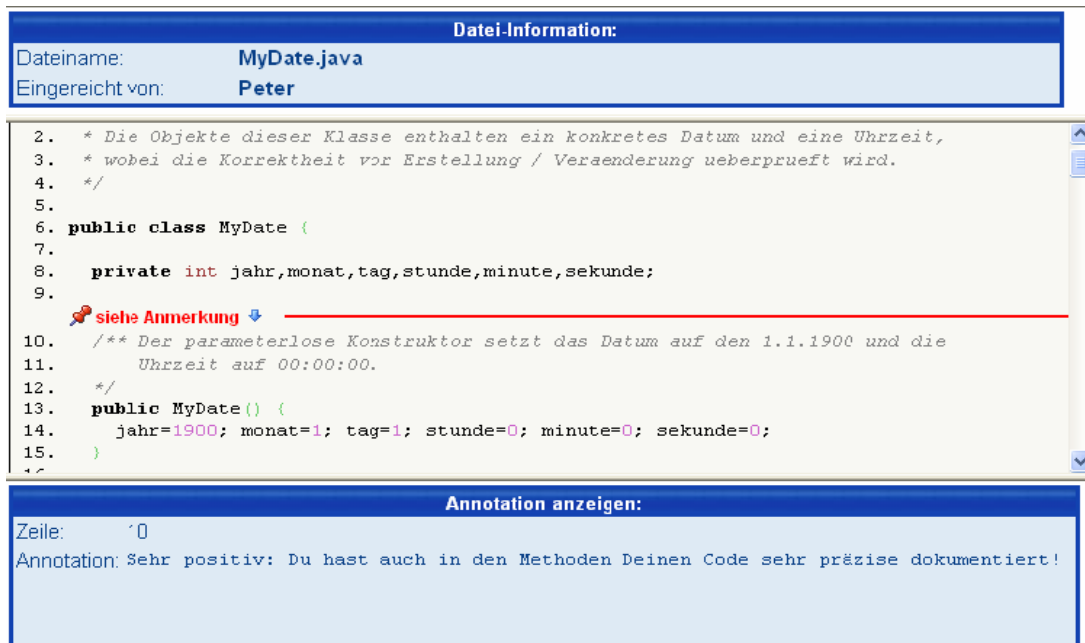


Figura 2-8 Janela de anotações do ponto de vista do aprendiz

Fonte: (Schwieren *et al*, 2006)

## 2.7 Análise dos Trabalhos Relacionados

Os ambientes mais sofisticados que apóiam avaliação são o SQLator e o SQL-Tutor. O grande diferencial do LabSQL, com relação a eles, está na proposta mais abrangente de avaliação automática. No SQLator e no SQL-Tutor o retorno da consulta é apenas correta ou incorreta. Essa abordagem apresenta um problema, pois estimula o aprendiz a fazer consultas “prolixas” que apenas retornam a resposta correta. Como consequência, não avalia se o aprendiz utilizou a técnica e os recursos adequados na solução. Quando “funciona” pela primeira vez o aprendiz abandona o desenvolvimento daquela solução e parte para a próxima questão. Além disso, em muitos casos o *feedback* é fraco como ilustrado na Figura 2-4.

Como consequência antipedagógica, o aprendiz perde a possibilidade de se aperfeiçoar na habilidade de programação, desenvolvendo um trabalho de refatoração em direção a uma solução ótima. A refatoração consiste em desenvolver soluções alternativas, cada vez, mais próximas da solução ideal. Cada alternativa é avaliada em duas dimensões:

- resultado retornado é o esperado (70% do conceito);
- solução possui uma complexidade similar a da solução ótima (30% do conceito).

No Quadro 2-1 é apresentado um quadro comparativo das principais funcionalidades encontradas nos ambientes revisados, as funcionalidades marcadas com asteriscos são previstas para uma nova versão:

1. **Modelar o aprendiz para sessão instrutiva:** compreende em um local onde o aprendiz pode realizar leituras acerca do assunto;
2. **Modelar o aprendiz para sessões instrutivas individuais:** fornece o recurso número 1 individualmente, permitindo resoluções de exercícios e treinamentos sem que haja modificações ou interferência de um outro aprendiz;
3. **Visualizar schema do BD:** o LabSQL permite a visualização do modelo de entidade relacionamento para realizar comandos SQL;
4. **Visualizar resultado da query submetida:** ao submeter uma consulta SQL o LabSQL processa utilizando o SGBD MySQL e apresenta o resultado ao usuário;
5. **Feedback inteligente da query:** o retorno utilizado pelo LabSQL permite refatoração de código, essa é a contribuição e aplicação do LabSQL, compara-se através de métricas de engenharia de *software* o resultado da consulta submetida com o da solução ótima, e calcula a distância entre essas consultas pela nota obtida pela regressão linear múltipla;
6. **Avaliação automática (que usa o heurística):** avaliação que utiliza a heurística para comparar alguns casos de consultas SQL;
7. **Uso da revisão de par para a avaliação:** além disso, o LabSQL fornece o trabalho em grupo que pode ser utilizado para avaliação;
8. **Tratamento especial para *Distinct* e *Order By*:** o LabSQL utiliza a solução ótima para identificar quando são necessárias a utilização de expressões do tipo *Distinct* e *Order by*;
9. **Contramedidas do ataque SQL-injection:** esse recurso e outros em relação a segurança fica no nível de implementação do SGBD MySQL, esse recurso é implementado automaticamente pelo LabSQL através dos perfis dos usuários;
10. **Visualizar resultado esperado da query:** está funcionalidade permite que o aprendiz visualize o resultado esperado pelo sistema;
11. **Aprimorar o resultado da query:** através da nota atribuída pelo sistema, o aprendiz pode melhorar uma questão para conseguir desenvolver a melhor solução ou chegar mais próximo da solução ótima;
12. **Atividades em grupo (Lista de exercícios/ Avaliação):** é utilizado atividades em grupo conforme metodologia adotada pelo professor, tanto para uma simples resolução de uma lista de exercícios ou para o desenvolvimento de uma prova;
13. **Usa mais de um critério para avaliação:** através do módulo de rubrica, o professor determina quais são os critérios de avaliação, por exemplo, a avaliação sendo composta de 10% de listas de exercícios e campeonatos, 10% trabalhos em grupos, 80% da provas;
14. **Utiliza métricas de engenharia de *software* para avaliar a consulta:** no LabSQL as consultas são avaliadas através de métricas de engenharia de *softwares* que são utilizadas para prever a nota através do modelo de regressão linear múltipla utilizada.

Outra qualidade atribuída no LabSQL é a atividade em grupo. Os aprendizes podem realizar uma lista de exercício ou avaliação em grupo, permitindo assim que o grupo revise as consultas enviadas. De acordo com (Saunders, 2006) aprendizagem por revisão é vantajosa

porque “oferece o oportunidade para os aprendizes para ensinar e aprender revisando em grupo, provendo uma experiência de aprendizagem que é qualitativamente diferente das interações de professor/aprendiz habituais”, além disso, o *feedback* é enriquecido pelos aprendizes mais experientes.

*Quadro 2-1 Comparação dos Sistemas*  
*\* Funcionalidade prevista para nova versão*

| Funcionalidades                                                                 | eSQL | SQL-Tutor | SQLator | AsseSQL | LabSQL |
|---------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|---------|---------|--------|
| Modelar o aprendiz para sessões instrutivas individuais                         | ×    | ✓         | ×       | ×       | ✓      |
| Visualizar schema do BD                                                         | ×    | ✓         | ×       | ×       | ✓      |
| Visualizar resultado da query submetida                                         | ✓    | ×         | ×       | ×       | ✓      |
| Feedback semântico da query                                                     | ×    | ✓         | ×       | ×       | ✓      |
| Avaliação automática (que usa o heuristics)                                     | ×    | ×         | ✓       | ✓*      | ✓      |
| Avaliação automática (que usa a equivalência da pergunta da qualidade de cópia) | ×    | ×         | ×       | ×       | ✓      |
| Uso da revisão de par para a avaliação                                          | ×    | ×         | ×       | ×       | ✓      |
| Tratamento especial para <i>Distinct</i> e <i>Order By</i>                      | ×    | ×         | ×       | ×       | ✓      |
| Contramedidas do ataque SQL-injection                                           | ×    | ×         | ×       | ×       | ✓      |
| Visualizar resultado esperado da query                                          | ×    | ×         | ×       | ×       | ✓      |
| Aprimorar o resultado da query                                                  | ×    | ×         | ×       | ×       | ✓      |
| Atividades em grupo (Lista de exercícios/ Avaliação)                            | ×    | ×         | ×       | ×       | ✓      |
| Usa mais de um critério para avaliação                                          | ×    | ×         | ×       | ×       | ✓      |
| Utiliza métricas de engenharia de <i>software</i> para avaliar a consulta       | ×    | ×         | ×       | ×       | ✓      |
| Deteção de Plágio                                                               | ×    | ×         | ✓       | ×       | ✓*     |

# Capítulo 3

## Métricas

---

O capítulo 3 apresenta algumas métricas de engenharia de *software* e métricas específicas de banco de dados que são utilizadas para avaliar a complexidade dos códigos das consultas de BD em SQL. Além disso, é exposto como foi realizada a escolha das métricas para criar um modelo de regressão linear múltipla.

---

Este trabalho propõe uma solução alternativa ao método correção pelo retorno, no qual uma consulta é apenas avaliada pelo seu retorno: se retorna o mesmo resultado que a resposta então está correta senão está errada.

Em nossa proposta se a consulta resposta do aprendiz retorna o resultado correto ele recebe 70% do valor do conceito, os 30% restantes são atribuídos pela qualidade do código da consulta. Esta proposta força o aprendiz a trabalhar num processo de refatoração simplificando o código da consulta em direção a uma consulta ótima.

### 3.1 O processo de aprendizagem via Refatoração de código

Segundo (Fowler, 1999), refatoração é o processo de melhorar um código existente sem modificar seu comportamento externo. O código é refatorado até se tornar tão simples quanto possível. O objetivo da refatoração é tornar o código mais robusto, mais eficiente e de manutenção mais fácil. Dentro do processo de desenvolvimento de *software* a refatoração pode acontecer em vários níveis: desde as camadas mais altas da arquitetura (componentes) até camada mais baixa, os comandos internos a uma classe ou função. Nosso foco é o nível de comandos de programação.

Na tabela abaixo ilustramos o processo de refatoração para uma cláusula lógica da linguagem *Prolog* (Clocksin & Mellish, 1994) com o objetivo de mostrar que a abordagem proposta é geral para linguagens de programação:

*Tabela 3-1 Processo de refatoração em Prolog*

| Passo | Cláusula                                                                                                                                                     | NM | Vol   | MC |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|----|
| a.    | <code>compr(L,T):-L=[X Xs], compr(Xs,T1), T=1+T1.</code>                                                                                                     | 17 | 58.81 | 3  |
| b.    | <code>compr([X Xs],T):-[X Xs]=[X Xs],compr(Xs,T1),T=1+T1.<br/>compr([X Xs],T):-true, compr(Xs,T1), T=1+T1.<br/>compr([X Xs],T):-compr(Xs,T1), T=1+T1.</code> | 14 | 46.50 | 2  |
| c.    | <code>compr([X Xs],1+T1):- compr(Xs,T1).</code>                                                                                                              | 11 | 33.00 | 1  |
| d.    | <code>compr([X Xs],1+C):- compr(Xs,C).</code>                                                                                                                | 11 | 33.00 | 1  |
| e.    | <code>compr([_ Xs],1+C):- compr(Xs,C).</code>                                                                                                                | 10 | 28.07 | 1  |

Na *Tabela 3-1*, da versão (a) para (e), a cada passo a cláusula Prolog se torna mais simples. Nas três últimas colunas, três métricas avaliam a complexidade do código; essas métricas são apresentadas na sessão 3.2.

De (a) para (b), aplicamos a substituição de L por [X|Xs]; em (b) o termo [X|Xs]=[X|Xs] é sempre verdadeiro e pode então ser eliminado. De (b) para (c) aplicamos a substituição de T por 1+T1; agora em (c), temos só a variável T1 e não temos T; sendo que uma variável como C é mais simples que T1, substituímos T1 por C. Por fim, quando numa regra uma variável tem ocorrência única, podemos torná-la anônima, que é o caso da variável

X. Para desenvolver melhor a intuição sobre o processo de fatoração fazemos uma leitura “ao pé da letra” comparando (a) com o resultado final (e), respectivamente:

- o compr de uma lista  $L$  é  $T$  se  $L$  é igual a uma lista com cabeça  $X$  e cauda  $Xs$ , e o compr de  $Xs$  é  $T1$ , e  $T$  é igual a 1 mais  $T1$ ;
- o compr da lista com cauda  $Xs$  é 1 mais  $C$  se o compr da cauda é  $C$ .

A segunda leitura é mais simples; em termos de cláusula lógica esta é a versão mais simples possível. Sobre estes passos de fatoração podemos observar as métricas utilizadas para medir este desenvolvimento nas três últimas colunas. Estes valores vêm decrescendo conforme o código é refatorado para uma forma mais simples.

### 3.2 Uso de Métricas para consultas SQL

Segundo (Basili, 1988), pode-se caracterizar, avaliar, prever e analisar código de um programa através de métricas. Dessa forma, métricas de *software* representam uma abordagem quantitativa para medir a qualidade de *software*.

Na literatura de Engenharia de *Software* (Pressman, 2005), existem diversas métricas além da métrica mais elementar que é o número de linhas de código fonte, tais como a complexidade ciclomática de McCabe (MC) e o volume de Halstead (VL) que são utilizadas para linguagens de programação em geral. Além dessas métricas, existem também métricas específicas para avaliar a complexidade de consultas SQL, tais como, o número de tabelas (NT), o número de atributos (NA), o número de chaves estrangeiras (NFK) (Coral et al., 2001) e o número de *Selects* aninhados (Piattini & Martinez, 2000). As métricas NA, NT e NFK podem ser calculadas sobre uma consulta SQL específica ou sobre um banco de dados inteiro. Por exemplo, o NT do banco influencia negativamente o tempo de desenvolvimento de uma consulta: quanto mais tabelas existem no banco de dados, mais trabalho terá o programador para decidir em quais dessas tabelas está a informação desejada.

#### 3.2.1 Cálculo das métricas utilizadas

Nesta sessão apresentamos as métricas utilizadas neste trabalho. O **volume** de (Halstead, 1977) é calculado como a fórmula  $V=N*\log_2(n)$  onde a variável  $N$  representa a somatória do total de ocorrências de operadores/operandos e  $n$  representa a somatória do número de operadores/operandos únicos. Inicialmente, é necessário diferenciar os operandos dos operadores. O conjunto dos operadores inclui os aritméticos (+ - \* / = < <= >=) e os lógicos (*and or not*). Os operadores de igualdade e de desigualdade são também



contabilizados para o cálculo da métrica de (McCabe, 1976). Por exemplo, na consulta da *Tabela 3-2*, os operadores estão em negrito.

*Tabela 3-2 Cálculo de métricas para um exemplo de consulta*

| Consulta exemplo                                                                                       | Métricas Eng Soft | Métricas SQL         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|
| <b>Select</b> onhand, reorder, reorder / onhand<br><b>from</b> item <b>where</b> reorder / onhand > 13 | Volume=VL= 44,38  | Nro Tabelas=TB= 1    |
|                                                                                                        | McCabe=MC= 2      | Nro Colunas=CN= 6    |
|                                                                                                        | Comprimento=MN=14 | Colunas usadas=CI= 2 |

Para a consulta na *Tabela 3-2*, exemplificamos no *Quadro 3-1* Exemplo do cálculo do volume de Halstead (1977), o cálculo do volume, contabilizando os totais de operadores e operandos, únicos e não únicos.

*Quadro 3-1 Exemplo do cálculo do volume de Halstead (1977)*

| Tokens contabilizados                                                      | Variável            | Total |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------|
| Select / from where / >                                                    | Operadores únicos   | n1=5  |
| onhand reorder item 13                                                     | Operandos únicos    | n2=4  |
| Select / from where / >                                                    | Total de operadores | N1=6  |
| onhand reorder reorder onhand item<br>reorder onhand 13                    | Total de operandos  | N2=8  |
| <b>n=n1+n2=5+4=9; N=N1+N2=6+8=14; Volume=14*log<sub>2</sub>(9) = 44,38</b> |                     |       |

O **número ciclomático** de (McCabe, 1976), desenvolvido para programas procedurais, conta o número de caminhos alternativos do fluxo de execução existentes na unidade do programa. Construindo o fluxo de execução do programa, a métrica é calculada pela fórmula  $V(G)=DE+1$ , onde  $V(G)$  representa o gráfico associado do fluxograma e  $DE$  o número de pontos de decisão. Como o SQL é não é uma linguagem procedural, podemos assumir como uma aproximação ao número de McCabe, o número de comparações (existentes na consulta) mais um. A consulta exemplo (*Tabela 3-2*) tem apenas um operador de comparação, portanto o número de McCabe é dois.

O **comprimento** da consulta pode ser visto com uma métrica similar ao número de linhas de código fonte de um programa (Pressman, 2005). Para o SQL, consideramos o número de *tokens* (palavras ou símbolos) encontrados na consulta, sendo que *tokens* repetidos também são contabilizados. Na consulta exemplo, o comprimento é 14. Além dessas métricas, também utilizamos:

- número de tabelas (TB) referenciadas na consulta (no exemplo é 1);
- número de colunas (CN) das tabelas referenciadas na consulta (no exemplo são as 6 colunas da tabela Item);
- número de colunas (CI) utilizadas na consulta (no exemplo são 2).

### 3.3 O modelo de regressão linear

A regressão linear tem sido usada por diversos pesquisadores para avaliar automaticamente ensaios escritos em linguagem natural (Hearst, 2000) (Page, 1966). A abordagem consiste em criar um *corpus* de ensaios (como respostas de questões discursivas) já avaliados por profissionais (conjunto de treinamento), do qual são coletados os indicadores que servem para criar um modelo baseado em regressão linear múltipla para prever a nota dos trabalhos dos aprendizes. O sucesso desta abordagem depende da qualidade do conjunto de treinamento e de uma criteriosa escolha dos indicadores coletados (Hearst, 2000).

