

Aplicando lógica difusa para avaliar qualitativamente o aprendiz no LabSQL

Hieda Adriana Nascimento Silva

Universidade Federal do Pará (UFPA), Departamento de Informática,
Belém, Brasil, 479 - 66075-110
hieda@ufpa.br

e

Adriano Del Pino Lino

Universidade Federal do Pará (UFPA), Departamento de Engenharia Elétrica,
Belém, Brasil, 479 - 66075-110
adrianod@ufpa.br

e

Antônio Morais da Silveira

Universidade Federal do Pará (UFPA), Departamento de Informática,
Belém, Brasil, 479 - 66075-110
morais@ufpa.br

e

Eloi Luiz Favero

Universidade Federal do Pará (UFPA), Departamento de Informática,
Belém, Brasil, 479 - 66075-110
favero@ufpa.br

Abstract

This paper proposes a solution for apprentices evaluation as for the content assimilated in the database course being used the tool LabSQL. Nowadays, LabSQL supplies a feedback automatically for each query of SQL, however it doesn't attribute a final score, in other words, a concept that represents the learning in the course as a completely. The proposed solution evaluates the apprentice through a tool that uses the principles of the fuzzy logic, one of the techniques of the computational intelligence, more appropriate for approaches in imprecision environment. That final score is obtained being inferred a group of variables supplied by LabSQL. The proposed solution presents the following advantages: (a) it supplies information to the instructor to accompany in an optimized way the performance of the apprentices; (b) it provides an immediate feedback to the apprentices for the accomplished performance. The fuzzy logic allows an analysis more real of the data, situation difficult of being obtained being used classic logic.

Key Words: Fuzzy systems, apprentice's evaluation, virtual environment of learning, SQL, LabSQL.

Resumo

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 instrutor 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.

Palavras chave: Sistemas difusos, avaliação do aprendiz, ambiente virtual de Aprendizagem, SQL.

1 Introdução

Nos cursos de nível superior em computação como engenharia da computação, ciência da computação, sistemas de informação, entre outros, uma das disciplinas em comum é Banco de Dados (BD). Um dos objetivos de um curso de BD é o ensino de programação em SQL (*Structured Query Language*) que é a linguagem mais largamente aceita e utilizada para programação do acesso ao BD. Em [9] é proposto o LabSQL, que vem solucionar problemas de prática de ensino da linguagem SQL, uma ferramenta que pode ser utilizada em ambientes de educação a distância ou na educação presencial de curso de BD.

Um dos grandes desafios no ensino à distância consiste em avaliar os aprendizes à medida que o contingente cresce consideravelmente. Segundo [1] interações podem facilitar o processo de avaliação da aprendizagem. Assim, o LabSQL possui várias maneiras de realizar interações como por exemplo através do fórum de discussão, chat e e-mail, entre outros.

O LabSQL 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. Através de métricas de engenharia de software e métodos estatísticos o LabSQL atribui uma nota na consulta SQL submetida pelo aprendiz, que em essência é a distância da consulta do aprendiz em relação à solução ótima, inicialmente cadastrada pelo instrutor. Quando o aprendiz realiza uma solução menos complexa, automaticamente essa consulta passa a ser a solução ótima.

Existem alguns trabalhos relacionados para solucionar o problema de prática de ensino da linguagem SQL como: eSQL, proposto em 1997 [8] auxilia no ensino do processamento das consultas, porém não é utilizada para avaliação ou evolução das consultas; SQL-Tutor, desenvolvido na Universidade de Canterbury, Christchurch, em 1998 [11], provê o *feedback* semântico, mas não é utilizada na avaliação; AsseSQL, criada na Universidade de Tecnologia, Sydney, em 2004 [14], provê um conceito certo/errado das consultas realizadas pelos aprendizes e SQLator, desenvolvida pela Universidade de Queensland também em 2004 [16], é semelhante à AsseSQL.

Nas ferramentas SQL-Tutor, AsseSQL e SQLator é possível realizar o acompanhamento do aprendiz através de dados estatísticos como frequência, percentual de acerto de questões, resolução de listas de exercícios e relatórios gráficos, porém o problema dessas ferramentas consiste em não atribuir uma nota final ao aprendiz, ou seja, um conceito que represente o aprendizado e a evolução desse no curso como um todo. Nesse sentido, os dados fornecidos por essas ferramentas não devem ser tratadas como na lógica clássica, apenas fornecendo se um indivíduo pertence ou não pertence a um determinado grupo, e sim proporcionar uma análise mais significativa levando em consideração aspectos da linguagem humana, através dos valores lingüísticos, como: a participação do aprendiz pode ser “não muito alta” ou “muito positiva”, a nota de uma atividade como sendo “pouco abaixo da média”.

A lógica difusa possibilita tratar de um modo mais adequado expressões verbais, imprecisas, qualitativas, inerentes da comunicação humana, que possuem vários graus de imprecisão e pode sistematicamente traduzir os termos difusos da comunicação humana em valores compreensíveis por computadores [2], [19]; permite trabalhar com valores lingüísticos, fornecendo um resultado mais adequado a realidade do instrutor e do aprendiz, pois valores observados no dia a dia não são exatos e sim mesclados com sensações tipicamente humanas. Assim, quando se utiliza a lógica clássica, tanto aprendizes como instrutores perdem muita informação em detrimento dos obstáculos lingüísticos da natureza de comunicação. Portanto, a contribuição deste artigo é avaliar os aprendizes utilizando lógica difusa no LabSQL, inferindo uma nota final baseada em valores lingüísticos, proporcionando uma análise dos dados.

No entanto, para inferir a nota final do aprendiz o sistema difuso utiliza as estatísticas da ferramenta referente ao desempenho do aprendiz, necessárias para inferir a nota final com maior precisão. A partir desse nota, o instrutor fornece basicamente o *feedback* ao aprendiz: desempenho individual; desempenho em relação a turma.