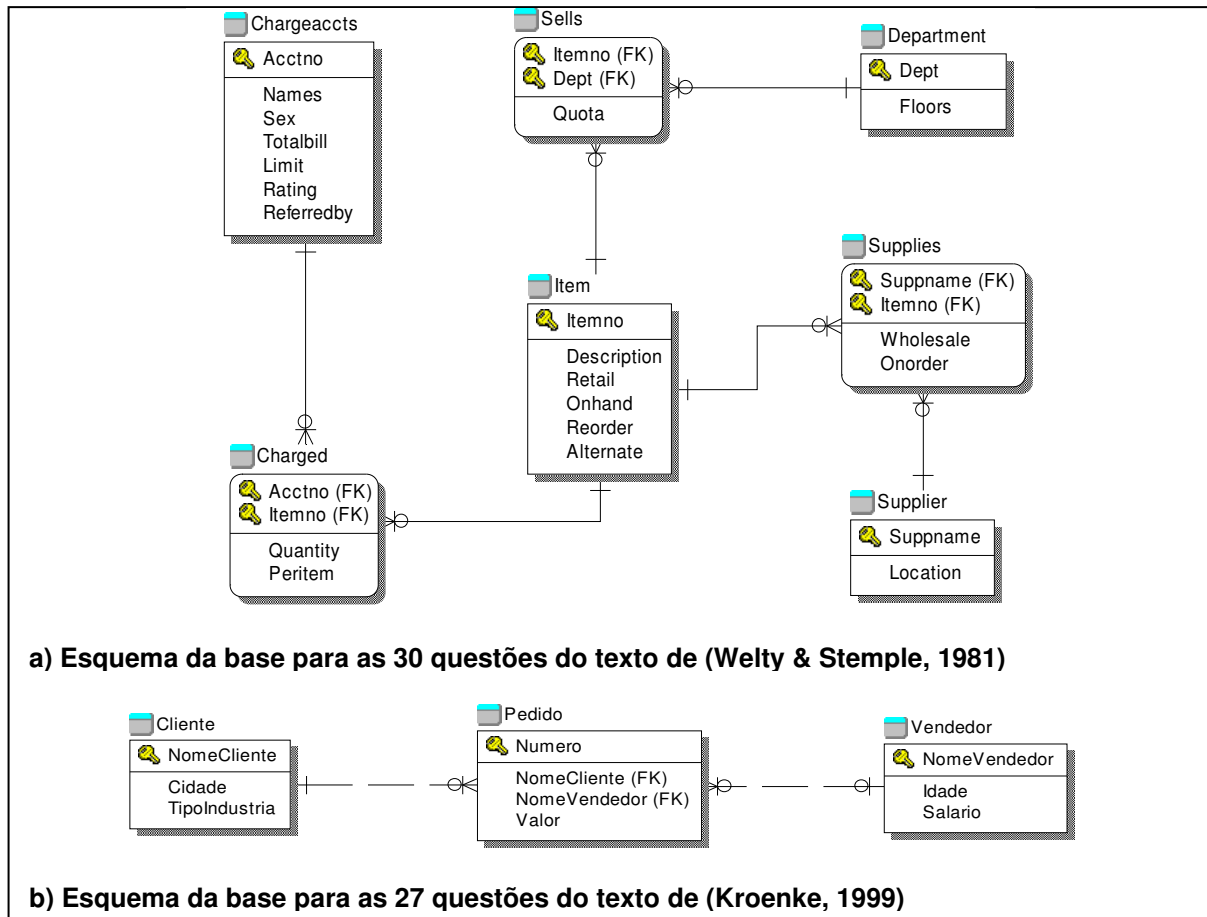
Pensamos que esta abordagem para avaliação de ensaios em linguagem natural alcança ainda mais sucesso quando aplicada em notações mais formais como programas de computador. Partimos com um *corpus* de treinamento/teste composto por um conjunto de questões de 30 consultas SQL; estas consultas são ordenadas em termos de complexidade, numa escala de 40 a 90. Cada consulta está associada a um valor desta escala; duas consultas não podem ter a mesma avaliação para se manter a ordenação dentro do conjunto. A ordenação foi feita inicialmente pela média de dois avaliadores; no caso de empate, foi utilizado um terceiro avaliador.

A partir do *corpus* avaliado foi feito um estudo coletando-se de forma automática as métricas para se executar um modelo de regressão múltipla que busca prever a complexidade de cada consulta. Nas próximas seções detalhamos todo esse processo.

### 3.4 Definição do *corpus* de treinamento/teste

Nosso foco é a avaliação da complexidade de consultas SQL como respostas de exercícios de textos didáticos de SQL, por isso validamos as métricas contra conjuntos de questões extraídas de textos didáticos sobre programação de SQL:

- um conjunto de 30 questões propostos por (Welty & Stemple, 1981) como testes para programadores de SQL; baseadas em sete tabelas relacionais, com 28 atributos (ver *Figura 3-1a*);
- um conjunto de 27 questões do capítulo 10 do livro de Banco de Dados de (Kroenke, 1999), baseado em três tabelas relacionais, com dez atributos (ver *Figura 3-1b*).



*Figura 3-1 Dois esquemas de dados para os conjuntos de consultas SQL.*

Para cada questão dos conjuntos foi preparada uma consulta SQL correta. As primeiras consultas (*Tabela 3-3*) foram utilizadas para treinamento do modelo de regressão e o segundo conjunto de consultas (*Tabela 3-6*) foi utilizado para testes do modelo induzido. Na *Tabela 3-3*, as consultas em SQL são agrupadas por classe, conforme discriminado a seguir:

- classe 1: consulta utilizando apenas uma tabela;
- classe 2: consulta utilizando uma tabela e funções agregadas;
- classe 3: consulta utilizando duas ou mais tabelas;
- classe 4: consulta utilizando duas ou mais tabelas e com funções agregadas;

Na *Tabela 3-3*, a coluna CX, em destaque, apresenta a média das notas dos avaliadores em uma escala de valores de complexidade de 40 até 90. Assumindo essas premissas, aos examinadores foi solicitado:

- criar uma ordenação para as consultas, da menos complexa para a mais complexa, atribuindo um valor de complexidade para cada consulta na faixa de 40 até 90;

- respeitar a restrição de duas consultas não possuírem o mesmo valor de complexidade;
- respeitar as 4 classes de consultas, onde o menor valor de uma classe superior estaria acima do maior valor da classe inferior.

A faixa de 40 até 90 foi escolhida assumindo-se que existem consultas bem menos complexas, como “select \*”, e, por outro lado, em um ambiente de ensino de SQL podem existir consultas um pouco mais complexas que aquelas utilizadas no conjunto de treinamento. A faixa de 40 até 90 corresponde, portanto, a uma faixa complexidade para questões de livros didáticos numa escala aproximada de 00 a 100.

Foi solicitado aos examinadores criar uma ordem na complexidade das consultas, pois queremos que o sistema imite esse comportamento. O valor da nota não é tão importante quanto à ordem, de forma que, no *feedback*, o sistema oriente o aprendiz a simplificar e aprimorar a consulta executada. A classificação final, como resultado da média dos avaliadores, é apresentada na coluna CX da *Tabela 3-3*.

Na *Tabela 3-3*, podemos ver o resultado da regressão onde o maior erro é 8,34%, em relação à nota dos examinadores. Foram testados outros conjuntos de questões, propostos por professores de SQL, com resultados similares a este.

Para facilitar a visualização das métricas como colunas de tabelas, foram adotadas as seguintes siglas: NM = Comprimento; VL = Volume de Halstead; MC = McCabe; TB = Nro de Tabelas (multiplicado por 10; soma-se mais 5 se na consulta tem uma função de agregação); CN = Nro de colunas das tabelas; CI = Nro de colunas utilizadas. Temos mais duas colunas na *Tabela 3-3*: CX = Complexidade dos (atribuída pelos) examinadores e RX = Complexidade prevista pela regressão.

*Tabela 3-3 Conjunto de respostas (consultas em SQL)  
para as 30 questões propostas como testes para programadores de SQL (Welty & Stemple, 1981); agrupadas por classe, com métricas coletas (NM, VL, MC, TB, CN, CI), média das notas dos avaliadores (CX), complexidade*

| Grupo        | Resposta – Sql                                                  | NM | VL    | MC | TB | CN | CI | CX | RX    | Erro % |
|--------------|-----------------------------------------------------------------|----|-------|----|----|----|----|----|-------|--------|
| Com 1 tabela | Select suppname from supplies where itemno = 19                 | 8  | 24,00 | 2  | 10 | 4  | 2  | 40 | 40,32 | 0,80%  |
|              | Select A.Acctno , A.names , A.Limit * 2 from Chargeaccts A      | 8  | 24,00 | 1  | 10 | 7  | 3  | 42 | 41,94 | 0,15%  |
|              | Select acctno, names from Chargeaccts where totalbill > limit   | 9  | 28,53 | 2  | 10 | 7  | 4  | 43 | 44,10 | 2,55%  |
|              | Select Description, 2 * Retail from item Where Onhand > Reorder | 11 | 38,05 | 2  | 10 | 6  | 4  | 45 | 46,12 | 2,48%  |

| Grupo                 | Resposta - Sql                                                                                                                     | NM | VL    | MC | TB | CN | CI | CX | RX    | Erro % |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|----|----|----|----|----|-------|--------|
| Com 1 tabela          | Select * from item where retail < 5 and alternate = 8                                                                              | 12 | 43,02 | 4  | 10 | 6  | 2  | 48 | 45,93 | 4,31%  |
|                       | Select onhand, reorder, reorder / onhand from item Where reorder / onhand > 1                                                      | 14 | 44,38 | 2  | 10 | 6  | 2  | 49 | 44,91 | 8,34%  |
|                       | Select acctno, names from Chargeaccts where rating > 8 and referredby = 108                                                        | 13 | 48,11 | 4  | 10 | 7  | 4  | 50 | 49,31 | 1,39%  |
| Com funções agregadas | Select Dept, Avg ( quota ) from sells group by Dept                                                                                | 11 | 36,54 | 1  | 15 | 3  | 2  | 51 | 51,49 | 0,96%  |
|                       | Select A.Suppname, Max ( A.wholesale ) from supplies A group by A.Suppname                                                         | 11 | 36,54 | 1  | 15 | 4  | 2  | 52 | 51,79 | 0,40%  |
|                       | Select count ( distinct itemno ) from supplies where itemno = 19                                                                   | 12 | 41,51 | 2  | 15 | 4  | 1  | 53 | 52,32 | 1,28%  |
|                       | Select Names from ChargeAccts Where TotalBill >= ( Select Avg ( TotalBill ) from ChargeAccts )                                     | 16 | 53,15 | 2  | 15 | 7  | 2  | 54 | 56,08 | 3,84%  |
|                       | Select Acctno, Names, Max ( Rating ) as Avaliacao from chargeaccts group by Acctno, Names                                          | 15 | 55,51 | 1  | 15 | 7  | 3  | 55 | 58,21 | 5,85%  |
|                       | Select Suppname, Sum ( onorder ) as Total from supplies where onorder > 100 group by Suppname                                      | 17 | 66,42 | 2  | 15 | 4  | 2  | 56 | 59,43 | 6,12%  |
|                       | Select Dept , Sum ( Quota ) from Sells group by Dept Having Sum ( Quota ) > 1000                                                   | 18 | 66,61 | 2  | 15 | 3  | 2  | 58 | 58,62 | 1,07%  |
|                       | Select Dept, Avg ( quota ) from sells group by Dept having Avg ( quota ) > 499                                                     | 18 | 66,61 | 2  | 15 | 3  | 2  | 59 | 58,62 | 0,64%  |
|                       | Select Suppname from supplies where wholesale >= 10 group by Suppname having sum ( onorder ) >= 1000                               | 18 | 72,00 | 3  | 15 | 4  | 3  | 60 | 61,97 | 3,28%  |
|                       | Select B.Names, A.Itemno from charged A,chargeaccts B Where A.acctno = B.acctno                                                    | 10 | 31,70 | 2  | 20 | 11 | 3  | 61 | 62,61 | 2,64%  |
| Com 2 ou mais tabelas | Select distinct A.Suppname from supplies A, sells B Where A.itemno = B.itemno and B.dept = 'CAMPING'                               | 14 | 50,19 | 4  | 20 | 7  | 3  | 62 | 66,21 | 6,80%  |
|                       | Select distinct Location from supplier A, Supplies B where A.Suppname = B.Suppname and B.itemno = 9                                | 14 | 50,19 | 4  | 20 | 6  | 4  | 64 | 66,81 | 4,39%  |
|                       | Select A.description, B.Suppname from item A, supplies B Where A.itemno = B.itemno and A.onhand > A.reorder                        | 14 | 51,81 | 4  | 20 | 10 | 3  | 65 | 67,71 | 4,17%  |
|                       | Select A.description, A.Retail, B.description, B.Retail from item A, item B Where A.itemno = B.Alternate and A.Retail <= B.Retail  | 16 | 55,35 | 4  | 20 | 6  | 3  | 68 | 66,65 | 1,99%  |
|                       | Select Distinct A.Dept from Sells A,Supplies B Where A.itemno = B.itemno and B.Suppname = 'WARMTH,INC'                             | 15 | 55,51 | 4  | 20 | 7  | 3  | 70 | 67,58 | 3,46%  |
|                       | Select Distinct A.itemno, A.Description from Item A, Supplies B where A.itemno = B.itemNo and Wholesale > 10                       | 15 | 55,51 | 4  | 20 | 10 | 5  | 72 | 70,28 | 2,39%  |
|                       | Select A.Suppname, A.location from Supplier A, Supplies B Where A.Location = 'BOSTON' and B.Itemno = 3 and A.Suppname = B.Suppname | 18 | 64,53 | 6  | 20 | 6  | 3  | 74 | 69,22 | 6,46%  |

| Grupo                                     | Resposta – Sql                                                                                                                                                         | NM | VL     | MC | TB | CN | CI | CX | RX    | Erro % |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------|----|----|----|----|----|-------|--------|
| Com 2 ou mais tabelas                     | Select A.Acctno , A.names from Chargeaccts A,Charged B Where A.Acctno = B.Acctno and A.rating = 9 and B.itemno <> 3                                                    | 18 | 68,53  | 6  | 20 | 11 | 4  | 75 | 73,08 | 2,56%  |
|                                           | Select A.Acctno, A.names, A.sex, A.TotalBill, A.limit, A.Rating, A.Referredby, B.ItemNo, B.Quantity, B.Peritem from ChargeAccts A, Charged B Where A.Acctno = B.Acctno | 18 | 72,00  | 2  | 20 | 11 | 10 | 79 | 78,98 | 0,02%  |
| Com 2 ou mais tabelas e funções agregadas | Select A.suppname, avg ( B.Retail ) from supplies A, item B where A.itemno = B.itemno group by A.suppname                                                              | 16 | 60,92  | 2  | 25 | 10 | 3  | 83 | 78,32 | 5,64%  |
|                                           | Select Avg ( Limit ) from ChargeAccts A, Charged B Where A.Acctno = B.Acctno and B.Itemno = 1                                                                          | 16 | 60,92  | 4  | 25 | 11 | 3  | 85 | 78,99 | 7,07%  |
|                                           | Select A.itemno from item A, Sells B , Charged C Where A.itemno = C.itemno and A.itemno = B.itemno and A.retail > 19 and C.acctno = 101                                | 22 | 83,76  | 8  | 30 | 13 | 3  | 87 | 94,04 | 8,09%  |
|                                           | Select A.Dept from department A , Sells B Where A.Dept = B.Dept and A.floors = 3 group by A.Dept having count ( Distinct B.itemno ) > 1                                | 24 | 103,73 | 5  | 25 | 5  | 3  | 90 | 88,38 | 1,80%  |
| Média Erros %                             |                                                                                                                                                                        |    |        |    |    |    |    |    | 3,36% |        |
| Maior Erro %                              |                                                                                                                                                                        |    |        |    |    |    |    |    | 8,34% |        |

Para cada consulta, o sistema extrai automaticamente as métricas através de procedimentos especializados. Essas métricas coletadas no *corpus* foram validadas via correlação contra complexidade atribuída pelos examinadores. Por serem métricas de Engenharia de *Software*, todas elas possuem uma boa correlação positiva (entre 0,34 e 0,94 ) com a complexidade atribuída pelos examinadores, como mostra a *Tabela 3-4*. Neste passo deixamos de utilizar algumas métricas encontradas na literatura para avaliar complexidade de SQL, pois não eram freqüentes no conjunto de treinamento: uma delas é o “número de *selects* aninhados” (Coral *et al*, 2001) – provavelmente esta métrica é mais adequada para consultas complexas de aplicações comerciais, onde são comuns scripts longos.

*Tabela 3-4 Correlação entre os atributos escolhidos e a nota dos avaliadores.*

|                               | NM   | VL   | MC   | TB   | CN   | CI   | CX |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|----|
| Comprimento=NМ                | 1    |      |      |      |      |      |    |
| Volume=VL                     | 0,99 | 1    |      |      |      |      |    |
| McCabe=MC                     | 0,58 | 0,56 | 1    |      |      |      |    |
| Nro de Tabelas=TB             | 0,66 | 0,66 | 0,61 | 1    |      |      |    |
| Nro de colunas das Tabelas=CN | 0,18 | 0,17 | 0,46 | 0,58 | 1    |      |    |
| Nro de colunas Utilizadas=CI  | 0,16 | 0,21 | 0,11 | 0,20 | 0,51 | 1    |    |
| Complexidade=CX               | 0,78 | 0,79 | 0,64 | 0,94 | 0,56 | 0,34 | 1  |

### 3.5 O modelo da regressão múltipla

Deste conjunto de treinamento e dos indicadores (métricas) selecionados, foi gerado um modelo de regressão linear múltipla, que prediz o valor de complexidade de novas consultas a partir dos valores extraídos das métricas. Segue a equação gerada pelo modelo de regressão múltipla:

$$RX = 15,1624454 + (-0,5709812 * NM) + (0,3639506 * VL) + (0,1848695 * MC) + (1,7617098 * TB) + (0,3023356 * CN) + (0,8962457 * CI)$$

Esta equação é usada para avaliar a complexidade da resposta do professor e do aprendiz. Com essa equação podemos prever a complexidade das consultas de teste como ilustra a *Tabela 3-5*.

*Tabela 3-5 Aplicação dos indicadores predizendo a complexidade de uma consulta*

| Resposta - Sql                                                                                                                                                                                     | NM | VL | MC | TB | CN | CI | RX        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|-----------|
| Select suppname from supplies where itemno = 19                                                                                                                                                    | 8  | 24 | 2  | 10 | 4  | 2  | 40,318083 |
| RX = <b>15,1624454</b> + (- <b>0,5709812</b> * 8) + ( <b>0,3639506</b> * 24) + ( <b>0,1848695</b> * 2) + ( <b>1,7617098</b> * 10) + ( <b>0,3023356</b> * 4) + ( <b>0,8962457</b> * 2) = 40,3180830 |    |    |    |    |    |    |           |

Testando a fórmula para um conjunto de 27 consultas que são respostas do livro de Kroenke (*Tabela 3-6*), observamos que o modelo se ajusta ao esperado. O valor mínimo de complexidade foi (37,03), que é inferior ao mínimo estipulado na base de treinamento (40). Já o valor máximo foi (98,61), (8,61) pontos acima do máximo do conjunto de treinamento, porém dentro do esperado. Como o objetivo é ordenar as consultas por complexidade, a faixa de valores não precisa ser absoluta.

*Tabela 3-6 Conjunto de 27 questões do capítulo 10 do livro de BD de (Kroenke, 1999), baseado em 3 tabelas relacionais, com 10 atributos*

| Exerc. | Resposta - SQL                                                                                                                                                  | NM | VL    | MC | TB | CN | CI | RX    |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|----|----|----|----|-------|
| 10.1   | select idade, salario from vendedor                                                                                                                             | 5  | 11,61 | 1  | 10 | 3  | 2  | 37,03 |
| 10.2   | select distinct nomevendedor, idade, salario from vendedor                                                                                                      | 7  | 19,65 | 1  | 10 | 3  | 3  | 39,72 |
| 10.3   | select distinct nomevendedor, idade, salario from vendedor where idade < 30                                                                                     | 11 | 36,54 | 2  | 10 | 3  | 3  | 43,76 |
| 10.4   | select a.nomevendedor, a.salario from vendedor a, pedido b where a.nomevendedor = b.nomevendedor and nomecliente <> 'Abernathy Construction' order by a.salario | 18 | 70,32 | 4  | 20 | 7  | 3  | 71,26 |
| 10.5   | select count ( numero ) from pedido a                                                                                                                           | 7  | 19,65 | 1  | 15 | 4  | 1  | 47,03 |
| 10.6   | select a.nomecliente from pedido a group by a.nomecliente having count ( a.nomecliente ) = 1                                                                    | 14 | 50,19 | 2  | 15 | 4  | 1  | 54,34 |
| 10.7   | select avg ( idade ) from vendedor                                                                                                                              | 7  | 19,65 | 1  | 15 | 3  | 1  | 46,73 |
| 10.8   | select a.nomevendedor, a.idade from vendedor a where a.idade = ( select max ( a.idade ) from vendedor a )                                                       | 17 | 56,47 | 2  | 15 | 3  | 2  | 55,50 |

| Exerc. | Resposta - SQL                                                                                                                                                                                                                                      | NM | VL     | MC | TB | CN | CI | RX    |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------|----|----|----|----|-------|
| 10.9   | select a.nomevendedor , count ( numero ) from pedido a group by a.nomevendedor                                                                                                                                                                      | 11 | 36,54  | 1  | 15 | 4  | 2  | 51,79 |
| 10.10  | select a.nomevendedor , count ( numero ) from pedido a where a.valor > 500 group by a.nomevendedor                                                                                                                                                  | 15 | 57,11  | 2  | 15 | 4  | 3  | 58,08 |
| 10.11  | select a.nomevendedor, a.idade from vendedor a where a.nomevendedor IN ( select b.nomevendedor from pedido b where b.nomecliente = 'Abernathy Construction' ) order by a.idade desc                                                                 | 23 | 94,01  | 2  | 20 | 7  | 3  | 76,65 |
| 10.12  | select a.idade from vendedor a where a.nomevendedor IN ( select b.nomevendedor from pedido b, cliente c where b.nomecliente = c.nomecliente and c.cidade = 'Memphis' )                                                                              | 22 | 88,00  | 4  | 30 | 10 | 4  | 94,83 |
| 10.13  | select distinct a.idade from vendedor a, pedido b, cliente c where a.nomevendedor = b.nomevendedor and a.nomecliente = c.nomecliente and c.cidade = 'Memphis'                                                                                       | 19 | 72,34  | 6  | 30 | 10 | 4  | 91,21 |
| 10.14  | select c.tipointustria, a.idade, a.nomevendedor from vendedor a, pedido b, cliente c where a.nomevendedor = b.nomevendedor and b.nomecliente = c.nomecliente and c.cidade = 'Memphis'                                                               | 20 | 76,15  | 6  | 30 | 10 | 5  | 92,92 |
| 10.15  | select a.nomevendedor from pedido a group by a.nomevendedor having count ( * ) >= 2                                                                                                                                                                 | 14 | 51,81  | 2  | 15 | 4  | 1  | 54,92 |
| 10.16  | select b.nomevendedor, a.idade, count ( b.numero ) from vendedor a, pedido b where b.nomevendedor = a.nomevendedor group by b.nomevendedor, a.idade having count ( numero ) >= 2                                                                    | 25 | 102,19 | 3  | 25 | 7  | 3  | 87,48 |
| 10.17  | select b.nomevendedor, a.idade, count ( b.numero ) from vendedor a, pedido b where b.nomevendedor = a.nomevendedor group by b.nomevendedor, a.idade having count ( distinct b.nomecliente ) >= ( Select Count ( distinct NomeCliente ) from pedido) | 34 | 144,43 | 3  | 25 | 7  | 4  | 98,61 |
| 10.18  | Select a.nomevendedor from vendedor a, pedido b where a.nomevendedor = b.nomevendedor and nomecliente = 'Abernathy Construction'                                                                                                                    | 14 | 48,43  | 4  | 20 | 7  | 2  | 64,68 |
| 10.19  | select distinct a.nomevendedor, a.idade from vendedor a, pedido b where a.nomevendedor = a.nomevendedor and b.nomecliente = 'Abernathy Construction' order by a.idade desc                                                                          | 20 | 80,00  | 4  | 20 | 7  | 3  | 73,64 |
| 10.20  | insert into cliente (nomecliente, cidade, tipointustria) values ('Dave','Belém','F')                                                                                                                                                                | 10 | 33,22  | 1  | 10 | 3  | 1  | 78,98 |
| 10.21  | insert into vendedor (nomevendedor, idade, salario) values ('Dave',28, 0)                                                                                                                                                                           | 10 | 33,22  | 1  | 10 | 3  | 1  | 65,91 |
| 10.22  | alter table vendedor add check(salario > 100000);                                                                                                                                                                                                   | 8  | 24,00  | 2  | 10 | 3  | 0  | 69,22 |
| 10.26  | update vendedor set salario = salario * 1.1                                                                                                                                                                                                         | 9  | 25,27  | 2  | 10 | 3  | 1  | 68,49 |
| 10.27  | update vendedor v set v.nomevendedor = 'PARKS' where v.nomevendedor = 'Dave'                                                                                                                                                                        | 13 | 41,21  | 3  | 10 | 3  | 1  | 76,31 |

### 3.6 Exemplos de uso da fórmula da regressão múltipla

O uso da regressão é para identificar possibilidades de aperfeiçoar as consultas, comparando-se a resposta do aprendiz contra a resposta do professor. Na *Tabela 3-6*, temos exemplos de exercícios de SQL com respostas corretas (produzem o resultado desejado) que



possuem complexidade diferente. Por exemplo, no exercício 1 (*Tabela 3-7*), a solução do professor 1P tem complexidade (71,80) já as soluções dos aprendizes 1A, 1B, 1C tem respectivamente complexidades (75,71), (79,61), (86,14); na 1A apenas foi mencionado explicitamente o *join*; na 1B é usado uma sub-consulta com *in*; na 1C é usada uma sub-consulta *exist*. Parece-nos bem lógico esta ordem de aumento de complexidade.

*Tabela 3-7 Exercício 1: exemplos de soluções equivalentes com diferentes métricas*

| Exerci. | Resposta – SQL                                                                                                                                   | NM | VL    | MC | TB | CN | CI | RX    |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|----|----|----|----|-------|
| 1 P     | Select Distinct A.Dept from Sells A,Supplies B<br>Where A.itemno = B.itemno and B.Suppname =<br>'WARMTH,INC'                                     | 15 | 55,51 | 4  | 20 | 7  | 3  | 67,58 |
| 1 A     | Select Distinct A.Dept from Sells A inner join<br>Supplies B on A.itemno = B.itemno Where<br>B.Suppname = 'WARMTH,INC'                           | 17 | 66,42 | 3  | 20 | 7  | 3  | 70,22 |
| 1 B     | Select Distinct A.Dept from Sells A Where<br>A.itemno in ( Select itemno from Supplies B Where<br>B.Suppname = 'WARMTH,INC' )                    | 19 | 74,23 | 2  | 20 | 7  | 3  | 71,74 |
| 1 C     | Select Distinct A.Dept from Sells A Where exists (<br>Select itemno from Supplies B Where B.Suppname<br>= 'WARMTH,INC' and A.itemno = B.itemno ) | 22 | 88,00 | 4  | 20 | 7  | 3  | 75,41 |

No exercício 2 (*Tabela 3-8*), também temos três respostas mais complexas que a resposta do professor; as duas mais complexas utilizam uma sub-consulta *EXIST*; aqui podemos ver que o texto da consulta mais complexa é bem maior que o texto da resposta do professor (16 x 31 *tokens*, indicador NM). Como exemplo, nos testes executados, a nota 9,87 para o exercício do aprendiz 2A (apresentada na *Figura 3-1a*) é calculada da seguinte forma: 70% (sete pontos) da nota é obtido pelo fato do resultado retornado pela execução da solução do aprendiz ser o esperado; o restante é calculado através de uma regra de três inversamente proporcional, levando-se em consideração que a complexidade do professor (85,72) é equivalente a 30% da nota geral, portanto, a complexidade proposta do aprendiz (89,63) equivale a 28,7% (2,87 pontos) da sua nota, alcançando, dessa forma, a nota 9,87 pontos.

*Tabela 3-8 Exercício 2: exemplos de soluções equivalentes com diferentes métricas.*

| Exerci. | Resposta – SQL                                                                                                                                             | NM | VL     | MC | TB | CN | CI | RX    |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------|----|----|----|----|-------|
| 2 P     | Select Avg ( Limit ) from ChargeAccts A, Charged<br>B Where A.Acctno = B.Acctno and B.Itemno = 1                                                           | 16 | 60,92  | 4  | 25 | 11 | 3  | 78,99 |
| 2 A     | Select Avg ( Limit ) from ChargeAccts A inner join<br>Charged B on A.Acctno = B.Acctno Where<br>B.Itemno = 1                                               | 18 | 72,00  | 3  | 25 | 11 | 3  | 81,70 |
| 2 B     | Select Sum ( A.Limit ) / count ( A.Limit ) from<br>ChargeAccts A Where exists ( Select * from<br>Charged B Where A.Acctno = B.Acctno and<br>B.Itemno = 1 ) | 28 | 116,76 | 4  | 25 | 11 | 3  | 92,47 |

| Exerci. | Resposta – SQL                                                                                                                                                                            | NM | VL     | MC | TB | CN | CI | RX    |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------|----|----|----|----|-------|
| 2 C     | Select Sum ( A.Limit ) / count ( A.Limit ) from ChargeAccts A Where exists ( Select B.Acctno, B.Itemno, B.Quantity, B.Peritem from Charged B Where A.Acctno = B.Acctno and B.Itemno = 1 ) | 31 | 131,69 | 4  | 25 | 11 | 5  | 97,98 |

Na tabela a seguir são apresentadas soluções equivalentes em SQL da questão 156 cadastrada no LabSQL. A solução cadastrada pelo professor 1P tem complexidade (157,08) já as soluções dos aprendizes 1A, 1B e 1C possuem respectivamente complexidades (128,92), (169,76) e (179,63); nas soluções 1A, 1B e 1C não foram mencionados explicitamente o *join* como na 1P, entretanto 1A é uma solução ótima superando inclusive a resposta do professor por apresentar uma redução da métrica de NM que não utiliza *alias* de colunas como nas demais consultas; já 1B e 1C possuem complexidades maiores por utilizarem comandos dispensáveis como *order by* e *separator*.

*Tabela 3-9 Exemplos de soluções equivalentes com diferentes métricas no LabSQL.*

| Questao 156: Mostre o nome da turma, do professor e a lista de aprendizes na mesma linha (use group_concat). |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |        |    |    |    |    |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------|----|----|----|----|--------|
| Exerci.                                                                                                      | Soluções – SQL                                                                                                                                                                                                                                                                                            | NM | VL     | MC | TB | CN | CI | RX     |
| 1 P                                                                                                          | select A.nome as prof, B.nome as tur,<br>group_concat( D.nome ) as alun from pessoa A<br>join turma B on A.cdpeessoa = B.profe join<br>participante C on B.cdturma = C.turma join<br>pessoa D on C.pessoa = D.cdpeessoa group by<br>A.nome, B.nome                                                        | 25 | 246,02 | 4  | 35 | 8  | 6  | 157,08 |
| 1 A                                                                                                          | select d.nome ,c.nome ,group_concat(a.nome)<br>from turma c, pessoa d, pessoa a, participante b<br>where d.cdpeessoa=c.profe and<br>a.cdpeessoa=b.pessoa and b.turma=c.cdturma<br>group by d.nome ,c.nome                                                                                                 | 21 | 191,43 | 6  | 35 | 8  | 6  | 128,92 |
| 1 B                                                                                                          | select p.nome profe,t.nome turma,<br>group_concat(distinct a.nome order by t.profe<br>separator ', ' ) aprendiz from turma t, pessoa p,<br>pessoa a, participante i where p.cdpeessoa=t.profe<br>and a.cdpeessoa=i.pessoa and i.turma=t.cdturma<br>group by t.nome order by p.nome                        | 26 | 267,96 | 6  | 35 | 8  | 6  | 169,76 |
| 1 C                                                                                                          | select p.nome professor,t.nome turma,<br>group_concat(distinct a.nome order by t.profe<br>separator ', ' ) aprendiz from turma t, pessoa p,<br>pessoa a, participante i where p.cdpeessoa=t.profe<br>and a.cdpeessoa=i.pessoa and i.turma=t.cdturma<br>group by p.nome, t.nome order by p.nome,<br>t.nome | 26 | 285,24 | 6  | 35 | 8  | 6  | 179,63 |

# Capítulo 4

## Proposta do LabSQL

---

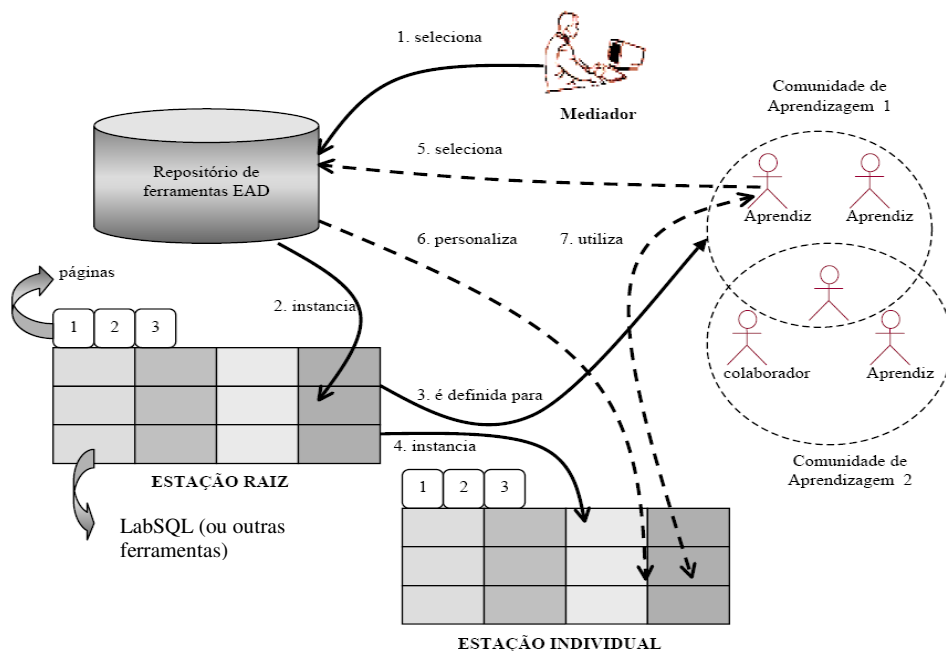
O capítulo 4 apresenta a proposta do LabSQL ilustrando a utilização do sistema assim como suas funcionalidades, tanto na visão do professor como do aprendiz.

---

#### 4.1 Contexto: Projeto Amam

O LabSQL foi concebido como uma ferramenta do ambiente AmAm que é desenvolvido centrado em uma arquitetura que propõe o desenvolvimento de AVAs a partir de agentes, componentes e framework e considera como princípio básico a integração de todos os aspectos de conhecimento do aprendiz (Gava, 2002). Em contraste com as abordagens tradicionais dos AVAs, onde disciplinas e cursos (ou grandes áreas de conhecimento) são tratadas de forma isolada, sem uma integração dos assuntos que estão sendo estudados por um aprendiz em um determinado momento, o AmAm, na sua concepção, utiliza uma metáfora de células para a composição do espaço de aprendizagem do aprendiz (Silva *et al*, 2003).

Na *Figura 4-1* ilustra-se um cenário de uso do AmAm, considerando o LabSQL como uma ferramenta, constante no repositório de ferramentas, e que pode constituir uma célula na estação de aprendizagem.



*Figura 4-1 Contexto da ferramenta LabSQL*

*Fonte: (Silva et al, 2003)*

A vantagem de inserir o LabSQL no projeto AmAm está nas facilidades de cooperação e colaboração concebidas para o AmAm. Na proposta do AmAm, um mediador constrói um espaço de aprendizagem para uma comunidade, selecionando as ferramentas apropriadas para sua utilização. Dentre essas ferramentas encontra-se o LabSQL.

Uma vez selecionadas as ferramentas, o sistema gera uma estação raiz e a torna disponível para os aprendizes.

No AmAm, uma estação de aprendizagem é única por aprendiz e está organizada em páginas, que por sua vez, contem células. Cada célula na estação pode conter diferentes recursos para o aprendiz, como por exemplo: (1) jogos, simuladores, micromundos, sistemas tutores, tutoriais, assistentes, ferramentas para construção de mapas conceituais, entre outros *softwares* educativos; (2) ferramentas para facilitar a comunicação síncrona ou assíncrona; (3) ferramentas para auxiliar construção cooperativa (transferências de arquivo, edição cooperativa de textos, de figuras geométricas ou de imagens etc); (4) ferramentas de uso geral, como tradutores e ferramentas de busca.

#### 4.2 Laboratório para Ensino de SQL On-Line (LabSQL)

LabSQL é um ambiente interativo para auxiliar os estudante no aprendizado da linguagem SQL e pode ser utilizado como ferramenta de apoio ao professor para realizar automaticamente as avaliações nas atividades de laboratório. O LabSQL foi concebido para resolver os problemas de prática de laboratório para ensino da linguagem de programação SQL. Na versão atual são explorados os seguintes aspectos:

- interatividade nos tópicos de programação: todo exemplo que aparece no texto explicativo dos comandos de SQL pode ser prontamente executado para o aprendiz analisar o comportamento do comando;
- flexibilidade no seqüenciamento do conteúdo: o ambiente oferece uma flexibilidade, liberando o aprendiz de ter que seguir linearmente o conteúdo ou a execução dos exercícios;
- avaliação inteligente: compreendendo uma avaliação automática com *feedback* imediato, conforme abordagem descrita neste trabalho; e uma avaliação global comparativa em relação à turma;
- flexibilidade no monitoramento do aprendiz: o professor pode acompanhar o desempenho de cada aprendiz e da turma como um todo.

Na *Figura 4-2*, apresentamos a visão geral da arquitetura do LabSQL, onde o professor, através da **interface de mediação**, define **avaliações e questões**, além de registrar algumas de suas resoluções; as questões podem ser apenas para treinamento do aprendiz ou restritas para uso de avaliação formal. A estratégia de seleção das questões é realizada

previamente pelo professor ou a partir da estratégia o sistema sorteia automaticamente as questões para cada aprendiz. Dessa forma, o aprendiz, através de uma **interface de aprendizagem**, interage com o sistema a fim de solucionar as questões propostas, sendo a trilha do aprendiz e seus desempenhos registrados **na base de desempenho dos aprendizes**. O **executor de avaliações** aciona o **Interpretador SQL**, que executa e retorna o resultado da consulta, utilizando a **base de testes**, que é gerada e mantida para cada aprendiz; se a execução da consulta do aprendiz retorna o mesmo resultado que a execução da consulta do professor, então o texto da consulta passa a ser avaliado em termos de complexidade, com base no modelo de métricas, através do **executor de métricas**, que, em essência, mede a distância da consulta do aprendiz em relação à do professor. O **acompanhamento do aprendiz** é realizado, pelo professor, com base na **trilha percorrida e no desempenho alcançado pelos aprendizes**; como *feedback*, o aprendiz recebe a avaliação automática das consultas, sugerindo melhorias quando apropriado, e mensagens (comentários) do professor acerca das suas soluções. Finalmente, as informações gerais do curso e de seus participantes estão na **base de dados institucionais do AVA** integrado ao LabSQL.