Assim, o instrutor otimiza o acompanhamento do aprendizado, tarefa difícil de ser implementada, principalmente em um ambiente virtual, visto o grande contingente que esse sistema pode suportar, sendo necessário um acompanhamento contínuo, pois segundo Gronlund “avaliação é um processo contínuo, subjacente a todo bom ensino e aprendizagem (...). Avaliação pode ser definida como um processo sistemático que determina a extensão na qual os objetivos educacionais foram alcançados pelos alunos. A avaliação inclui julgamento de valor quanto a desejabilidade do comportamento do aluno” [18].

Segundo J. Gimeno Sacristan: “A avaliação, em geral, é expressão de um juízo de valor por parte do instrutor, que pressupõe uma tomada de decisão, por elementar que seja, e que se apóia em distintos tipos de evidências ou indícios coletados através de algum procedimento técnico quando é uma avaliação formal, ou por mera observação informal” [18]. A tomada de uma decisão quanto à aprovação do aprendiz, ou seja, se este pertence ou não ao conjunto dos aprovados, possui certo grau de incerteza por parte de quem deve decidir, pois, por mais que o instrutor tenha feita a avaliação de forma contínua não é simples a determinação do grau de conhecimento atual deste aprendiz. Por isso, a lógica difusa foi utilizada, já que possui a característica de estimar valores intermediários onde um intervalo não é completamente contínuo.

O artigo está estruturado da seguinte forma: a seção 1 consiste de introdução, a seção 2 define a ferramenta de programação ensino de SQL, a seção 3 define o problema de avaliação individual do aprendiz; a seção 4 apresenta o

sistema difuso; a seção 5 apresenta a aplicação do sistema difuso e a seção 6 apresenta as considerações finais desse trabalho.

2 Ferramenta de programação de SQL

O LabSQL é uma ferramenta que está em fase de teste na UFPA (Universidade Federal do Pará) e permite a criação, participação e administração de cursos de SQL on-line e pode ser utilizado para auxiliar o ensino presencial. Essa ferramenta está disponível em <www.ufpa.br/labsql>.

Atualmente, várias turmas estão utilizando o ambiente, tanto da graduação quanto na pós graduação, esse trabalho aborda os resultados obtidos na de turma graduação - Bacharelado em Sistemas de Informação.

The screenshot shows the LabSQL interface. The top navigation bar includes 'Contato', 'Avaliação', 'Perfil', 'Dúvidas', and 'Lab SQL'. The main content area is titled '5.1 Tipos de Joins: cross, inner, out, left, right'. It contains the following text: 'O tipo mais simples de junção é o **join implícito**, pela ligação de uma chave primária com uma chave estrangeira, como na consulta que segue.'

```
select a.turma, b.nome nmaluno
from participante a, pessoa b where a.pessoa =
b.cd.pessoa
```

turma	nmaluno
A	Obilac
B	Obilac
C	Obilac
C	Silva
A	Cabral
5 row(s)	

Below the table, it says: 'O outro tipo de junção acontece com o **join explícito**, que segue a sintaxe: `from TAB1 [inner] join TAB2 on TAB1.col= TAB2.col` que pode ligar duas ou mais tabelas. A palavra inner é opcional. O inner join quando liga duas tabelas pela **condição de igualdade** entre duas (ou mais) colunas é também chamado de join natural ou equi-join. A condição de igualdade atende a grande maioria das consultas, mas pode ser também uma condição de desigualdade (!=, <, <=, >, >=). Se for uma desigualdade já não é mais chamado equi-join.'

Figura 1 - Área do aprendiz

Por meio do link "Avaliação" o aprendiz resolve as questões propostas pelo instrutor que verifica o andamento das questões das outras questões resolvidas anteriormente, o instrutor fornece o *feedback* ao aprendiz, enviando-lhe explicações sobre as atividades através da ferramenta. A Figura 2 apresenta a área do instrutor, interagindo com os aprendizes e monitorando todo o processo de ensino aprendizagem, administrando os conteúdos, as avaliações e acompanhando o rendimento de cada aprendiz.

The screenshot shows the 'Área do Professor' interface for 'ADRIANO DEL PINO LINO'. The main content is a 'Acompanhamento de Avaliação' chart for 'Exer. 5' from 20/04/2007 07:00:00 to 26/05/2007 18:00:00. The chart displays performance metrics for various students across different weeks (Apr and May 2007). The data is as follows:

Avaliação	2007	
	Apr	May
	20/4 w16	27/4 w17
1- Avaliação	0 [52.08%]	1 [91.66%]
ADONIAS PINHEIRO PIRES	1 [91.66%]	2 [45.65%]
ADRIANA MENDONCA GARCES	2 [45.65%]	3 [12.53%]
ALEXANDRE CESAR LIMA DE AQUINO	3 [12.53%]	4 [22.22%]
ANDERSON JORGE SANTOS FERREIRA	4 [22.22%]	5 [96.25%]
CARMEN LUCIA MARTINS DO NASCIMENTO	5 [96.25%]	6 [66.51%]
CAROL TANAKA	6 [66.51%]	7 [44.44%]
EDNELSON SILVA DE SOUSA	7 [44.44%]	8 [0%]
EDSON GOMES DE AGUIAR SILVA	8 [0%]	

Figura 2 - Área do Instrutor

3 Definição do Problema

O LabSQL avalia de forma automática cada consulta SQL utilizando métricas de engenharia de software, fazendo comparações entre a resposta do aprendiz e a resposta do instrutor cadastrada anteriormente no banco de dados. Uma das vantagens dessa ferramenta é o *feedback* imediato aos aprendizes após avaliar as consultas de SQL, no entanto não mensura o desempenho final do aprendiz. O problema consiste em avaliar e acompanhar o rendimento do aprendiz durante o curso de SQL.