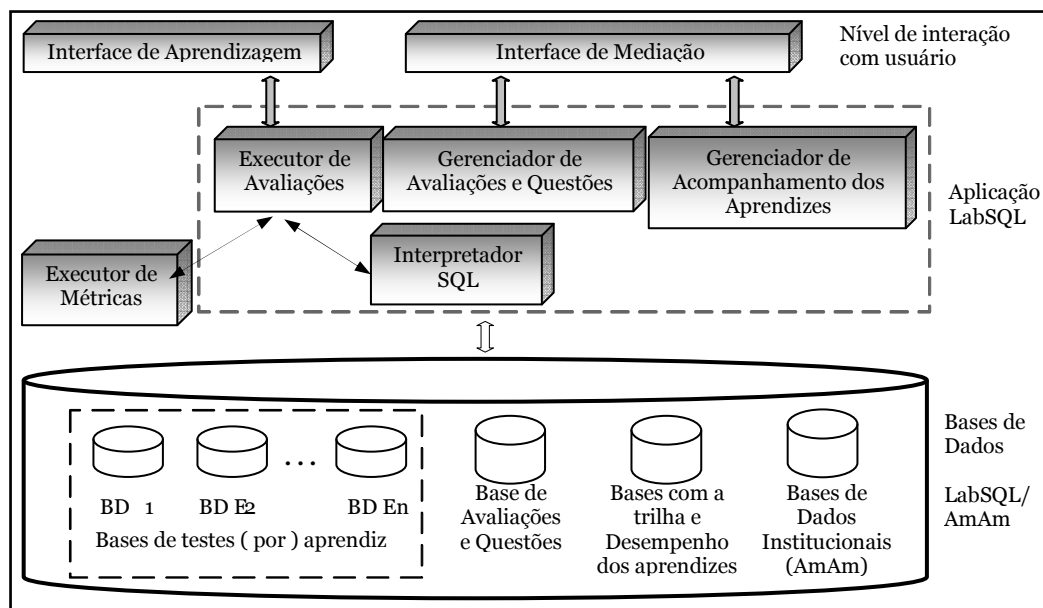


Figura 4-2 Visão geral da arquitetura do LabSQL.

Fonte: (Lino et al, 2007)

#### 4.3 Estrutura do conteúdo

O conteúdo do LabSQL está organizado em módulos. Atualmente existem os seguintes módulos:

- **Módulo I** apresenta introdução a linguagem SQL com um breve histórico da linguagem, define o que é um BD relacional e suas principais características, a

utilização do SQL no console e embutida no código fonte, os elementos que compõem o SQL como comentários e as operações básicas da álgebra relacional;

- **Módulo II** apresenta a sintaxe básica do comando *Select* para realizar uma consulta, assim como a sintaxe para realizar operações de seleção e projeção da álgebra relacional bem como ordenação. Além disso, apresenta os operadores aritmético, lógico e relacional utilizados para escrever expressões em SQL;
- **Módulo III** apresenta comandos DDL (data definition language) e a DCL (data control language), utilizados para criar: banco de dados, índices, visões; realizar manutenção em tabelas; manipular registros com: *insert*, *update*, *delete*; dar permissões de acesso aos usuários e criar restrições de integridade referencial;
- **Módulo IV** apresenta a sintaxe utilizada para agrupar e resumir dados através das funções de agregação. As principais funções de agregação são exemplificadas, assim como, as cláusulas *group by* e *having* utilizadas respectivamente para determinar um grupo na consulta e realizar restrições com funções agregadas;
- **Módulo V** apresenta comandos SQL para realizar sub-consultas, incluindo expressões de junções explícitas e implícitas. Tais comandos permitem expressar operações da álgebra relacional como junção, união, interseção, dentre outras. Ilustrando também diferentes formas para escrever uma consulta produzindo um mesmo resultado.

Na *Figura 4-3* é ilustrada a disposição dos módulos no formato de árvore. Cada módulo tem um determinado número de sessões, as quais são apresentadas para o usuário no formato de *link*; ao clicar em um item a página é carregada; a interface pode mudar conforme funcionalidade cadastrada para sessão ou módulo.

**2 – SELECT (básico)**

O SELECT é o principal comando do SQL. Ele é usado para consulta de dados, permitindo codificar todas as operações da álgebra relacional (seleção, projeção, junção, produto cartesiano, etc).

**Convenção de escrita:** Muitas vezes utilizamos as palavras reservadas do SQL em caixa alta, por exemplo, "a cláusula SELECT DISTINCT"; quando fazemos isso é para destacar as palavras reservadas as quais estamos apresentando. No entanto, na programação estas palavras do SQL podem ser tanto em caixa alta como em caixa baixa. Quando programamos é melhor usar caixa baixa, pois a digitação é mais fácil; além disso, tudo em caixa alta fica feio.

Neste módulo, inicialmente usamos o BD da figura abaixo nos exemplos de consultas de SQL.

**Banco com 3 tabelas com pessoa, turma e participante.**

| cdpessoa | nome   | fone   |
|----------|--------|--------|
| 1        | Obilac | 260088 |
| 2        | Silva  | 282677 |
| 3        | Cabral | 260088 |
| 4        | Lobato | 174590 |
| 5        | Mateus |        |

5 row(s)

| cdturma | nome    | profe |
|---------|---------|-------|
| A       | Volei   | 4     |
| B       | Karate  | 4     |
| C       | Natação | 2     |

3 row(s)

| pessoa | turma |
|--------|-------|
| 1      | A     |
| 3      | A     |
| 1      | B     |
| 1      | C     |
| 2      | C     |

5 row(s)

Apresentamos uma sintaxe inicial do comando *select*, com diversos exemplos e exercícios para as diferentes configurações das suas cláusulas: *select*, *from* *where*, *order by*, etc. Nos módulos seguintes algumas das cláusulas são retomadas para serem estudados com mais detalhes.

```
select [distinct] coluna1 [as nome1] {, column [as nome]}
[from from-list]
[where clause]
[order by attr_name1 [asc | desc] [using op1 ] {, nom-atributo-i...}]
[union (all) select ...]
```

O *select \* from pessoa* mostra todas as colunas da tabela; para fazer uma projeção, isto é, mostrar só

*Figura 4-3 Janela principal aprendiz:*  
 (a) Módulos no formato de links no lado esquerdo; (b) Funcionalidades no lado direito relacionado ao módulo, lista de exercícios.

Existem questões associadas à sessão **Select (básico)**, quando ocorre este tipo de funcionalidade, um *link* aparece no canto direito da janela como na *Figura 4-3*. Isso orienta o aprendiz na percepção para realizar suas questões de uma determinada sessão, reduzindo o número de ramificações no menu. Assim temos: **Módulo 2 (SELECT Básico)**, **2.3 Tipos de operadores** e **2.3.1 Expressões**.

Atualmente o sistema interpreta dois níveis de hierarquia para o conteúdo, sendo o módulo o primeiro nível e a sessão o segundo nível, os demais níveis subsequentes ficam agrupados. Na janela principal, está disponível para o aprendiz um *link* para o conteúdo no formato *pdf* mais apropriado para ler impresso, oportunizando aos aprendizes o estudo *off-line*.



No final de cada módulo são apresentadas listas de exercícios para avaliar o aprendizado do estudante.

#### 4.3.1 Tipos de exercícios

No LabSQL temos quatro tipos de exercícios: objetivos de múltipla escolha, objetivos (V/F), programação SQL e questões discursivas. Todos os exercícios são previamente cadastrados pelo professor (perguntas e respostas). Toda resposta a um tipo de exercício é avaliada pelo sistema. Na *Figura 4-4* é ilustrada uma questão discursiva onde o professor pode alterar a nota atribuída pelo ambiente LabSQL.

A interface da janela de exercícios do LabSQL para um professor. No topo, há uma barra com a palavra 'Questão' e uma série de botões numerados de 64 a 104. Abaixo, um ícone de usuário e o texto '2ª Chamada Início:14/12/2006 - Término:15/02/2007'. A área principal contém a pergunta: '65-O que é uma chave estrangeira de uma tabela? (10/20 palavras).'. A resposta dada é: 'É a chave que possui um relacionamento com a chave primária de outra tabela.'. Abaixo da resposta, há um botão 'Alterar Nota' e um campo de texto com o valor '8'. Na base da resposta, um balão verde indica: 'Sua nota é 6,92.'. À direita, um painel 'Histórico de Respostas em Porcentagem de Acerto' mostra uma tabela com dados de desempenho.

| Histórico de Respostas em Porcentagem de Acerto |       |       |
|-------------------------------------------------|-------|-------|
| Q.64                                            | Q.65  | Q.91  |
| 10.00%                                          | 6.92% | 9.06% |
| 8.46%                                           | 6.78% | 9.33% |
|                                                 | 6.38% |       |
| M.P.                                            | M.P.  | M.P.  |
| 10.00                                           | 6.92  | 9.33  |

*Figura 4-4 Janela de exercícios com questão discursiva*

Esta janela de exercício é personalizada conforme o perfil do usuário no sistema, neste exemplo o perfil é de professor onde aparece um botão para alterar a nota da resposta do aprendiz.

#### 4.4 Visão do professor no LabSQL

No LabSQL o professor é responsável por gerenciar questões, conteúdo, avaliação e acompanhar o desenvolvimento dos aprendizes através de relatórios como: frequência de utilização do ambiente; avaliação detalhada mostrando notas de cada exercício por aprendiz; desempenho individual dos aprendizes.

Além disso, o professor trabalha com diversas turmas e o LabSQL foi desenvolvido pensando nesse contingente. Para solucionar esse problema, o professor: a) define uma turma para utilizar, em seguida o sistema cria automaticamente um atalho para essa turma (ver *Figura 4-5 - a*); b) seleciona uma turma através do atalho definido pelo sistema (ver *Figura*

4-5 - b). Dessa forma, o professor não necessita selecionar novamente a **turma** ao utilizar as funcionalidades do sistema como administração de conteúdo, administração de questões, avaliações entre outros.

O atalho é baseado em uma tabela de *log*, onde são gravadas todas as informações de acesso e utilização do sistema. Quando o professor define manualmente uma turma, ficam registradas na tabela de *log* as informações dessa turma, assim, o sistema apresentará o atalho da turma no próximo *login*.

**a)**

Definir Atalho - "Usuários de uma Turma"

Definir Manualmente ☐ Não ☒ Sim

Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ \*

Tipo de curso: ESPECIALIZAÇÃO \*

Curso: Análises de Sistemas \*

Disciplina: BANCO DE DADOS \*

Turma: SISTBD \*

Seleciona

**b)**

Definir Atalho - "Usuários de uma Turma"

Definir Manualmente ☒ Não ☐ Sim

1º Atalho: ☐ Disciplina: EAN0702 Turma: 100012

2º Atalho: ☐ Disciplina: EAN0701 Turma: 100011

3º Atalho: ☐ Disciplina: EN05064 Turma: 100010

Seleciona

*Figura 4-5 Opções do Professor:*  
(a) Seleciona uma turma; (b) Últimas turmas visitadas.

No *menu* do sistema, o professor visualiza sete *links*, cada *link* possui uma ou mais funcionalidades com os seguintes recursos disponíveis para **usuário de turma** (ver *Figura 4-6*):

**Fórum:** desenvolvido para contemplar a comunicação com o aprendiz, onde ocorre a interação entre todos os participantes do LabSQL;

**Analisar Resultados:** proporciona relatórios para o professor com a finalidade de avaliar o aprendiz em diversos aspectos tais como realização das listas de exercícios, participação, frequência, aproveitamento nas provas. Nesses relatórios o professor tem opção de alterar a nota gerada automaticamente pelo sistema, para cada atividade;

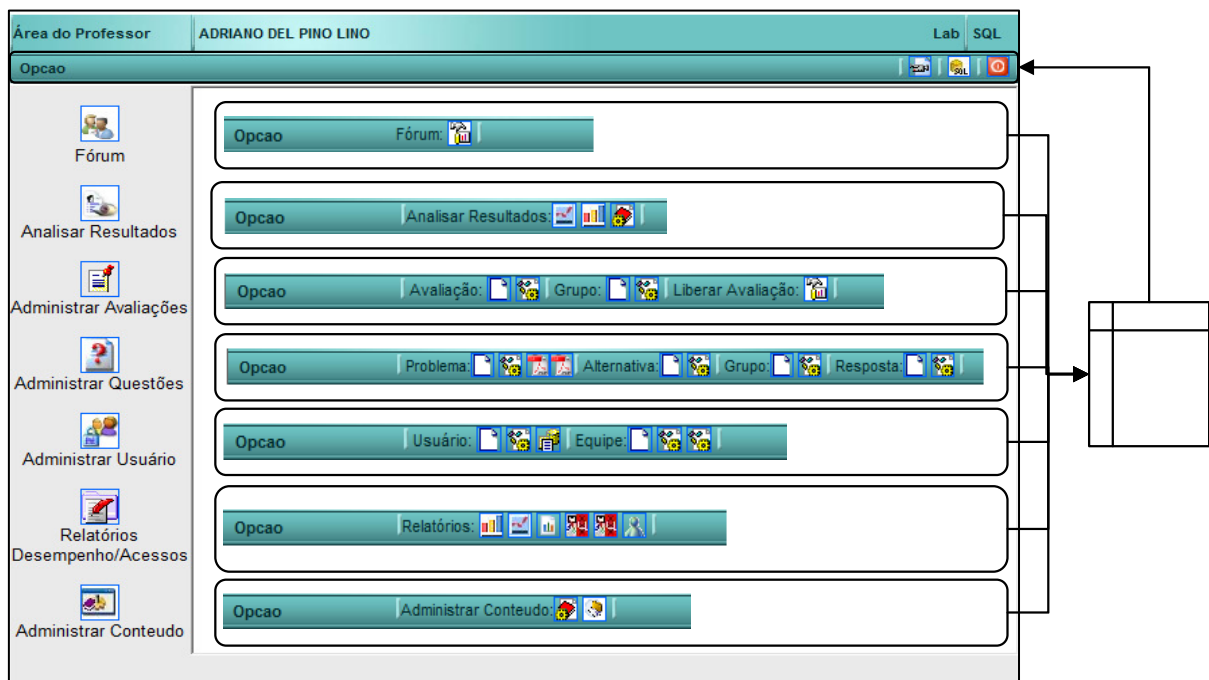
**Administrar Avaliações:** esta área possui três funcionalidades, onde o professor pode: **gerenciar avaliação**, criando, editando ou excluindo uma avaliação baseada em grupos de questões; **gerenciar grupos de questões**, incluindo ou excluindo questões a um grupo; **liberar avaliação**, liberando a avaliação individualmente por aprendiz;

**Administrar Questões:** o professor gerencia as questões cadastrando, editando ou excluindo; também gerencia as respostas das questões cadastradas e define os possíveis grupos para as questões inseridas;

**Administrar Usuários:** o professor gerencia um usuário cadastrando, editando ou excluindo um aprendiz; pode também gerar novamente o BD criado automaticamente no primeiro *login* no LabSQL, esse recurso é necessário porque o aprendiz executa comandos SQL do tipo DML alterando o BD; ainda é possível que o professor crie atividades para grupo de usuários; gerenciar grupo de usuários;

**Relatórios de Desempenho/Acessos:** o professor tem a opção de visualizar os seguintes relatórios gráficos: **acessos por usuário**, apresenta a frequência dos aprendizes no formato vertical ou horizontal; **usuário *on-line***, identifica os aprendizes que estão utilizando o LabSQL no momento; **desempenho do aluno**, ilustra a porcentagem de conclusão da avaliação, utilizando o gráfico de *Gantt* interativo;

**Administrar Conteúdo:** o professor pode alterar conteúdo que será apresentado aos aprendizes, pode também associar questões a uma determinada sessão de conteúdo.



*Figura 4-6 Visão do professor: funcionalidades*

O LabSQL possibilita possui um recurso SQL-Livre (ver *Figura 4-7*). Este recurso auxilia o professor para criar o conteúdo, uma vez que ele visualiza o retorno das consultas. O SQL-Livre apresenta além da execução de múltiplas consultas, um histórico das 20 últimas instruções realizadas e os exemplos disponíveis na sessão do conteúdo.

Além disso, o SQL-Livre pode ser utilizado em laboratório com a turma desenvolvendo exemplos didáticos e solucionando exercícios.

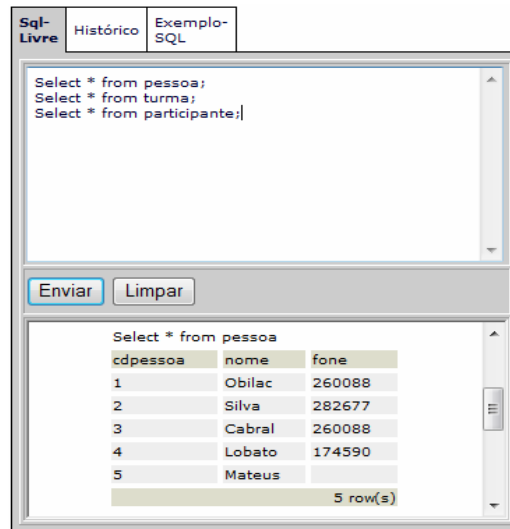


Figura 4-7 Janela SQL-Livre com resultado da consulta SQL

#### 4.5 Visão do aprendiz no LabSQL

O LabSQL direciona os usuários a realizarem as atividades a serem desenvolvidas, assim o aprendiz ao efetuar o *login* no LabSQL tem dois modos: a) avaliação e b) estudo.

A Figura 4-8 apresenta a visão do aprendiz ao efetuar o *login* no LabSQL no modo avaliação. Neste caso, quando está disponível uma avaliação (provas, atividades em grupo, entre outros) o LabSQL redireciona o aprendiz para a área de avaliações, onde são listadas todas as avaliações disponíveis no formato de *links*. Com este recurso, o aprendiz pode priorizar o desenvolvimento das avaliações disponíveis. Os *links* possuem informações sobre início e término e o nome da avaliação, na figura abaixo, por exemplo, existem duas avaliações disponíveis, sendo a primeira uma prova e a segunda uma avaliação em grupo.

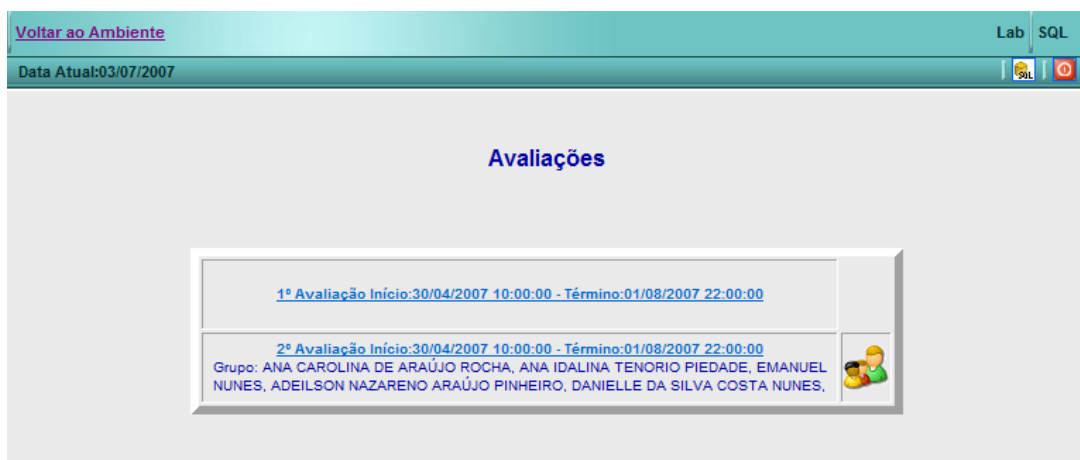


Figura 4-8 Na janela de avaliações na visão do aprendiz

No modo estudo o aprendiz visualiza a janela principal do ambiente (ver *Figura 4-9*), a área de estudo, que permite a leitura acerca do conteúdo disponível apresentando *links*:

1. **Avaliação:** é apresentada ao aprendiz quando existe uma prova ou lista de exercício, o caminho deste *link* é para a janela avaliação como mostrado na *Figura 4-8*;
2. **Exercício:** fica disponível quando o professor associa questões a uma determinada sessão. Neste exemplo, existem questões associadas na sessão 2.1.
3. **Agenda:** fornece um espaço para o aprendiz realizar qualquer anotação, funciona como um caderno no qual o aprendiz tem a liberdade de escrever, reescrever ou apagar uma informação. Neste exemplo, a informação anotada pelo aprendiz é próxima aula: prova.
4. **Vídeo:** proporciona o aprendiz a entender o funcionamento do LabSQL. Algumas funcionalidades do sistema como o SQL-Livre e agenda são explicados através dessa animação com áudio. Esse recurso facilita os aprendizes que não entenderam a explicação do professor ou não participaram da aula onde é explicado o LabSQL;
5. **Comandos de SQL:** os que estão incluídos no conteúdo possuem um *link* para janela SQL-Livre, na qual podem ser executadas.

The screenshot shows the LabSQL interface. The top bar has tabs: Contato, Avaliação, Perfil, Dúvidas, and Lab SQL. Below the tabs is a 'Conteúdo' section with 'Anterior' and 'Próximo' buttons. The left sidebar shows a tree view of modules: 1 - Módulo 1, 2 - Módulo 2 SELECT (básico), 20 - Select (básico), 21 - Cláusulas FROM e WHERE (highlighted), 22 - Cláusula ORDER BY, 23 - Tipos de operadores, 3 - Módulo 3 Manipulação de Tabelas, 4 - Módulo 4 Group By, and 5 - Módulo 5 Sub-consultas. The main content area is titled '2.1 Cláusulas From e Where'. It contains a paragraph explaining the FROM clause, a SQL query 'select \* from pessoa, turma;', a table with 6 columns (cdpessoa, nome, fone, cdturma, nome, profe) and 15 rows, and a footer note about the Cartesian product.

**2.1 Cláusulas From e Where**

A cláusula FROM define quais tabelas são consultadas. No caso mais simples, quando usamos duas tabelas sem uma condição de ligação estaremos executando um **produto cartesiano** da álgebra relacional.

```
select * from pessoa, turma;
```

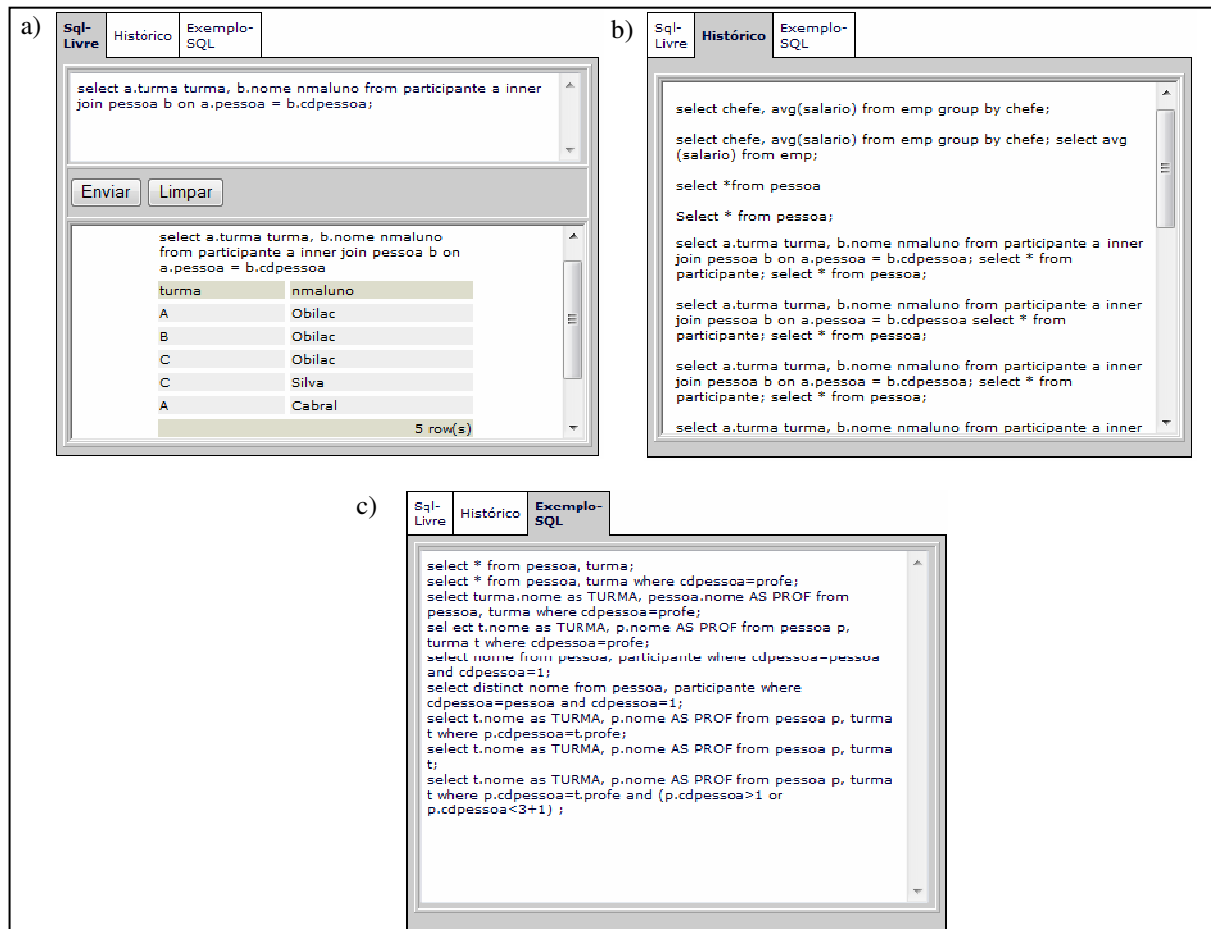
| cdpessoa  | nome   | fone   | cdturma | nome    | profe |
|-----------|--------|--------|---------|---------|-------|
| 1         | Obilac | 260088 | A       | Volei   | 4     |
| 1         | Obilac | 260088 | B       | Karate  | 4     |
| 1         | Obilac | 260088 | C       | Natação | 2     |
| ...       | ...    | ...    | ...     | ...     | ..    |
| 4         | Lobato | 174590 | C       | Natação | 2     |
| 5         | Mateus |        | A       | Volei   | 4     |
| 5         | Mateus |        | B       | Karate  | 4     |
| 5         | Mateus |        | C       | Natação | 2     |
| 15 row(s) |        |        |         |         |       |

O produto cartesiano não tem muita utilidade. Por outro lado, a operação de **junção** que é vista como um produto

*Figura 4-9 Janela principal na visão do aprendiz*

O aprendiz ao entrar na janela principal do sistema tem acesso ao conteúdo no formato *pdf*, este recurso atende os usuários que preferem trabalhar com material impresso.

Na janela do SQL-Livre (ver *Figura 4-10*) existem três guias: a) SQL-Livre, onde é possível executar e visualizar os resultados dos comandos SQL; b) Histórico, onde ficam os últimos 20 comandos executados; c) Exemplo-SQL, onde o aprendiz visualiza exemplos de comandos SQL de um determinado conteúdo.



*Figura 4-10 Janela SQL-Livre:*

*a) Execução de comandos SQL; b) Histórico de até 20 comandos SQL; c) Exemplos de comandos SQL*

A janela SQL-Livre fornece ao aprendiz três opções: a) um ambiente de treinamento de comandos SQL no qual os resultados dos comandos SQL são visualizados; b) os históricos dos comandos executados; c) os exemplos do conteúdo previamente selecionado. Todos os comandos SQL são salvos, permitindo assim estudos futuros em relação a esses comandos executados, por exemplo, utilizando-se técnicas de mineração de dados.

Na área do aprendiz, ainda é possível alterar informações pessoais de cadastro bem como visualizar seu desempenho, essas funcionalidades estão disponíveis no *link perfil*. O mesmo menu oferecido ao professor também é oferecido ao aprendiz, porém o professor visualiza a turma toda e o aprendiz só ele mesmo. Os itens deste menu são:

1. **Fórum:** contempla a comunicação entre todos os participantes do LabSQL, mesma visão para todos os usuários;
2. **Analisar resultado:** relatórios de desempenho do aprendiz nas dimensões de realização das listas de exercícios, participação, frequência e aproveitamento nas provas, visão das interações do aprendiz no LabSQL;
3. **Administrar Questão:** relatório que contém questões cadastradas por grupo e disponível no formato *pdf* para impressão, mesma visão para aprendiz e professor;
4. **Administrar Usuário:** recursos para editar somente os dados cadastrais do aprendiz, também é possível gerar novamente o BD criado do aprendiz;
5. **Material de Apoio:** materiais disponíveis para os aprendizes que são inseridos pelo professor, atualmente contém um arquivo compactado com várias apresentações de BD e *links* para o conteúdo no formato *pdf* e o vídeo de introdução ao sistema;
6. **Relatório de Desempenho/Acessos:** o aprendiz tem a opção de visualizar os seguintes relatórios gráficos: **acesso por usuário e usuário *on-line***, apresenta a mesma funcionalidade da área do professor; **desempenho do aluno**, identifica seu progresso na avaliação através do gráfico de *Gantt* interativo;

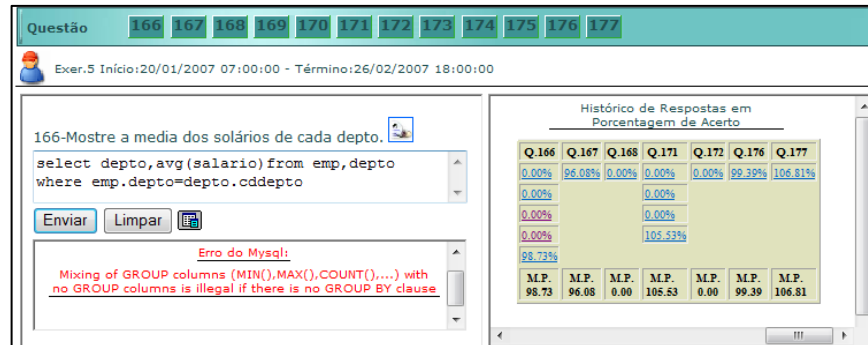
#### 4.6 Execução de Exercícios de SQL

Ao realizar um exercício de SQL o aprendiz, submete uma consulta SQL que é avaliado pelo interpretador do SGBD retornando o resultado da consulta, utilizando a base de testes que é gerada e mantida para cada aprendiz. O interpretador retorna o resultado da consulta que pode ser correto ou incorreto em relação à sintaxe. Caso o resultado da consulta do aprendiz for correto, então o comando SQL passa a ser avaliado em termos de complexidade, pelo módulo avaliador de métricas. O módulo avaliador de métricas de programação, em essência, mede a distância da consulta do aprendiz em relação à do professor (Lino *et al*, 2007).

Um comando SQL é avaliado em vários níveis, e dependendo do nível o *feedback* pode ser diferente:

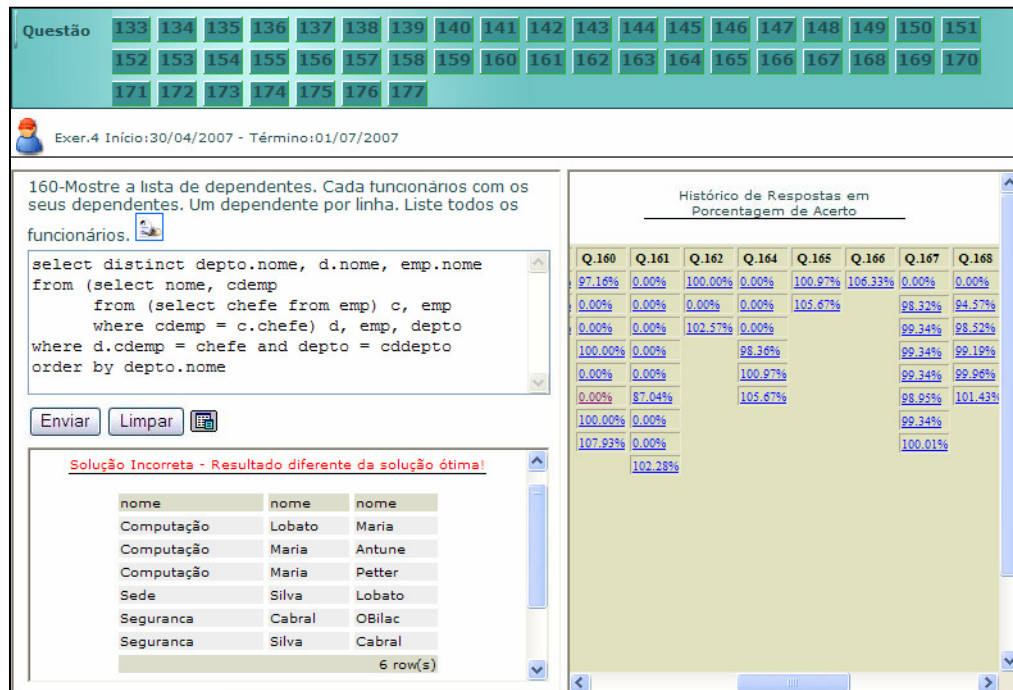
**1) Sintaxe:** O resultado em relação à sintaxe pode ser incorreto ou correto, se o resultado for incorreto, a mensagem de erro é emitida ao usuário pelo próprio analisador do

SGBD. No exemplo da *Figura 4-11*, a mensagem indica o erro ao expressar uma consulta contendo colunas e funções agregadas sem o operador GROUP BY.



*Figura 4-11 Exemplo de SQL com erro de sintaxe*

**2) Resultado da consulta:** Os resultados das consultas do aprendiz e da solução ótima são comparados quanto ao número de linhas e colunas, caso algum desses valores seja diferente o resultado é considerado como errado e a mensagem emitida ao aprendiz é “Solução Incorreta – Resultado diferente da solução ótima” (ver *Figura 4-12*).



*Figura 4-12 Exemplo de SQL com resultado diferente da solução ótima*

**3) Resultado da consulta:** Na *Figura 4-13* é ilustrada o *feedback* emitido pelo LabSQL na visão do aprendiz: (a) janela de exercícios; (b) consulta submetida pelo aprendiz; (c) *feedback* do sistema “Solução Incorreta – continue tentando”; (d) *link* da janela de exemplo de resultado; (e) janela de exemplo do resultado esperado; (f) *link* do *schema* do BD relativo a questão, ver *Figura 4-14*. Neste exemplo de consulta o comando SQL não apresenta



erro de sintaxe e contém o mesmo número de colunas e linhas da solução ótima, porém apresentam conteúdos de resultados diferentes, ou seja, o resultado da consulta do aprendiz (c) é diferente em termos de conteúdo da resposta esperada pelo sistema (e).

The screenshot shows the LabSQL interface with the following components:

- (a) Janela de exercícios:** A header bar with question numbers 153 to 177.
- (b) Consulta submetida:** A text area containing an SQL query:
 

```
select t.nome Turma, a.nome Profe, group_concat(
distinct b.nome order by t.profe) Aluno from
turma t, pessoa a, pessoa b, participante p
where a.cd pessoa=t.profe and b.cd pessoa=p.pessoa
group by t.nome order by a.nome
```
- (c) Feedback do sistema:** A message box stating "Solução Incorreta - Continue tentando".
- (d) Link para Janela de Exemplo de Resultado:** A link labeled "(d)" pointing to the example result.
- (e) Janela de Exemplo de Resultado:** A table showing the expected result:
 

| prof   | tur     | alun          |
|--------|---------|---------------|
| Lobato | Karate  | Obilac        |
| Lobato | Volei   | Obilac,Cabral |
| Silva  | Natação | Obilac,Silva  |

 Below the table, it says "3 row(s)".
- (f) Link para o Schema do BD:** A link labeled "(f)" pointing to the database schema.
- Histórico de Respostas em Porcentagem de Acerto:** A table showing the percentage of correct answers for each question:
 

| Q.153   | Q.154   | Q.155  | Q.156  | Q.157  | Q.158  |
|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 94.16%  | 0.00%   | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 99.12% |
| 0.00%   | 0.00%   | 0.00%  | 99.81% | 0.00%  |        |
| 92.52%  | 0.00%   | 0.00%  | 91.34% | 0.00%  |        |
| 94.16%  | 100.00% | 0.00%  |        | 97.71% |        |
| 91.51%  |         | 0.00%  |        |        |        |
| 92.91%  |         | 96.61% |        |        |        |
| 98.89%  |         | 97.05% |        |        |        |
| 96.70%  |         | 96.61% |        |        |        |
| 100.00% |         |        |        |        |        |
| M.P.    | M.P.    | M.P.   | M.P.   | M.P.   | M.P.   |
| 100.00  | 100.00  | 97.05  | 99.81  | 97.71  | 99.12  |

Figura 4-13 Exemplo de feedback emitido pelo LabSQL

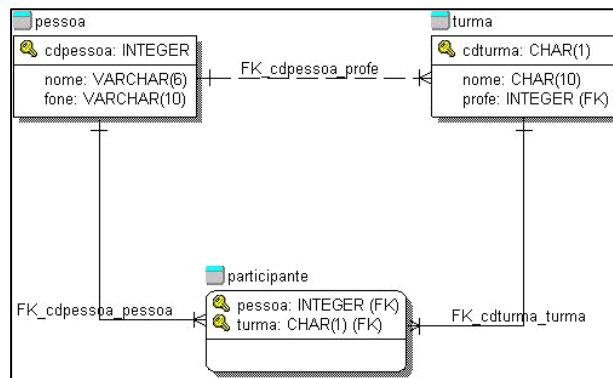


Figura 4-14 Schema do BD

**4) Existência de estrutura:** Nesse nível se avalia a estrutura do comando SQL. Por exemplo: o critério de que o resultado deverá aparecer em ordem decrescendo por nome. Para que isso se torne possível, na resposta da questão deve conter as cláusulas necessárias para compará-las com as consultas submetidas. Os seguintes casos foram mapeados:

- Distinct e Order By:** a resposta avaliada não utiliza as palavras reservadas *distinct* e/ou *order by*, mas a solução ótima utiliza: o *feedback* emitido neste caso é

“Solução Incorreta - Falta Operador Distinct” ou “Solução Incorreta - Falta Operador Order by”;

- b. **Número de tabelas:** a resposta avaliada possui um menor número de tabelas em relação à solução ótima: *feedback* emitido é “Solução Incorreta - Falta junção”.

Na avaliação do comando SQL, cada nível funciona como uma restrição, e a consulta que passar por todas essas restrições serão consideradas como correta. Quando uma consulta é considerada como correta, atribui-se uma nota para consulta do aprendiz e para solução ótima através da fórmula da regressão e das métricas.