Segundo [15] existe diferença entre testar, medir e avaliar. Testar significa submeter a um teste ou experiência, isto é, consiste em verificar o desempenho de alguém através de teste. Medir significa determinar a quantidade, a extensão ou grau de alguma coisa, tendo por base um sistema de unidades convencionais, a medida se refere sempre ao aspecto quantitativo. Assim, o teste é apenas um dentre diversos instrumentos de mensuração existente. Avaliar é julgar a apreciação de alguém, tendo como base uma escala de valores.

A figura 3 mostra o modelo de avaliação proposta, no qual o instrutor monitora as atividades do aprendiz, verificando em cada exercício quantas tentativas foram executadas, e qual o tempo utilizado em cada atividade. O instrutor é o ator que realiza todo o planejamento pedagógico. O aprendiz fornece ao sistema as informações necessárias para o bom funcionamento do sistema difuso (através das consultas de SQL ao banco de dados). O instrutor fornece um *feedback* ao aprendiz por meio dos resultados obtidos do sistema.

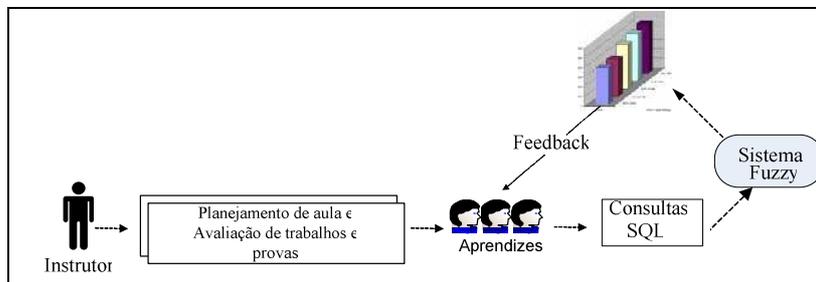


Figura 3 - Modelo de Avaliação Proposta

Existem vários tipos de *feedback*, a figura 4 mostra dois casos: (a) *feedback* automático fornecido ao aprendiz quando esse executa uma consulta, o sistema retornou no exemplo da figura 4 a seguinte mensagem “Seu SQL está 98,77% correto. Tente novamente para alcançar uma solução ótima”, esta mensagem estimula o aprendiz a realizar novas soluções a fim de alcançar a solução ótima (melhor solução desenvolvida pela turma); (b) o instrutor identifica através do sistema difuso (ver figura 9) o aprendiz que necessita de um auxílio a fim de melhorar a sua consulta SQL desenvolvida, o instrutor utiliza o sistema para fornecer um comentário sobre a questão desenvolvida pelo aprendiz, no exemplo da figura 4 o instrutor realizou o seguinte comentário: “Neste caso não é necessário utilizar *order by*. Além disso, o operador *AS* não é obrigatório”.

Questão 153 157 160 164 171 174

Prov V - Modulo 5 Início:24/06/2007 - Término:25/06/2007

157-Usando as tabelas emp, depto e dependente. Mostre a lista de funcionários de cada depto, com o chefe. Uma linha para cada empregado.

```
SELECT depto.nome AS depto, c.nome AS chefe, f.nome AS emp
FROM emp c, emp f, depto
WHERE depto.cddepto=f.depto AND f.chefe=c.cdemp
ORDER BY depto.nome, c.nome
```

Enviar Limpar

OBS: Seu SQL está 98,77% correto.
Tente novamente para alcançar a solução ótima.

depto	chefe	emp
Computação	Lobato	Maria
Computação	Maria	Antune
Computação	Maria	Petter
Sede	Silva	Lobato
Seguranca	Cabral	OBilac
Seguranca	Silva	Cabral

6 row(s)

(a)

Histórico de Respostas em Porcentagem de Acerto

Q.153	Q.157	Q.160	Q.164	Q.171	Q.174
100.00%	97.78%	88.91%	102.33%	102.32%	95.23%
106.88%	0.00%	90.01%	103.42%	94.20%	94.20%
	97.78%	103.50%		0.00%	
	98.77%			94.20%	
M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.
106.88	98.77	103.50	103.42	102.32	95.23

Comentário do Professor:

Neste caso não é necessário utilizar "order by". Além disso, o operador "AS" não é obrigatório.

(b)

Figura 4 – Exemplo de resposta do aprendiz

A sessão 4 e 5 mostram detalhadamente a implementação do sistema difuso, explicando como esse sistema auxilia o instrutor no processo de ensino aprendizagem da linguagem SQL, ajudando detectar rapidamente os aprendizes que necessitam de algum tipo de intervenção (*feedback*) para continuar realizando as listas de exercícios e prosseguir o curso de forma a obter mais conhecimento.

4 Definição de sistema difuso

Usamos diariamente palavras tais como pouco, muito, baixo, médio e alto, entre outras a fim de descrever algum fato não são bem definidas. Mas, a teoria difusa é usada para representar modelos de raciocínio impreciso, que possuem um papel essencial na notável habilidade humana de tomar decisões racionais, em ferramentas de incertezas e imprecisões [15].

Segundo [11], a lógica difusa é uma extensão da lógica booleana ou convencional, que lida com conceito de verdade parcial - valores verdade entre ‘completamente verdade’ e ‘completamente falso’ - modelando as incertezas da linguagem natural. Neste contexto, uma decisão, tida como correta, poderá ser alterada posteriormente, quando novas informações adicionais estiverem disponíveis. Genericamente, um sistema difuso é composto de quatro componentes como pode ser visto na figura 5.

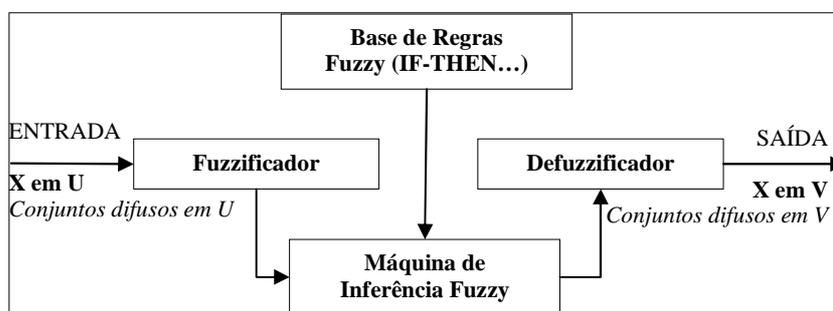


Figura 5 – Arquitetura de um sistema difuso

Na figura 5 observamos a arquitetura de um sistema difuso composto de: fuzzificador, defuzzificador, base de regras e máquina de inferência: Um fuzzificador é definido como um mapeamento de um ponto real x^* pertencente a U que está contido em R para um conjunto difuso A' em U [20]. Existem vários critérios para o projeto de um fuzzificador: i) O fuzzificador deve considerar o fato que a entrada é um ponto não-difuso x^* , isto é, o conjunto difuso A' deve ter alto valor de pertinência em x^* ; ii) Se a entrada é corrompida por ruído, então é desejável que o fuzzificador ajude a supri-lo; iii) O fuzzificador deve ajudar a simplificar os cálculos envolvidos na máquina de inferência difusa.

Existem 3 fuzzificadores: fuzzificador singleton: mapeia um ponto real $x^* \in U \subset R$ em um difuso singleton A' em U , que tem valor de pertinência 1 em x^* e 0 em todos os outros pontos em U ; fuzzificador gaussiano: mapeia um ponto real $x^* \in U$ para um conjunto difuso A' em U e fuzzificador triangular: mapeia um ponto real $x^* \in U$ para um conjunto difuso A' em U . Os fuzzificadores têm a função de converter os valores reais de entrada em conjuntos difusos para que sejam tratados pela máquina de inferência [1].

A base de regras consiste de um conjunto de regras do tipo “IF-THEN”. É um dos componentes mais importantes do sistema difuso, porque todos os outros componentes são usados para implementar essas regras de modo eficiente e razoável [15], ela é bastante intuitiva, se a classificarmos sob o ponto de vista humano. Um conjunto de regras difusas “IF-THEN” é consistente se não existem regras com a mesma parte “IF” e diferentes parte “THEN”. Um conjunto de regras difusas “IF-THEN” é contínuo se não existem regras vizinhas cujos conjuntos difusos da parte “THEN” têm interseção vazia. Intuitivamente, continuidade significa que o comportamento dinâmico da relação entrada-saída no sistema difuso deve ser suave [20].

Em uma máquina de inferência, os princípios da lógica difusa são utilizados para combinar as regras “IF-THEN” existentes na base em um mapeamento do conjunto difuso A' em U para o conjunto difuso B' em V . Se a base de regras difusas consiste de apenas uma simples regra, então o *modus ponens* generalizado especifica o mapeamento do conjunto difuso A' em U para o conjunto difuso B' em V . Porém, como qualquer base de regras prática consiste de mais que uma regra, a questão chave aqui é “Como inferir com um conjunto de regras?”. Existem duas maneiras de inferir com um conjunto de regras: inferência baseada em composição e inferência baseada em regra individual.

Na Inferência Baseada em Composição: Nesta inferência, todas as regras da base de regras são combinadas em uma simples relação difusa em $U \times V$, que é então visto como uma simples regra difusa “IF-THEN”; enquanto inferência baseada em regra individual. Nesta inferência, cada regra na base de regras determina um conjunto de saída

difusa e a saída completa da máquina de inferência difusa é a combinação dos M conjuntos difusos individuais. A combinação pode ser feita ou por união ou por interseção [20].

O defuzzificador é definido como um mapeamento de um conjunto difuso de saída da máquina de inferência em um valor real. Isto é, especificar um ponto na saída que melhor represente o conjunto difuso, ou seja, o resultado do sistema. Segundo Wang [20] é um mapeamento de um conjunto difuso B' em $V \subset R$ (saída da máquina de inferência difusa) para um ponto $y^* \in V$ não-difuso. Conceitualmente, a tarefa do defuzzificador é especificar um ponto em V que melhor representa o conjunto difuso B' .

Critérios para a escolha do defuzzificador: plausibilidade: O ponto y^* deve representar B' em um ponto de vista intuitivo. Exemplo: ele pode estar no meio do suporte de B' ou ter um alto grau de pertinência em B' ; simplicidade computacional; continuidade: uma pequena variação em B' uma pequena variação em y^* .

Tipos de defuzzificadores: centro de gravidade: especifica o y^* como o centro da área coberta pela função de pertinência de B' , vantagem: plausibilidade, desvantagem: elevada carga computacional; centro ponderado: como o conjunto difuso B' é a união ou interseção de M conjuntos difusos, uma boa aproximação para o centro de gravidade é a ponderação dos centros dos M conjuntos difusos, com os pesos iguais as alturas dos correspondentes conjuntos difusos. Este defuzzificador é o mais comumente usado, pois obedece aos três critérios de escolha de um bom defuzzificador; máximo valor: conceitualmente, este defuzzificador escolhe o y^* como o ponto em V no qual centro da área coberta pela função de pertinência de B' .