Uma forma eficaz de emitir um *feedback* inteligente que cubra todos os casos independente das questões cadastradas atualmente no LabSQL e dos níveis definidos, seria identificar as palavras reservadas necessárias para satisfazer a questão avaliada. Isso é possível, pois no módulo executor de métricas são armazenadas todas as soluções cadastradas e também é classificado cada *token* da consulta. Algumas regras deveriam ser bem definidas para utilizar esse tipo de *feedback* como o tipo de avaliação (listas de exercícios, provas e campeonatos), número de submissões, tempo de permanência na questão, entre outros. Como trabalho futuro este problema pode ser melhor solucionado.

O LabSQL foi testado em dez turmas, todas da Universidade Federal do Pará, dentre dessas turmas três são de Especialização em Banco de Dados, as outras turmas são de graduação de Bacharelado em Ciência da Computação e Sistema de Informação. O sistema foi utilizado por trezentos e dez usuários e possui um total de cento e dezessete mil e setenta e seis respostas cadastradas, e as três maiores quantidade de respostas efetuadas por usuário são: a) Silvio Bruno Paiva Costa do curso de Bacharelado em Sistema de Informação com dois mil e quatrocentos e cinquenta e três respostas submetidas; b) Fábio Lima de Figueiredo do curso de Especialização em BD com dois mil e duzentos e oitenta e duas respostas submetidas; c) Douglas Cardoso Pinheiro do curso de Bacharelado em Ciência da Computação com um mil e novecentos e cinquenta e sete respostas submetidas. A *Tabela 4-1* apresenta um inventário dos dados coletados no LabSQL.

Tabela 4-1 Inventário das informações do LabSQL

| Descrição                                                       | Quantidade     |
|-----------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>1. Quantidade de questões:</b>                               | <b>179</b>     |
| a. Discursivas                                                  | 31             |
| b. Múltipla escolha                                             | 78             |
| c. Programação SQL                                              | 70             |
| <b>2. Quantidade de turmas da Universidade Federal do Pará:</b> | <b>10</b>      |
| a. Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação               | 5              |
| b. Curso de Bacharelado em Ciência da Computação                | 2              |
| c. Curso de Especialização em Banco de Dados                    | 3              |
| <b>3. Quantidade de usuários:</b>                               | <b>310</b>     |
| a. Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação               | 165            |
| b. Curso de Bacharelado em Ciência da Computação                | 69             |
| c. Curso de Especialização em Banco de Dados                    | 76             |
| <b>4. Quantidade de respostas dos usuários:</b>                 | <b>117.076</b> |
| a. Quantidade de respostas discursivas                          | 6.856          |
| b. Quantidade de respostas de múltipla escolha                  | 9.827          |
| c. Quantidade de respostas de programação SQL                   | 32.619         |
| d. Quantidade de execuções de comandos SQL no SQL-Livre         | 67.774         |
| <b>5. Usuários que mais efetuaram respostas no LabSQL:</b>      |                |
| a. Total de respostas do usuário Silvio Bruno Paiva Costa       | <b>2.453</b>   |
| i. Quantidade de respostas discursivas                          | 61             |
| ii. Quantidade de respostas de múltipla escolha                 | 69             |
| iii. Quantidade de respostas de programação SQL                 | 617            |
| iv. Quantidade de execuções de comandos SQL no SQL-Livre        | 1.706          |
| b. Total de respostas do usuário Fábio Lima de Figueiredo       | <b>2.282</b>   |
| i. Quantidade de respostas discursivas                          | 36             |
| ii. Quantidade de respostas de múltipla escolha                 | 48             |
| iii. Quantidade de respostas de programação SQL                 | 321            |
| iv. Quantidade de execuções de comandos SQL no SQL-Livre        | 1.877          |
| c. Total de respostas do usuário Douglas Cardoso Pinheiro       | <b>1.957</b>   |
| i. Quantidade de respostas discursivas                          | 23             |
| ii. Quantidade de respostas de múltipla escolha                 | 37             |
| iii. Quantidade de respostas de programação SQL                 | 439            |
| iv. Quantidade de execuções de comandos SQL no SQL-Livre        | 1.458          |

# Capítulo 5

## Avaliação do sistema

---

O capítulo 5 descreve a elaboração e execução da avaliação do sistema. Além disso, apresenta os questionários utilizados, assim como os resultados da avaliação.

---

### 5.1 Avaliação do LabSQL

Existem diferentes abordagens para avaliar sistemas computacionais: Werneck apresenta uma abordagem de avaliação de qualidade de aplicações na web utilizando normas de avaliação de qualidade de *software* para produtos e *softwares*. Sua proposta é baseada nas normas de qualidade ISO/IEC 9126-1 e num conjunto de características presentes em (Pressman 2001), (Lima *et al*, 2005) e (Reis *et al*, 2002). Nesta abordagem ao realizar uma avaliação pontua-se os requisitos de qualidade (usabilidade, funcionalidade, confiabilidade, eficiência, manutenibilidade, portabilidade e segurança) numa escala de 0 (sem solução) a 4 (excelente) (Werneck & Moraes 2003).

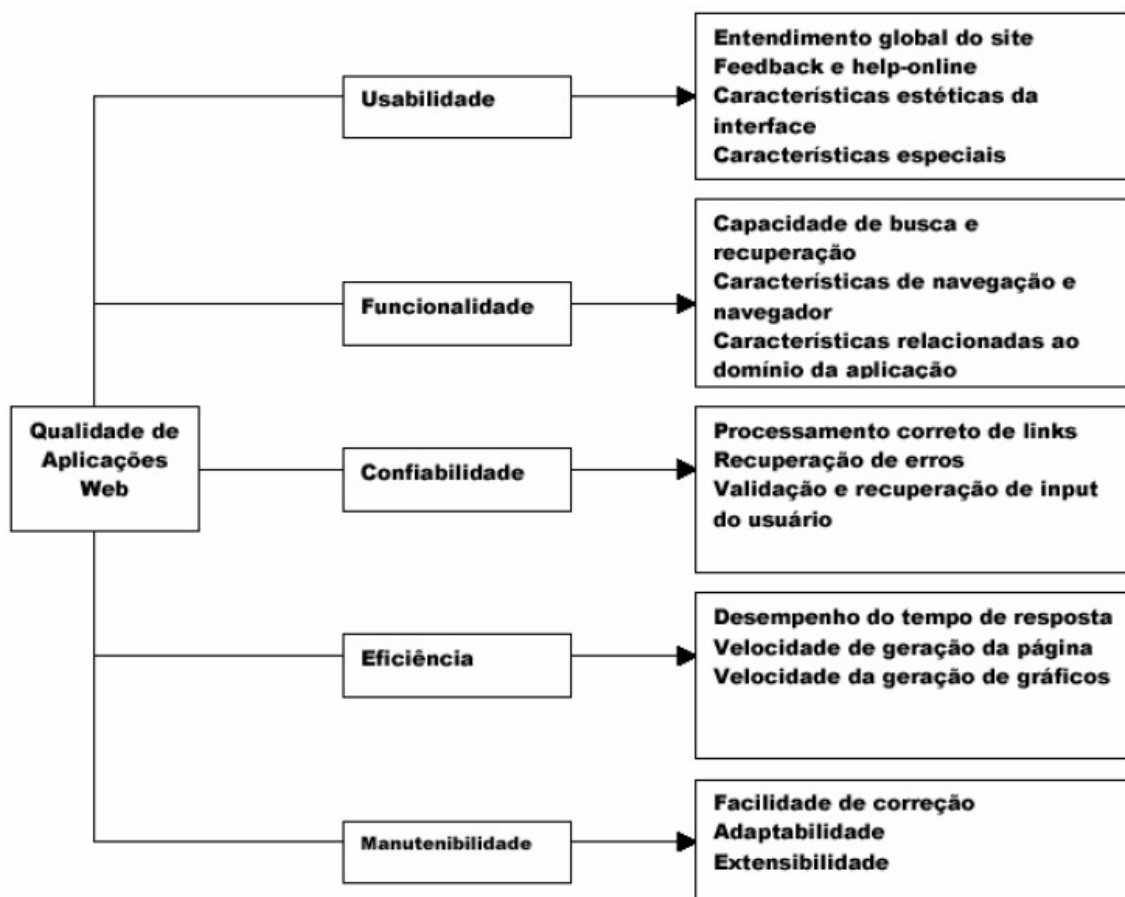
Behar trata o processo avaliativo realizado no ambiente virtual de aprendizagem ROODA (Rede cOoperativa De Aprendizagem) cujo objetivo do sistema é suporte a educação presencial e a distância, através de estudos sobre a coleta de dados sistematizados para avaliação de *software*, o processo avaliativo realizado com o ROODA considerou tanto a avaliação enquanto um processo institucional, quanto a avaliação do sistema computacional. Este processo avaliativo teve como ênfase sua proposta interdisciplinar, sendo orientado por quatro princípios interdependentes: da interface gráfica, o educacional, da programação e o administrativo. A catalogação e classificação dos dados foram realizados através de um *ranking* de problemas organizados nas colunas: questão # (com número referente), prioridade (alta, média ou baixa), questão (com a descrição do problema) e recomendação (sugestão de como corrigir o problema) (Behar *et al*, 2006).

Kemczinski (2006) desenvolveu um método de avaliação a partir da descrição, análise, interpretação e entendimento do processo e do produto da avaliação de ambientes e-learning. Com base neste método de avaliação para ambientes e-learning foi concebido o SIA-AE (Sistema Interativo de Avaliação de Ambientes E-Learning) para validação do modelo. No SIA-AE o questionário é adaptado automaticamente através do diagnóstico do perfil do usuário. Essa interação do usuário com o método de avaliação gerou dados para a análise, quanto ao processo e resultado da avaliação, contribuindo para a reestruturação do modelo. O método reestruturado possui todas as etapas já previstas no modelo original, sendo que foram incluídas outras etapas e sub-etapas. Alterou-se também a forma como a avaliação é apresentada para o usuário-avaliador, bem como, a forma de obtenção dos resultados, buscando flexibilidade no processo de avaliação de ambientes e-learning, permitindo ao usuário obter várias visões sobre a avaliação do produto por categoria (Kemczinski, 2005).

Analisando as propostas apresentadas, a abordagem de qualidade é encontrada dentro delas, porém Kemczinski estende o trabalho de avaliação, incorporando aspectos pedagógicos que propiciam uma visão mais detalhada do objetivo do sistema possibilitando detectar uma falsa compreensão sobre uma funcionalidade em questão. Por exemplo, uma interface do sistema pode ser avaliada com um alto grau de satisfação, porém sua efetividade no aspecto pedagógico pode ser avaliada com um baixo grau de satisfação.

## 5.2 Proposta de Avaliação do LabSQL

Com base na análise dos trabalhos relatados optamos por compor um questionário fundamentado nos três trabalhos citados. Inicialmente este questionário compreende questões adaptadas pelo sistema SIA-AE (Kemczinski, 2005). Ele contém 30 questões organizadas em cinco categorias fundamentadas por Werneck e Moraes (2003), apoiando-se nas diretrizes de Pressman (2001), quanto à qualidade de *software*, que definiram um conjunto de características para a avaliação de qualidade na Web (ver *Figura 5-1*).



*Figura 5-1 Árvore de Qualidade Web*  
 Fonte: (Werneck & Moraes, 2003)

Werneck e Moraes (2003) apresentam um conjunto de atributos de qualidade adequados a aplicações Web, que abrangem aspectos referentes ao uso da tecnologia e ao conteúdo disponibilizado.

Com base no esquema da Figura 5-1 a avaliação foi composta de dez questões para a categoria usabilidade, seis para funcionalidade, duas para confiabilidade, duas para a eficiência do sistema, treze para a satisfação, um para o nível de satisfação subjetiva e que permitiram identificar o grau de satisfação do usuário num intervalo de 0 a 5. Esta avaliação foi realizada com 30 usuários, estudantes do curso de Sistemas de Informação da UFPA.

### 5.2.1 Categoria Usabilidade

Segundo Nielsen (1993) usabilidade é definida em função de múltiplos componentes e é tradicionalmente associada com cinco atributos:

1. Facilidade de aprendizagem: tempo que o usuário demora em aprender a utilizar o sistema com um grau de produtividade aceitável;
2. Eficiência: modo como o sistema auxilia os usuários na realização de suas tarefas;
3. Facilidade de rememorar: facilidade de lembrar como utilizar um sistema ao utilizá-lo depois de certo tempo, sem ter que aprender novamente;
4. Erros: ação que não leva ao resultado esperado;
5. Satisfação subjetiva: medida da satisfação do usuário ao utilizar o sistema.

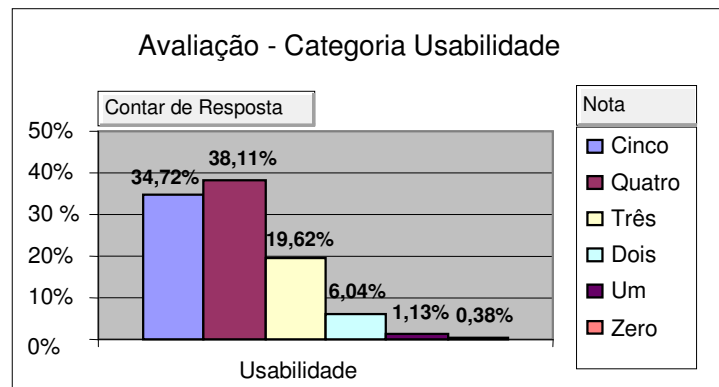
O *Quadro 5-1* apresenta as questões da categoria usabilidade com as alternativas utilizadas na avaliação do sistema. Nesta categoria o objetivo é medir a facilidade de uso do LabSQL, descobrir o nível de facilidade para memorizar as operações no ambiente ou seja revelar o grau de produtividade do usuário utilizando o sistema.

#### *Quadro 5-1 Questões da categoria usabilidade*

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sobre Facilidade de utilização: Num valor de 0 até 5. (Quanto mais próximo de 5 melhor é o sistema).<br/>(0,1,2,3,4,5) = (Difícil ... Fácil)</li> <li>2. Os ícones e imagens utilizadas são representativos quanto às funções desempenhadas? (0,1,2,3,4,5) =<br/>(Pouco representativo ... Muito representativo)</li> <li>3. As identificações dos <i>links</i>, e botões, são adequados?<br/>(0,1,2,3,4,5) = (Pouco adequado ... Muito adequado)</li> <li>4. As telas do sistema são atrativas?<br/>(0,1,2,3,4,5) = (Pouco atrativa ... Muito atrativa)</li> <li>5. A sequência das telas é clara e consistente?<br/>(0,1,2,3,4,5) = (Pouco consistente ... Muito consistente)</li> <li>6. Deveriam existir vídeos referentes aos módulos (Módulo 1 - Introdução; Módulo 2 - Select básico; Módulo 3 - Expressões; Módulo 4 - Group By; Módulo 5 - Sub-consultas)?<br/>(N, S) = (Não, Sim)</li> </ol> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

7. O vídeo disponível foi suficiente para entender o funcionamento do LabSQL?  
(0,1,2,3,4,5) = (Pouco ... Muito)
8. Os relatórios gráficos (relacionados ao seu desempenho e acessos) são úteis?  
(0,1,2,3,4,5) = (Pouco ... Muito)
9. As questões disponíveis no formato .pdf (para impressão) são satisfatórias?  
(0,1,2,3,4,5) = (Pouco ... Muito)
10. A janela para executar SQL-Livre é útil?  
(0,1,2,3,4,5) = (Pouco ... Muito)

A *Figura 5-2* apresenta a média de satisfação dos usuários da **categoria usabilidade** em forma de gráfico.



*Figura 5-2 Avaliação de Usabilidade*

Os pontos fortes da **categoria usabilidade**, listados pelo usuário, indicam um total de 92,45% (total da avaliação das notas cinco, quatro e três). As questões que os usuários consideraram como pontos fortes no sistema são destacados no *Quadro 5-2*.

*Quadro 5-2 Pontos fortes da Categoria Usabilidade*

- Sobre Facilidade de utilização (Usabilidade): Num valor de 0 até 5. (Quanto mais próximo de 5 melhor é o sistema).
- Os ícones e imagens utilizadas são representativos quanto às funções desempenhadas?
- As identificações dos *links*, e botões, são adequados?
- As telas do sistema são atrativas?
- A seqüência das telas é clara e consistente?
- O vídeo disponível foi suficiente para entender o funcionamento do LabSQL?
- Os relatórios gráficos (relacionados ao seu desempenho e acessos) são úteis?
- As questões disponíveis no formato .pdf (para impressão) são satisfatórias?
- A janela para executar SQL-Livre é útil?

O total de pontos fracos da **categoria usabilidade** é de 7,55% (total da avaliação das notas dois, um e zero). Somente 20,69% usuários classificam que a vídeo aula de introdução ao sistema não foi suficiente para entender seu funcionamento, o fato é que a vídeo aula está desatualizada, portanto, uma atualização no vídeo aula é necessária, para complementar as funcionalidades existentes e que surgiram durante o desenvolvimento na categoria.



Outro indicador significativo é que 93% dos usuários concordam sobre vídeos referentes aos módulos existentes.

### 5.2.2 Categoria funcionalidade

Conforme a NBR ISO/IEC 9126-1 (2001) a categoria funcionalidade é interpretada como a capacidade do ambiente satisfazer as necessidades especificadas.

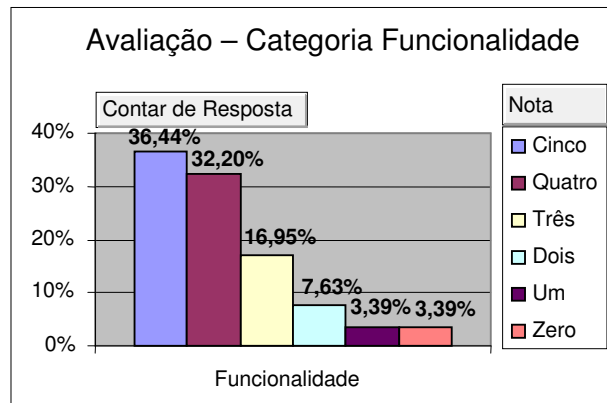
1. Adequação: propõe-se a fazer o que é apropriado?
2. Acurácia: gera resultados corretos ou conforme o acordado?
3. Interoperabilidade: é capaz de interagir com os sistemas especificados?
4. Conformidade: está de acordo com normas e convenções previstas em leis, normas e descrições similares?
5. Segurança de acesso: evita acesso não autorizado, acidental ou deliberado acesso à programa e dados?

O *Quadro 5-3* apresenta as questões da categoria funcionalidade, com as alternativas utilizadas na avaliação do sistema. Nesta categoria propõe-se avaliar se as necessidades específicas de uma forma geral são satisfeitas. No item adequação é avaliado se as funcionalidades são adequadas para o que se propõe a fazer, além de analisar a acurácia dos resultados impressos ao usuário, por exemplo, avaliar se um comando SQL submetido retorna o resultado esperado. Outra intenção da avaliação desta categoria é analisar a real necessidade do usuário perante as funcionalidades existentes e de possíveis implementações. Uma funcionalidade que o LabSQL não possui é a busca (recurso utilizado para localizar alguma informação no ambiente), no desenvolvimento do ambiente não consideramos este recurso como prioridade, porém é interessante avaliar se o usuário necessita deste recurso.