5 Utilização do sistema difuso no acompanhamento de aprendizes

As avaliações sobre SQL são elaboradas pelo instrutor que atribui a cada uma um grau de dificuldade prevendo o tempo de execução para aquela avaliação. As subseções a seguir, descrevem as variáveis, regras e parâmetros considerados para execução do sistema, apresentando a análise dos resultados.

5.1 Variáveis lingüísticas do sistema difuso

A tabela 1 apresenta as variáveis lingüísticas (“nível de dificuldade”, “tempo utilizado” e “percentual de acerto”) que foram criadas para desenvolver o sistema difuso. Os valores lingüísticos atribuídos às variáveis (“ótimo”, “bom” e “normal”) foram definidos pelos especialistas, instrutores UFPA.

O aprendiz submete-se a uma avaliação durante um determinado período de tempo (variável tempo utilizado), a ferramenta avalia automaticamente cada questão executada, e assim, é obtido o percentual de acertos de cada avaliação. As entradas do sistema difuso são 3 (três) variáveis lingüísticas, cada uma possui 3 (três) conjuntos difusos, resultando 27 regras para Base de Regras. A máquina de inferência processa as variáveis e gera a variável de saída (desempenho do aprendiz).

Tabela 1 – Variáveis lingüísticas do sistema

Variáveis Lingüísticas		Conjuntos Fuzzy	Universo De discurso
Entradas	Nível de Dificuldade da avaliação	Fácil	[0:10]
		Médio	
		Difícil	
	Tempo utilizado	Ótimo	[0:100]
		Bom	
		Normal	
Percentual de acertos	Pouco	[0:100]	
	Médio		
	Muito		
Saída	Desempenho	Insuficiente	[0:100]
		Baixo	
		Médio	
		Bom	

5.2 Base de Regras

A Base de Regras foi construída segundo o conhecimento do especialista em SQL: “If (NívelDificuldade is Fácil) and (TempoUtilizado is Normal) and (PercentualAcertos is Pouco) then (Desempenho is insuficiente)”. A Tabela 2 apresenta algumas regras consideradas.

Tabela 2 – Base de Regras

MATRIZ	IF	AND		THEN
	Nível de Dificuldade	Tempo Utilizado	Percentual de Acertos	Desempenho
1	Fácil	Normal	Pouco	Insuficiente
2	Fácil	Normal	Médio	Baixo
3	Fácil	Normal	Muito	Médio
		⋮		
25	Difícil	Ótimo	Pouco	Baixo
26	Difícil	Ótimo	Médio	Bom
27	Difícil	Ótimo	Muito	Bom

5.3 Descrição do sistema difuso implementado

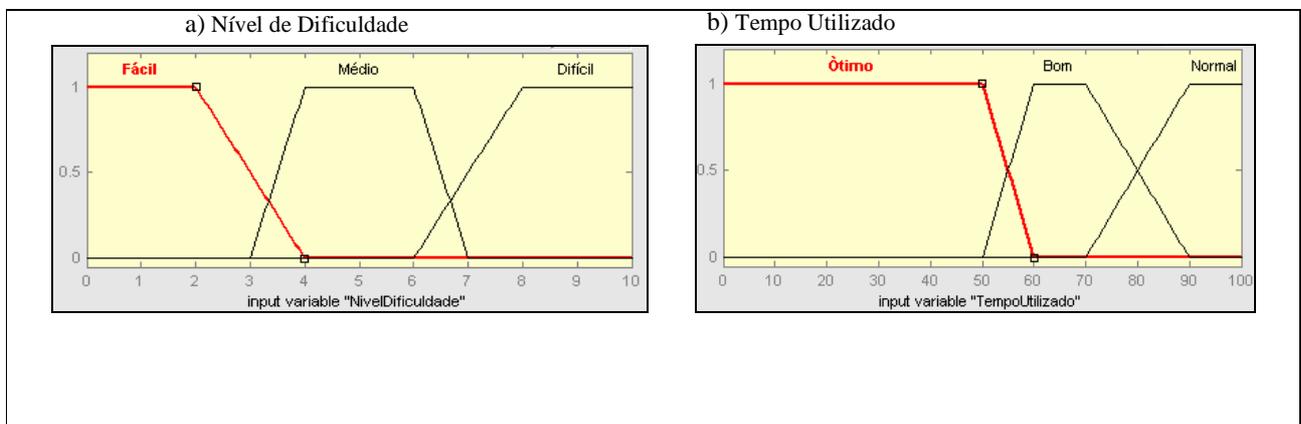
Cada variável de entrada do sistema difuso foi dividida em três categorias, conforme especificado em (a), (b) e (c). Os valores difusos para essas variáveis e os conjuntos difusos correspondentes são definidos em relação a recomendações técnicas padrão definidas pelos instrutores. Os formatos e suportes dos conjuntos foram definidos num processo de tentativa e erro durante a fase de desenvolvimento do sistema. Essas variáveis têm medidas imprecisas no dia-a-dia dos instrutores e captar suas formas de expressão constitui-se em um processo subjetivo de experimentação em conjunto com os aprendizes. As categorias para os conjuntos difusos de entrada e saída (ver figura 6) são:

(a) Nível de Dificuldade: os valores lingüísticos definidos foram fácil, médio e difícil, expressos em peso [0 a 10], por exemplo: prova difícil (grau de dificuldade 9);

(b) Tempo Utilizado: os valores lingüísticos são ótimo, bom e normal, expressos em percentagem [0% a 100%], por exemplo: o tempo estimado para realização da prova (30 minutos) corresponde a 100%, e o aprendiz realizou a prova em 15 minutos. Utilizando uma regra de três simples obtém-se a porcentagem de tempo de realização da prova, neste caso 50%;

(c) Percentual de Acertos: os valores lingüísticos são pouco, médio e muito, expressos em percentagem [0% a 100%], por exemplo: total de questões da prova corresponde a 100% (10 questões), e o aprendiz acertou 5 questões, isso significa que ele acertou 50% da prova;

(d) Desempenho: os valores lingüísticos são insuficiente, baixo, médio e bom, expressos em unidade [0 a 100], por exemplo: o aprendiz tem desempenho bom (95).



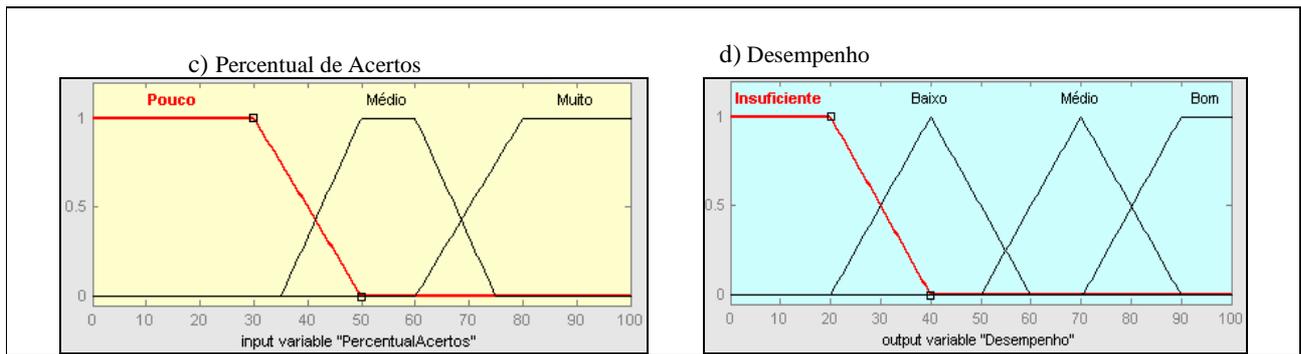


Figura 6 – Conjuntos difusos.

Utilizou-se o utilitário difuso *Logic Toolbox* [9] para desenvolver o sistema difuso, esse *Toolbox* constitui um conjunto de funções desenvolvidas na ferramenta de computação numérica MATLAB®. Foram utilizados fuzzificadores triangulares porque simplificam os cálculos na máquina de inferência difusa, se as funções de pertinência nas regras difusas *IF-THEN* são também triangulares.

O modo de inferência utilizado na base de regras foi o baseado em composição, todas as regras da base de regras são combinadas com uma relação difusa simples, união ou interseção. Essas combinações podem ser a de Mamdani (norma S) ou de Gödel (norma T). Existe uma variedade de escolhas para máquinas de inferência. Consultar [20], para conhecimento das mais utilizadas e dos critérios considerados na escolha.

Utilizou-se a norma-T, um mapeamento que transforma funções de pertinência de conjuntos difusos A e B na uma função de pertinência da interseção de A e B, e a interpretação das regras *IF-THEN* foi implementada pelo método de implicação de Mandani. Dentre os motivos que podem ser utilizados para justificar a escolha, pode-se destacar o fato de ser a mais amplamente utilizada em sistemas e controle difusos, e que as regras da base de regras do problema foram consideradas como local pelo especialista.

O defuzzificador centróide foi escolhido para mapear o conjunto de saída para valores reais, também chamado de centro de massa, esse defuzzificador apresenta simplicidade computacional, é plausível e contínuo, tem sido o defuzzificador mais utilizado em sistemas difusos, pois ele obedece aos três critérios de escolha de um bom defuzzificador. Além de computacionalmente simples, apresenta valor de saída bem intuitivo, contemplando, portanto os propósitos da solução.

5.4 Análise dos resultados obtidos

O sistema já foi testado em várias turmas diferentes, os resultados obtidos até o momento atingiram os objetivos propostos. Mostraremos aqui os resultados obtidos em uma amostragem de 35 aprendizes de uma turma de Sistemas de Informação da UFPA, para os quais foram disponibilizadas 3 avaliações (sendo 2 exercícios e uma prova). Cada avaliação possui um peso (nível de complexidade) e um tempo previsto para sua execução, pré-estabelecidos pelo instrutor (Tabela 3).

Tabela 3 – Configuração das Atividades

	Nível de dificuldade	Tempo previsto
Exercícios do Módulo 1	1	30
Exercícios do Módulo 2	2	40
Prova	3	30

A tabela 4 representa as atividades desenvolvidas pelos aprendizes, a matriz 35x3 que contem os nomes dos aprendizes e as variáveis de entrada são as entradas do sistema difuso. As atividades foram postadas em dias distintos e

com diferentes datas de entrega, para que fosse possível a demonstração de resultados totais e parciais. Nesse sentido, a lógica difusa passa a ser utilizada como uma tecnologia adicional para apoio a cursos da linguagem SQL à distância.

O cenário onde o sistema difuso foi aplicado foi modelado na figura 4. Os nomes dos aprendizes, os resultados obtidos em cada avaliação, a saber: NC – nível de complexidade; TU - tempo utilizado; PA – percentual de acertos; D – desempenho.

Tabela 4 – Aprendizes x variáveis lingüísticas (demonstração parcial)

	Exercícios do Módulo 1				Exercícios do Módulo 2				Prova			
	NC	TU	PA	D	NC	TU	PA	D	NC	TU	PA	D
Adonias	1	31	34	16.1	2	80	33	17.4	3	99	40	25.4
Alexandre	1	54	63	47.1	2	91	50	40	3	85	68	54.1
Anderson	1	97	69	55.7	2	65	68	54.1	3	56	70	57.4
André	1	36	78	70	2	80	65	49.6	3	55	72	60.6
Carmem	1	23	80	70	2	43	69	55.7	3	97	45	32
...
William	1	50	69	55.7	2	40	53	40	3	95	68	54.1

O instrutor acompanha o desempenho das turmas através dos resultados gerados pelo sistema difuso, e administra os conteúdos propostos por meio dos gráficos que são gerados dinamicamente, o instrutor pode fazer o acompanhamento de cada turma e fazer comparações dos seus desempenhos, identificando assim a turma que necessita de maior atenção devido suas deficiências, ver Figura 7.