*Quadro 5-3 Questões da categoria funcionalidade*

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>11. As informações disponíveis no seu perfil são suficientes (Exemplo: nome; endereço, e-mail, etc)?<br/>(0,1,2,3,4,5) = (Insuficiente ... Suficiente)</li> <li>12. O fórum disponível atende suas expectativas?<br/>(0,1,2,3,4,5) = (Pouco ... Muito)</li> <li>13. Os recursos disponíveis no LabSQL (SQL-Livre, lista de exercícios, vídeo aula, conteúdo didático, relatórios ) favorecem o seu aprendizado?<br/>(0,1,2,3,4,5) = (Favorecem Pouco ... Favorecem Muito)</li> <li>14. A disposição das informações (menus, botões, questões, mensagens, etc) nas telas são clara e organizadas?<br/>(0,1,2,3,4,5) = (Confusas ... Claras)</li> <li>15. A funcionalidade da agenda é útil?<br/>(N,S) = (Não,Sim)</li> <li>16. É necessário recursos de busca e localização de informações no LabSQL?<br/>(N,S) = (Não,Sim)</li> </ol> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

A *Figura 5-3* apresenta a média da avaliação da categoria funcionalidade, com o total de 85,59% dos usuários que indicam que o sistema é funcional, contra 14,41% dos usuários que indicam que o sistema não é funcional. A maioria dos usuários, um total de 79,31%, acredita que seja necessário um recurso de busca e recuperação de informação no LabSQL. Na avaliação da agenda, apenas 68,97% dos usuários acreditam que esse recurso seja funcional.



*Figura 5-3 Avaliação de Funcionalidade*

Os pontos fortes e ponto fraco da **categoria funcionalidade** estão listados no *Quadro 5-4*. Sobre o ponto fraco nesta categoria, a questão sobre o fórum apresenta a maior insatisfação por parte dos usuários, criticam o fato do sistema não efetuar o *login* automaticamente no fórum ao entrar no LabSQL. Nesse sentido, se faz necessário realizar algumas modificações no código do fórum para atender os requisitos do usuário.

*Quadro 5-4 Pontos fortes da Categoria Funcionalidade*

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Pontos fortes</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>As informações disponíveis no seu perfil são suficientes (Exemplo: nome; endereço, e-mail, etc)?</li> <li>Os recursos disponíveis no LabSQL (SQL-Livre, lista de exercícios, vídeo aula, conteúdo didático, relatórios ) favorecem o seu aprendizado?</li> <li>A disposição das informações (menus, botões, questões, mensagens, etc) nas telas são clara e organizada?</li> </ul> |
| <b>Ponto Fraco</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>O fórum disponível atende suas expectativas?</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

No LabSQL uma funcionalidade também pode ser medida por meio de estatísticas de cada componente, por exemplo, o fórum pelo número de participação, a agenda pelo número de submissão de mensagens, um menu pelo número de *click*. Como trabalho futuro este estudo será realizado via mineração de dados.

### 5.2.3 Categoria satisfação pedagógica

A avaliação pedagógica consiste essencialmente em fazer julgamentos sobre o valor pedagógico do ambiente *e-learning*, previamente determinado por seus objetivos de formação e aprendizagem, o conteúdo apresentado e as estratégias empregadas. Instrumentos e metodologias de avaliação qualitativa, como análise de necessidades, questionários, instrumentos psicológicos, técnicas de observação e de entrevista estruturada, assim como métodos quantitativos de estatísticas de sistemas e testes de performance de usuários têm sido a metodologia predominante das avaliações (Silva, 2002).

Conforme Silva (2002), existem 17 critérios pedagógicos que devem ser considerados em avaliações de ambientes e-learning, são os seguintes: estruturação do conteúdo; sistemas de ajuda; objetivos de aprendizagem; clareza dos conteúdos; validade do conteúdo; estratégias didáticas; métodos pedagógicos; motivação; experiência do aprendiz; estilos de aprendizagem; compatibilidade; componente prática; avaliação do processo de aprendizagem; tutoria; coerência com a proposta pedagógica; filosofia pedagógica. Porém, nem todos esses critérios são utilizados na avaliação do LabSQL, por exemplo, o critério sistemas de ajuda não foi utilizado pois esta funcionalidade não foi desenvolvida no ambiente.

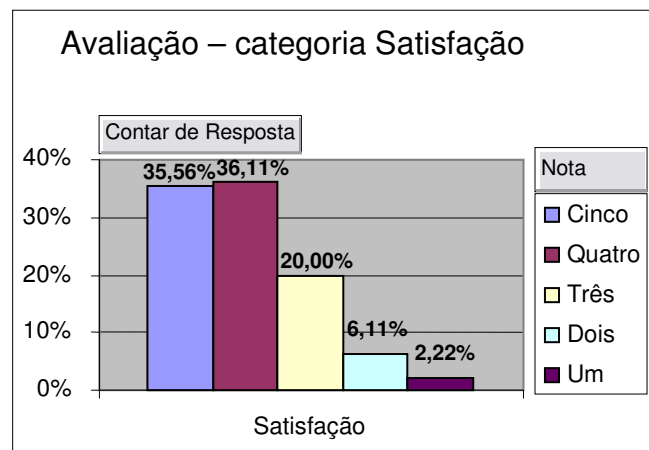
Os objetivos da avaliação da categoria satisfação pedagógica (ver *Quadro 5-3*) são: a) exibir o grau de satisfação do usuário perante as mudanças identificadas na primeira avaliação do sistema, se essas mudanças favorecem para um melhor aprendizado; b) medir a satisfação dos usuários sobre os itens: mensagens do sistema (*feedback*), do conteúdo proposto, das questões e tipos de questões, exercícios e por fim a recomendação do sistema por parte do usuário.

#### *Quadro 5-5 Questões da categoria satisfação pedagógica*

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>17. A partir da primeira avaliação do sistema, ocorreram melhoras significativas no LabSQL?<br/>(N,S) = (Não,Sim)</p> <p>18. As opções de respostas das questões de múltiplas escolha possuem todas as opções pertinentes?<br/>(N,S) = (Não,Sim)</p> <p>19. Em relação ao processo de ensino-aprendizagem tradicional (ex: aulas em laboratório), a utilização do LabSQL aumentou seu aprendizado? (satisfação pedagógica)<br/>(N,S) = (Não,Sim)</p> <p>20. O conteúdo disponível, em módulos, contribui para o seu aprendizado?<br/>(0,1,2,3,4,5) = (Contribui pouco ... Contribui muito)</p> <p>21. Você considera o conteúdo bem elaborado, claro e objetivo?<br/>(0,1,2,3,4,5) = (Pouco... Muito)</p> <p>22. O feedback (mensagens) oferecido pelo LabSQL no momento de execução de comandos SQL auxiliam no seu aprendizado?<br/>(0,1,2,3,4,5) = (Pouco ... Muito)</p> <p>23. O numero de exercícios por módulos foi suficiente para avaliação? (Satisfação)<br/>(0,1,2,3,4,5) = (Insuficiente ... Suficiente)</p> <p>24. Os exemplos disponíveis no LabSQL são satisfatórios (Comandos SQL, ilustrações das tabelas)?<br/>(0,1,2,3,4,5) = (Pouco satisfatório ... Muito satisfatório)</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

25. Os tipos de questões utilizados no sistema (múltipla escolha, verdadeiro o falso, prática de SQL e discursivas) foram suficientes?  
(0,1,2,3,4,5) = (Pouco ... Muito)
26. Você recomendaria esse sistema a um amigo?  
(0,1,2,3,4,5) = (Pouco ... Muito)
27. Você considera o conteúdo satisfatório?  
(0,1,2,3,4,5) = (Pouco satisfatório ... Muito satisfatório)

O resultado da avaliação na **categoria satisfação pedagógica** (ver *Figura 5-4*) é positivo, com 91,67% dos usuários consideram-se satisfeitos nesta categoria, contra apenas 8,23% que não estão satisfeitos. Nesta categoria, avaliamos o grau de satisfação subjetiva (questão 27), assim obtemos outro indicador de recomendação do sistema por parte do usuário, 96,67% dos usuários recomendariam o sistema a um amigo. Outro indicador interessante, com 86,67%, é de satisfação em relação às melhorias que ocorreram no LabSQL a partir da primeira avaliação do sistema.



*Figura 5-4 Avaliação de Satisfação*

Na categoria **satisfação pedagógica** foram feitas as seguintes questões, tais como: se o número de questões foi o suficiente para realizar uma avaliação; se o *feedback* automático oferecido pelo LabSQL no momento de execução de comando SQL auxilia seu aprendizado; se os exemplos disponíveis são satisfatórios; se os tipos de questões de utilizadas no sistema (múltipla escolha, verdadeiro o falso, prática de SQL e discursivas) foram suficientes; se o conteúdo disponível contribui para o seu aprendizado. Outro dado importante é que 96,67% dos usuários consideram que o LabSQL aumenta o aprendizado em relação ao processo de ensino-aprendizagem tradicional (exemplo aulas em laboratório).

Mais de 95% dos usuários consideram que ocorreram mudanças significativas no ambiente desde a primeira avaliação, como ilustra a *Figura 5-5*. Nessa questão medimos a mudança do *layout* da janela de execução de avaliações (exercícios e provas).

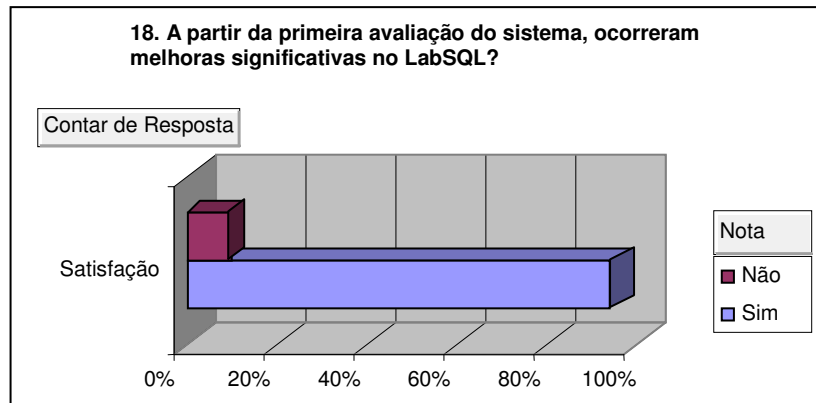


Figura 5-5 Avaliação da questão 18 da categoria satisfação pedagógica

### 5.2.4 Exemplo de correção do sistema

Na primeira avaliação os usuários indicaram os erros e a falta de usabilidade da janela a seguir, as principais reclamações sobre esta janela foram: a) navegação das questões: os usuários teriam que clicar muitas vezes para localizar uma questão desejada; b) janelas com tamanhos fixos: as questões com respostas curtas ocupam menor espaço previsto pelo sistema, e o sistema não permitir redimensionar as janelas e não redimensionava automaticamente essas janelas de submissão e descrição da questão; c) visualização do histórico de respostas: o mesmo problema do item (a), para visualizar as respostas o usuário clica no mesmo número de questão submetida.

Exercitar - Microsoft Internet Explorer

Questão Nº: 1 |<< < > >>|

Descrição:

(Subjetiva SQL) Selecionar as pessoas da instituicao de ensino.

Resposta Nº: 13 | Avaliacao

Select \* from pessoa

Avaliar | Apagar | << < > >>|

Data/Hora Execucao: 14/7/2005 - 16:13:41

| COD | NOME                     | ENDereco                 | FONE    |
|-----|--------------------------|--------------------------|---------|
| 1   | CARLOS AUGUSTO OLIVEIRA  | RUA DAS FLORES,300       | 2304099 |
| 2   | MARIA HELENA DE OLIVEIRA | TRAV. 25 DE SETEMBRO,323 | 2229092 |
| 4   | JOSÉ ANTONIO SILVA       | RUA DO CRUZEIRO,33       | 2330300 |

Número de Linhas

a) Navegação das questões

b) Janelas com tamanhos fixos

c) Navegação das respostas submetida (histórico)

Figura 5-6 Problemas de layout da janela de exercícios

O desafio de alterar o *layout* da janela de execução de exercícios estava em criar as seguintes funcionalidades: facilidade de navegação das questões e do histórico das consultas submetidas; indicar as questões corretas e incorretas desenvolvidas pelo aprendiz e desenvolver janelas com redimensionamento automático pelo conteúdo e sem tamanho fixo. Nesta avaliação observamos que os usuários ficaram satisfeitos com as mudanças ocorridas no *layout* do sistema, abaixo listamos alguns comentários submetidos relacionados com esta avaliação.

*Tabela 5-1 Opinião dos usuários sobre o LabSQL*

|         |                                                                                                                                                                        |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aluno 1 | Sistema com uma funcionalidade e didática muito boa, sem dúvidas torna as aulas muito mais dinâmicas e interessantes pelo processo de avaliações e exercícios on-line. |
| Aluno 2 | O sistema é de fácil utilização.                                                                                                                                       |
| Aluno 3 | É um sistema muito bom que deve ter continuidade.                                                                                                                      |
| Aluno 4 | Interface muito boa, com bons recursos para se resolver as questões.                                                                                                   |

### 5.2.5 Categorias confiabilidade e eficiência

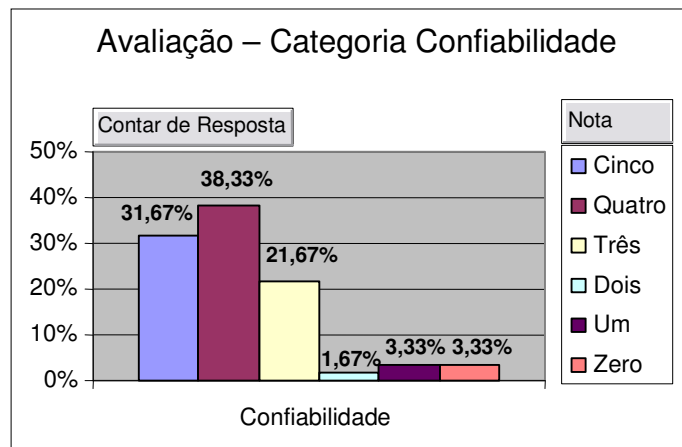
No quadro *Quadro 5-6* apresenta as questões das categorias eficiência e confiabilidade. A medida da eficiência determina a capacidade do sistema apresentar desempenho apropriado relativo à quantidade de recursos utilizados, sob condições específicas em um determinado período, por exemplo, identificar se o LabSQL mantém o mesmo desempenho ao realizar uma prova. A categoria confiabilidade é similar a de eficiência, porém seu foco está relacionado a maturidade do sistema, se apresenta falhas e como se comporta quando essas falhas ocorrem e a recuperação do sistema em relação a essas falhas, ou seja, a possibilidade do usuário poder parar sua atividade em um determinado ponto e recomeçar quando desejar do mesmo ponto onde parou (NBR ISO/IEC 9126-1).

*Quadro 5-6 Questões das categorias confiabilidade e eficiência*

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eficiência     | <p>O tempo de resposta do sistema às suas ações (geração de relatórios/gráficos, execução de SQL) é satisfatório?<br/>(0,1,2,3,4,5) = (Lento ... Rápido)</p> <p>Quantas vezes o sistema travou inesperadamente ou se comportou de forma incompreensível?<br/>(0,1,2,3,4,5) = (Muito ... Pouco)</p> |
| Confiabilidade | <p>Os erros são tratados corretamente pelo sistema (falha de login, término de sessão, recuperação da informação)?<br/>(0,1,2,3,4,5) = (Ruim ... Bom)</p> <p>Os <i>links</i> funcionam corretamente (Confiabilidade)?<br/>(0,1,2,3,4,5) = (Ruim ... Bom)</p>                                       |
| Discursiva     | Exponha sua opinião em relação ao LabSQL(indique pontos positivos, negativos e melhorais).                                                                                                                                                                                                         |

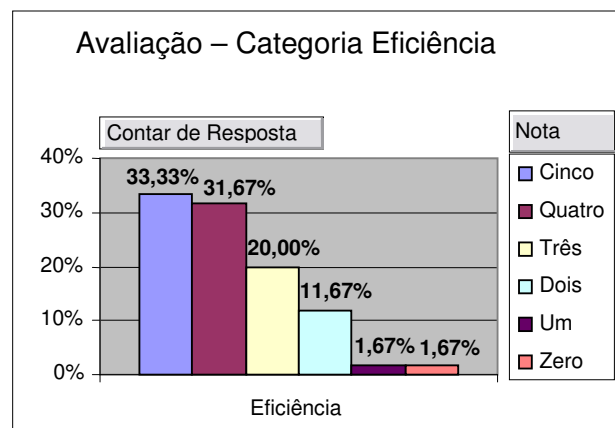
O resultado da avaliação da **categoria confiabilidade** (ver *Figura 5-7*) apresenta 91,67% de concordam que o LabSQL é confiável nos seguintes aspectos: (a) processamento correto de *links* e (b) tratamentos de erros. Sobre o item (b), o LabSQL ao tratar um erro,

redireciona para uma página padrão de tratamento de mensagem do sistema, criando assim um padrão para que o usuário saiba distinguir um erro do sistema de uma mensagem comum do sistema.



*Figura 5-7 Avaliação de Confiabilidade*

Na avaliação da **categoria eficiência** (ver *Figura 5-8*), 83% dos usuários afirmam que o sistema é bem eficiente. Entretanto, 15% dos usuários sentem-se insatisfeito em relação à eficiência.



*Figura 5-8 Avaliação de Eficiência*

Durante o período de implementação ocorreram dois fatos que justificam as notas atribuídas pelos usuários, são elas:

- 1º) A mudança do LabSQL de servidor ocasionou um problema de conexão que não era fechada pelo sistema, fosse detectada naquela ocasião, pois o servidor tinha um limite de conexão com o BD, assim, quando o BD alcançava seu limite de usuário o sistema travava. O problema foi resolvido com prioridade, por ser tratar de uma aplicação que realiza diversas operações com o BD;

- 2º) Uma implementação de segurança era imprescindível para tratar o problema do usuário realizar uma avaliação de outra pessoa, isso demandou certo tempo até o sistema ficar estável, pois era necessária uma solução simples, eficiente e funcional.

Analisando os resultados apresentados em cada categoria concluímos que o LabSQL de uma forma geral apresentaram números satisfatórios, porém se faz necessário realizar novas avaliações para detectar possíveis melhorias a serem realizadas no LabSQL.

A primeira avaliação do sistema foi realizada com uma turma de 30 usuários, atualmente o volume de dados que o LabSQL processa é bem maior e o tempo de resposta do sistema é maior. Essa é um fator crítico, manter o ambiente com tempo de resposta satisfatório, outro fator é com a forma de apresentar um conteúdo dinâmico e iterativo. Com o advento de novas tecnologias como AJAX é interessante criar protótipos e avaliá-los com o usuário, por exemplo, criar um protótipo que aumente a capacidade de iteração entre os usuários e com o conteúdo. Como trabalho futuro é interessante adotar um processo de avaliação do sistema, no qual fosse realizada uma avaliação do sistema com cada nova turma, com a finalidade de indicar melhorias, já que os usuários possuem a capacidade de solucionar um problema de formas diferentes.

Os pontos chaves desta avaliação no aspecto positivo foram as seguintes:

- a) identificar e corrigir os problemas no sistema, por exemplo, o *layout* da tela de resolução de exercícios;
- b) desativar as funcionalidades consideradas irrelevantes para o usuário, por exemplo, a funcionalidade agenda;
- c) planejar novas funcionalidades baseadas na avaliação do usuário, por exemplo, a funcionalidade busca;
- d) aperfeiçoar as funcionalidades existentes, em termos de eficiência e confiabilidade, por exemplo, o desempenho do sistema ao realizar o *login* do usuário e o fórum.