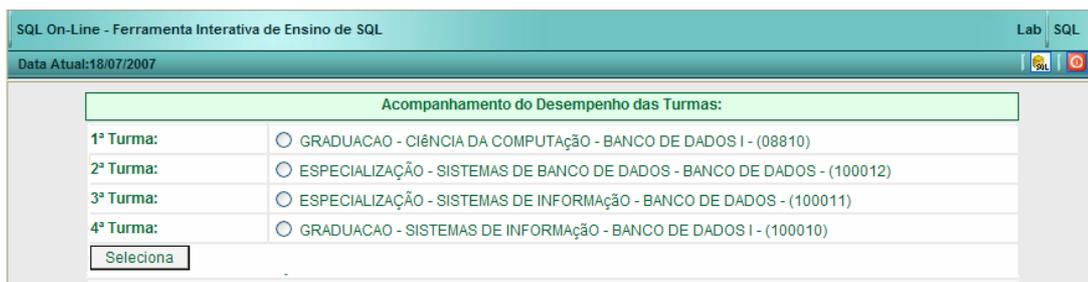


Figura 7 – Página das turmas de um determinado instrutor

O acompanhamento dos aprendizes pelo instrutor pode ser feito facilmente por meio da análise dos gráficos que permitem ver o desempenho de cada aprendiz por atividade realizada, e o desempenho global da turma. Este gráfico proporciona os seguintes benefícios: a evolução do aprendiz; e a auto-avaliação, ver figura 8.

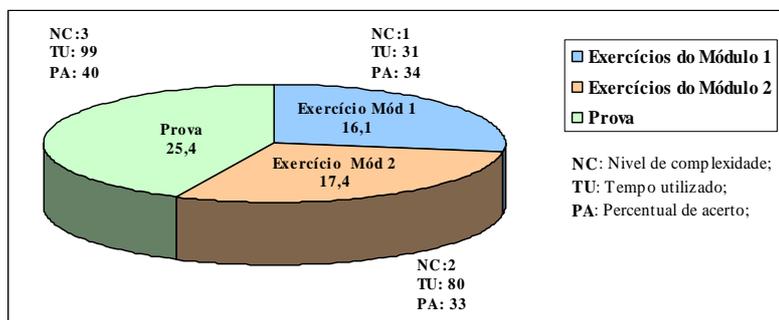


Figura 8 – Acompanhamento dos aprendizes por atividades

Existem outros gráficos como o apresentado na Figura 9 que fornecem dados estatísticos importantes da turma como, por exemplo: desempenho dos aprendizes em cada atividade; desempenho das avaliações desenvolvidas (Exercícios do

Módulo I, Exercícios do Módulo II e Prova), maior e menor desempenho individual. O instrutor analisa esses resultados e compara os desempenhos entre os aprendizes de uma mesma turma, e ainda, rever suas práticas pedagógicas. Através dos dados estatísticos, o instrutor pode fazer acompanhamento individual dos aprendizes, acompanhando seus rendimentos.

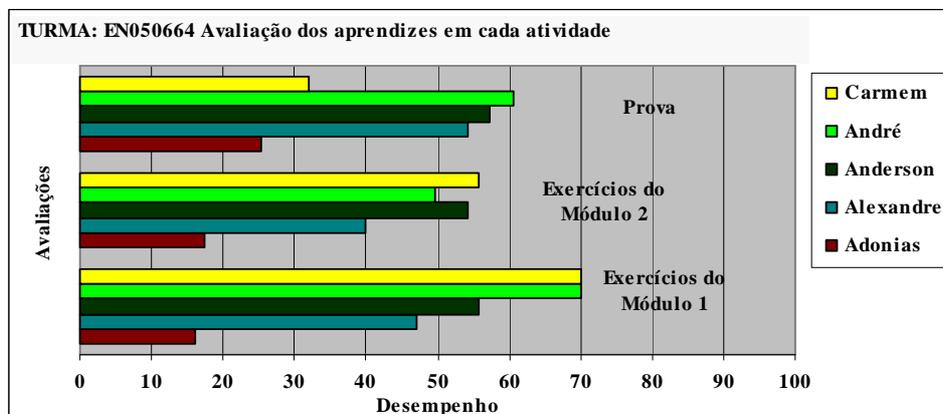


Figura 9: Avaliação dos aprendizes em cada atividade

6 Conclusões

A partir dos resultados deste trabalho, foi constatado que a lógica difusa é eficiente para avaliar os aprendizes no processo de aprendizagem da linguagem SQL na ferramenta virtual. Considerando que essa ferramenta pode ter um grande número de usuários, o instrutor pode acompanhar e avaliar todos os aprendizes através dos resultados obtidos do sistema difuso, fornecendo ainda o *feedback* automático aos aprendizes referente ao seu desempenho nas diversas atividades realizadas durante o curso.

Outro aspecto importante observado é que a lógica difusa também é eficiente para avaliar os aprendizes em termos pedagógicos, pois o sistema proporciona a avaliação individual dos aprendizes assim como o desempenho da turma, tanto na visão do aprendiz, quanto do instrutor.

O aprendiz recebe *feedback* para verificar seu desempenho em determinada atividade quando realiza avaliação individual, por outro lado, a avaliação do aprendiz em relação à turma é utilizada com fins a motivá-lo a competição. Na visão do instrutor, é possível analisar se o aprendiz está ou não acompanhando a evolução da turma, e ainda se necessita de atenção especial em detrimento de um baixo rendimento nas avaliações.