# Capítulo 6

## Conclusão

---

O capítulo 6 apresenta as considerações finais do trabalho, faz uma síntese dos resultados obtidos com a implementação do estudo de caso, além de propor trabalhos futuros.

---

## 6.1 Conclusões

No contexto de ambientes virtuais para ensino-aprendizagem de programação, apresentamos uma abordagem situada entre um sistema tutor inteligente e um ambiente de “correção-pelo-retorno” da consulta. Comparativamente, um sistema tutor inteligente ou um método de análise estrutural oferecem um *feedback* superior, pois simulam, em parte, a análise crítica do professor. Por outro lado, essas abordagens são de difícil implementação, já que um *feedback* apropriado exige, com frequência, que se construa uma base com todas as regras possíveis, o que eleva o custo de implementação desses sistemas. Neste trabalho, propomos uma abordagem alternativa para os sistemas baseados em “correção-pelo-retorno”. A contribuição principal sobre esses sistemas está no aprimoramento do *feedback* automático fornecido para o estudante, estimulando o estudante a refletir sobre o que significa um “programa correto” através do refinamento de suas soluções. No contexto de um curso de SQL, este método de avaliação pode ser aplicado tanto no exercício e prática de laboratório quanto nas avaliações práticas de laboratório.

Numa atividade de campeonato a correção de exercícios, as respostas dos aprendizes podem ser comparadas entre si. A cada momento, pode surgir uma resposta com uma complexidade menor, o que é desejável. Assim, o *feedback* estimula o aprendiz a repetir um processo de refinamento da consulta: constrói/reconstrói e submete a avaliação quantas vezes for necessário. Essa busca da melhor solução é uma atividade que favorece ao aprendiz a aquisição de competência na programação. Por exemplo, na prática de laboratório, principalmente nas aulas iniciais de programação de SQL, é melhor organizar a turma (presencial) em equipes competindo entre si, para ver quem fecha mais questões num tempo menor. A formação de equipes também favorece pedagogicamente o compartilhamento do conhecimento.

Do ponto de vista do professor, a sobrecarga do trabalho de avaliar grande número de questões, muitas delas com complexidade alta, é reduzida pela avaliação automática das respostas dos aprendizes.

Em resumo, um sistema que implementa um método de avaliação automática num ambiente virtual, apresenta os seguintes benefícios pedagógicos:

- possibilita um *feedback* imediato, uma vez que o sistema responde imediatamente após a submissão da consulta pelo aprendiz;

- fornece um *feedback* melhor do que avaliação-pelo-retorno, pois estimula o aprendiz a refinar sua solução;
- reduz a carga de trabalho do professor, liberando-o para atendimento daqueles com maior dificuldade na aprendizagem;
- possibilita utilizar abordagens colaborativas e competitivas, como torneio entre aprendizes, oferecendo recursos que apresentam uma classificação dos aprendizes, com fins a motivá-los a competir (um certo grau de competição é saudável no ensino);
- permite ao professor “verificar mais cedo” quais aprendizes enfrentam dificuldades, por meio de um módulo de monitoramento on-line da turma; a partir de então, professores e aprendizes podem formar grupos de estudo com base nos desempenhos apresentados.

## 6.2 Trabalhos futuros

Esta abordagem foi testada no ambiente LabSQL. Nesse ambiente, estamos trabalhando em duas direções: criar um grande *corpus* de questões e de respostas e através de ferramentas de análise, aperfeiçoar a fórmula da regressão; criar uma nova funcionalidade que permita realizações de exercícios de álgebra relacional; desenvolver um modelo que pontua também outros dados coletados dos aprendizes.

Cabe aos professores avaliar a combinação para composição da nota de 70% e 30% respectivamente para resultado esperado e para medida de complexidade. Dependendo do objetivo de cada curso, os professores podem achar conveniente que o estudante seja necessariamente conduzido a desenvolver uma solução melhor; nesse caso, a composição da nota pode obedecer outro critério, por exemplo, 50% para o resultado esperado e 50% para a medida de complexidade.

Sobre pontuar outros dados coletados dos aprendizes, sabemos de sistemas que pontuam mais quando o aprendiz chega à solução ótima num número menor de tentativas; atualmente, essa informação é coletada pelo LabSQL, mas não é considerada na avaliação automática.

Por fim, outro trabalho futuro que visualizamos é a adaptação da abordagem proposta para um ambiente virtual de aprendizagem de programação para a linguagem Java e integração com o AVA Moodle.

# Referências

- Basili, V. R. (1988) The TAME project: Towards improvement-oriented *software* environments. *IEEE Transactions on Software Engineering*, SE-14:758-773.
- Behar, P. A., Leite, S. M., Bordini, S., Souza, L. B., Siqueira, L. G. (2006). O Processo Avaliativo do ROODA: uma proposta interdisciplinar. *Renote Revista Novas Tecnologias da Educação*, Porto Alegre, v. 4, n. 1.
- Castro, T. H. C.; Castro JR., A. N. Menezes, C. S. (2004) Aprende - um Ambiente Cooperativo de Apoio à Aprendizagem de Programação. In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 15., 2004, Manaus-AM, Anais... Manaus: EDUA, v 1, p.71-79.
- Clocksin W. F., Mellish C.S., (1994) *Programming in Prolog*, 4rd ed. Springer Verlag 1994.
- Coral C., Piattini M. and Genero M. (2001) A Case Study with Relational Database Metrics, *aiccsa*, vol.00, no., p. 0485, ACS/IEEE.
- Fowler, M. (1999) *Refactoring: Improving the Design of Existing Code*. Ed. Addison-Wesley Longman, 1999.
- Gava, T. B. S. (2002) *Um Framework para Organização e Integração de Conhecimento em Ambientes Virtuais de Aprendizagem*, Exame de qualificação, Universidade Federal do Espírito-Santo.
- Gayo, L. J. E., Gil, M. J. M., Álvarez, F. A. M. and Chigne, H. S. (2003). A generic e-learning multiparadigm programming language system: IDEFIX project. In *Proceedings of the 34th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education* (Reno, Nevada, USA, February 19 - 23, 2003). SIGCSE '03. ACM Press, New York, NY, 391-395.
- Halstead, M.H. (1977) *Elements of Software Science*. Prentice-Hall, Inc., New York.
- Harb M. P. A. A., Brito S. R., Silva A. S., Favero E. L., Tavares O. L., Francês C. R. L. (2003). AmAm:Ambiente de Aprendizagem Multiparadigmático. In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Rio de Janeiro: NCE-IM-UFRJ.
- Hearst M.A. (2000). The Debate on Automated Essay Grading, In *IEEE Intelligent Systems*, vol. 15, no. 5, pp. 22-37, September/October.
- Kearns R., Shead S. and Fekete A. (1997) A teaching system for SQL. In *Proceedings of ACSE '97*, pages 224–231, Melbourne, July 1997.
- Kemczinski A., Gasparini, I. and Hounsell, M. S. (2006) Avaliação da Usabilidade do Ambiente SIA-AE: Sistema Interativo de Avaliação de Ambientes E-learning. In *International Conference IADIS CIAWI 2006*, Murcia (outubro). IADIS CIAWI 2006 - Portugues, v. 1
- Kemczinski, A. (2005) *Método de avaliação para ambientes e-learning*. Florianópolis: UFSC,. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2005.
- Kroenke, D. M. (1999) *Banco de Dados - Fundamentos, projeto e implantação*. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC.

- Lino, A. D. P., Silva, A. S., Santos, T.L.T. Harb, M.P.A.H., Favero, E.L., Brito, S.R. Avaliação automática de consultas SQL em ambiente virtual de ensino-aprendizagem. Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información. CISTI 2007. Universidade Fernando Pessoa UFP, Porto, Portugal, jun. de 2007
- McCabe, T. J. (1976) A complexity measure. *IEEE Transactions on Software Engineering*, SE-2(4):308-320.
- MEC, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Diretrizes curriculares de cursos da área de computação e informática. Brasília, 1999. Disponível em: <[http://www.mec.gov.br/sesu/ftp/curdiretriz/computacao/co\\_diretriz.rtf](http://www.mec.gov.br/sesu/ftp/curdiretriz/computacao/co_diretriz.rtf)>. Acesso em: 13 ago.de 2007.
- Mitrovic, A. (1998) Learning SQL with a computerized tutor. In proceedings of SIGCSE'98, 307-311
- Mitrovic, A. and Martin, B. (2000) *Evaluating Effectiveness of Feedback in SQL-Tutor*. IWALT 2000, December 4-6, 2000, Palmerston North, pp. 143-144.
- Moodle. Disponível em: <<http://moodle.org/>>. Acesso em: 04 nov. 2007
- Moraes, C.D; Vaccaro, G.L.R.; Ferreira, A.L.A. (1997). Usando recursos computacionais no ensino de matemática. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 7., 1997, São José dos Campos-SP. Anais... São José dos Campos: ITA.
- Page E. B. (1996) Grading Essays by Computer: Progress report in Notes from the 1966 Invitational Conference on Testing Problems, 1966, 87-100.
- Peter, J. F. (2001) Engenharia de *Software*: Tradução de: *An engineering approach*, Rio do Janeiro, Campus.
- Piattini, M. and Martínez, A. (2000) Measuring for Database Programs Maintainability. In *Proceedings of the 11th international Conference on Database and Expert Systems Applications* (September 04 - 08, 2000). M. T. Ibrahim, J. Küng, and N. Revell, Eds. Lecture Notes In Computer Science, vol. 1873. Springer-Verlag, London, 65-78.
- Pressman, Roger S. (2001) *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, McGraw Hill.
- Pressman, Roger S. (2005) *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, Sixth edition, McGraw Hill.
- Preto, T. M. (2000) O Ensino de Linguagens de Programação para Novatos: Principais Problemas e as novas Tecnologias. In *Proceedings of the International Conference on Engineering and Computer Education (ICECE2000)*, São Paulo/BR.
- Prior, J. C. (2003) Online assessment of SQL query formulation skills. In *Proceedings of the Fifth Australasian Conference on Computing Education* (Adelaide, Australia). T. Greening and R. Lister, Eds. Conferences in Research and Practice in Information Technology Series. Australian Computer Society, Darlinghurst, Australia, 247-256.
- Prior, J. C. and Lister, R. (2004) The backwash effect on SQL skills grading. In *Proceedings of the 9th Annual SIGCSE Conference on innovation and Technology in Computer Science Education* (Leeds, United Kingdom, June 28 - 30, 2004). ITiCSE '04. ACM Press, New York, NY, 32-36.

- Reis, T.P.C., Castro, J. F. B. and Olsina, L. A. (2002) Medição de Qualidade de Aplicações Web na Fase de Requisitos, In *Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software*, Gramado, RS, pp 162-174.
- Roberts, G. H. and Verbyla, J. L. (2003) An online programming assessment tool. In *Proceedings of the Fifth Australasian Conference on Computing Education* (Adelaide, Australia). T. Greening and R. Lister, Eds. Conferences in Research and Practice in Information Technology Series. Australian Computer Society, Darlinghurst, Australia, 69-75.
- Rodrigues J. A., Barbosa, P. R., Brito, A. F. (2000). O Papel da Pedagogia e da Andragogia no Ensino de Computação em Engenharia. In *Proceedings of the International Conference on Engineering and Computer Education (ICECE2000)*. São Paulo/BR.
- Sadiq, S., Orlowska, M., Sadiq, W. and Lin, J. (2004) SQLator: an online SQL learning workbench. In *Proceedings of the 9th Annual SIGCSE Conference on innovation and Technology in Computer Science Education* (Leeds, United Kingdom, June 28 - 30, 2004). ITiCSE '04. ACM Press, New York, NY, 223-227.
- Saunders, D. (2006) Peer tutoring in higher education. *Studies in Higher Education*, Volume 17, Number 2, pages 211–218, 2006.
- Schwieren, J., Vossen, G., and Westerkamp P. (2006) Using *Software Testing Techniques* for Efficient Handling of Programming Exercises. In *an E-Learning Platform* (Electronic Journal of e-Learning (EJEL), Volume 4 Issue 1, pp 87-94).
- Shermis, M. D., & Burstein, J. (2003). Automated essay scoring: A cross-disciplinary perspective. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- SIA-AE - Sistema Interativo de Avaliação de Ambientes E-Learning. Disponível em: <<http://www.joinville.udesc.br/departamentos/dcc/projetos/esp7gpie/Maqae/sia/client/wwwroot/>>. Acesso em 20/08/2007.
- Silva, A. S., Brito, S. R., Favero, E. L., Hernández-Domínguez, A., Tavares, O. L. & Frances, C. R. L. (2003). Uma arquitetura para desenvolvimento de ambientes interativos de aprendizagem baseado em agentes, componentes e framework. *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. 14., 2003, NCE-FRJ.
- Silva, C. R. O., (2002) Maep: um método ergopedagógico interativo de avaliação para produtos educacionais informatizados. 224 f. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2002. (Tese de doutorado)
- Silva, Cassandra Ribeiro and Vargas, C. L. S (1999). Avaliação da Qualidade de *Software* Educacional. In: *XIX Encontro Nacional de engenharia de Produção e V International Congress os industrial Engineering*. Rio de Janeiro/RJ, 1999.
- Souza, R.R. (2001) Usando mapas conceituais na educação informatizada rumo a um aprendizado significativo. Disponível em: <<http://edutec.net/Textos/Alia/MISC/edrenato.htm>>. Acesso em: 19 out. 2007.
- Sukkarieh, J., Pulmand, S., Raikes, N. (2003) Auto-marking: using computational linguistics to score short, free text responses. In *Proceedings of the 29th Annual Conference of the International Association for Educational Assessment*, Manchester, U.K.

Teleduc. Disponível em: <<http://teleduc.nied.unicamp.br/teleduc>>. Acesso em: 01 nov. 2007

Welty, C. and Stemple, D. W. 1981. Human factors comparison of a procedural and a nonprocedural query language. *ACM Trans. Database Syst.* 6, 4 (Dec. 1981), 626-649.

Werneck, V. M. B. and Moraes, E. A. (2003) Uma Abordagem de Avaliação de Qualidade de Aplicações Web. Disponível em: <<http://magnum.ime.uerj.br/cadernos/cadinf/vol14/6-vera.pdf>>. Acesso em 20/08/2007



# Apêndice A – Publicações

## relacionadas à dissertação

Lino, A. D. P., Silva, A. S., Santos, T. L. T. Harb, M. P. A. H., Favero, E. L., Brito, S. R. *Avaliação automática de consultas SQL em ambiente virtual de ensino-aprendizagem*. Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información. CISTI 2007.

“Resumo: Este artigo apresenta uma abordagem para avaliação automática de consultas SQL que propõe uma solução para o desafio de estimular o aprendiz a aperfeiçoar a sua solução: buscando, além de uma resposta que retorna o resultado correto, uma consulta com complexidade próxima da solução ótima. Essa proposta pode ser utilizada em ambientes de EAD ou na educação presencial em atividades de laboratório, incluindo as avaliações. A solução proposta tem como vantagens: (a) o aprendiz recebe um feedback instantâneo durante a atividade prática de programação, o qual permite ao aprendiz refatorar a sua solução em direção a uma solução ótima e (b) o mediador é liberado do árduo trabalho de correção de comandos SQL podendo realizar tarefas pedagógicas mais relevantes. O método, fundamentado em estatística e métricas da Engenharia de *Software*, pode ser adaptado para outras linguagens, como Java e Pascal.”

Silva, H. A. N, Lino, A. D. P., Ponte, M. M. J, Silveira A. M. Aplicando lógica fuzzy para avaliar o estudante no ambiente virtual de programação de SQL. In: *Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información*. CISTI 2007.

“Resumo: Este artigo propõe utilizar lógica fuzzy para avaliar o estudante no ambiente virtual de programação de SQL. Esse ambiente utiliza recursos da inteligência computacional para fazer avaliação automática das questões de SQL que podem ser objetivas, subjetivas ou consultas SQL. Através das Estatísticas fornecidas pelo ambiente, o sistema fuzzy utiliza variáveis lingüísticas para avaliar o desempenho do aprendiz no processo de ensino da linguagem de programação de banco de dados. Assim, o sistema fuzzy fornece informações ao professor para acompanhar de forma otimizado a avaliação dos estudantes.”

Silva, H. A. N, Lino, A. D. P., Silveira A. M, Favero, E. L. Aplicando lógica difusa para avaliar qualitativamente o aprendiz no LabSQL. In: *XXXIII Conferencia Latinoamericana de informática CLEI* 2007.

“Este artigo propõe uma solução para avaliação de aprendizes quanto ao conteúdo assimilado no curso de banco de dados utilizando-se a ferramenta LabSQL. Atualmente, o LabSQL fornece automaticamente um feedback para cada questão de SQL, porém essa ferramenta não atribui um conceito final, ou seja, um conceito que represente o aprendizado no curso como um todo. A solução proposta avalia o aprendiz através de uma ferramenta que utiliza os princípios da lógica fuzzy, uma das técnicas da inteligência computacional, mais adequada para abordagens em ambientes de imprecisão. Essa nota final é obtida inferindo-se um conjunto de variáveis fornecidas pelo LabSQL. A solução proposta apresenta as seguintes vantagens: (a) fornece informações ao professor para acompanhar de forma otimizada o desempenho dos aprendizes; (b) proporciona um feedback imediato aos aprendizes pelo desempenho realizado. A lógica fuzzy permite fazer uma análise mais real dos dados, situação difícil de ser obtida utilizando-se lógica clássica.”

Santos, T. L. T.; Silva, A. S.; Favero, E. L.; Lino, A. D. P. Avaliação automática de questões conceituais discursivas. In: *IX Argentine Symposium on Artificial Intelligence - ASAI*, 2007, Mar Del Plata. IX ASAI, 2007.

“Este artigo apresenta a abordagem para avaliação automática de pequenas questões discursivas (de 15 até 30 palavras). A abordagem é centrada no uso de n-gramas para medir a similaridade entre textos. Para questões conceituais, o método alcança resultados aceitáveis para ser usado em ambiente de ensino à distância: acurácia média de 82.10%. Além de tratar um tema inédito para a língua Portuguesa, o artigo apresenta duas contribuições: a) uma abordagem para expandir o vocabulário da resposta do professor; b) uma abordagem centrada na distribuição normal para mapear os escores das respostas em conceitos numa escala ajustável para diferentes turmas.

Wilson R. C. Silva, Adriano Del P. Lino, Adriana R. G. Castro, Elói L. Favero. Previsão na Demanda de Vendas baseado em Regras Lingüísticas e Lógica Fuzzy. In: *Journal of Computer Science – INFOCOMP*, volume 5, número 3, p.52-58, 2006.

Uma boa precisão na estimativa de venda passou a ser significativo no seguimento de varejo, devido a vários fatores, tais como a manutenção do cliente que não se frustra ao encontrar na loja o produto desejado, o menor custo com estoque pela

manutenção de estoques mais ajustados às vendas futuras, a melhor alocação de vendedores em função da previsão das vendas para o futuro período, entre outras. Este trabalho apresenta um sistema de lógica fuzzy que permite a gestores fazer uma previsão da sua produção de vendas com mais precisão e simplicidade. O método proposto é de baixo custo quando comparado a outros métodos e foi projetado para ser parte de um sistema que auxilia no gerenciamento da empresa. Sua utilização não exige do usuário conhecimento técnico específico e os resultados obtidos até o momento através de simulações são animadores.