A solução mostrou que esse método de avaliação proposto apresenta vários benefícios pedagógicos, tais como: possibilita um *feedback* imediato, uma vez que o sistema responde imediatamente após o término de uma atividade realizada pelo aprendiz; fornece um *feedback* que estimula o aprendiz a melhorar seu desempenho, uma vez que ele analisa suas atividades desenvolvidas; reduz a carga de trabalho do instrutor, assim o instrutor fica livre para enriquecer o planejamento pedagógico focando no processo de ensino-aprendizagem; possibilita realizar abordagens competitivas, através do recurso que apresenta uma classificação dos aprendizes em relação à turma, com fins a motivá-los a competir (um certo grau de competição é saudável no ensino); permite ao instrutor “verificar mais cedo” quais aprendizes enfrentam dificuldades, através de um módulo de monitoramento on-line da turma; a partir daí, instrutores e aprendizes podem formar grupos de estudo com base nos desempenhos apresentados.

Esta abordagem foi testada na ferramenta de programação on-line. Nessa ferramenta, estamos trabalhando em duas frentes: (a) criar um grande corpus de questões e de respostas e através de análise empírica, aperfeiçoando as regras do sistema difuso; (b) desenvolver um modelo que pontua também outros dados coletados dos aprendizes sobre aspectos participativos e colaborativos.

Por exemplo, sobre (a), atualmente na ferramenta de programação, a nota do aprendiz é a combinação de 70% e 30% respectivamente para resultado esperado e para medida de complexidade. Estamos testando outras combinações destes valores, por exemplo, 50% para cada; nesse caso, o aprendiz necessariamente é conduzido a desenvolver uma solução melhor.

Sobre o item (b) acreditamos que para uma evolução continuada, devemos utilizar a avaliação formativa onde aspectos participativos/colaborativos têm importância, analisando a participação do aluno em ferramentas como fórum de discussão, chat e e-mail, entre outros. O objetivo aqui não é atribuir uma nota, mas obter subsídios para que aprendizes e instrutores recebam *feedback* consistente sobre a trajetória do curso. Sabemos que aprender é um processo de construção – avaliar simplesmente o resultado final pode ser trágico.

Outro trabalho futuro, que está em andamento, é adaptar a abordagem proposta para uma ferramenta virtual de aprendizagem de programação para a linguagem Java.

Referências

- [1]. Bassani, P.S. e Behar, P.A. Análise das interações em ferramentas virtuais de aprendizagem: uma possibilidade para avaliação da aprendizagem em EAD. [on line]. Disponível na Internet via WWW. URL:<http://www.cinted.ufrgs.br/renote/>. Arquivo capturado em dezembro de 2006.
- [2]. Chen, Z. *Computational Intelligence for Decision Support*. New York: CRC Press LLC. 2000.
- [3]. Fabri, J.A. e Fabri, M.G. Ferramenta Fuzzy para Acompanhamento do Desempenho dos alunos nos Cursos a Distância. *Anais do XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Workshop de Informática na Escola*. Campinas, Brasil, (2002).
- [4]. Harb, M.P.; Brito, S.R.; Silva, A.S.; Favero, E.L.; Tavares, O. L. e Francês, C. R. L. AmAm: ambiente de aprendizagem multiparadigmático. In: *Simpósio Brasileiro De Informática Na Educação*. 14., NCE-UFRJ , (2003).
- [5]. Haydt, R.C. *Avaliação do Processo Ensino-Aprendizagem*. 6ª ed, São Paulo: Ática.1995.
- [6]. Kantrowitz, M.; Horstkotte, E. and Joslyn, C. Answers to Questions about Fuzzy Logic and Fuzzy Expert Systems. Disponível na Internet via WWW. URL:<http://www-cgi.cs.cmu.edu/afs/cs/project/ai-repository/ai/areas/fuzzy/faq/fuzzy.faq>. Arquivo capturado em novembro de 2006.
- [7]. Kearns, R.; Shead, S. and Fekete, A. A teaching system for SQL. In *Proceedings of ACSE '97*, Melbourne, (July, 1997), pp. 224–231.
- [8]. Lino, A.D.P.; Silva, A.S.; Santos, T.L.T.; Harb, M.P.A.H.; Favero, E.L. e 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).
- [9]. Matworks. *Fuzzy Toolbox User's Guide: for use with MATLAB*. Natick, MA: The MathWorks. 2001.
- [10]. Mitrovic, A. Learning SQL with a computerized tutor. In *Proceedings of SIGCSE'98*. Atlanta, Georgia, (February, 1998), pp. 307–311.
- [11]. Okada, A.L.P. e Santos, E. A construção de ferramentas virtuais de aprendizagem: por autorias plurais e gratuitas no ciberespaço. In: *26ª Reunião Anual da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação*. Poços de Caldas, (2003).
- [12]. Okada, A.L.P. e Santos, E. Comunicação Educativa no Ciberespaço: Utilizando Interfaces Gratuitas. In: *XXVI Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação*. São Paulo, (2003).
- [13]. Oliveira, G.P. Avaliação no Ensino a Distância: A Aprendizagem e o Ambiente. In: *XII Congresso Internacional de Educação a Distância. Anais do XII Congresso Internacional de Educação a Distância*. Florianópolis, (2005).
- [14]. Prior, J. and Lister, R. The backwash effect on SQL skills grading. In *Proceedings of ITiCSE'04*, Leeds, UK, (June, 2004), pp. 32–36.
- [15]. Ribeiro L.O.M. Evidências de Reciprocidade Normativa numa Ferramenta Virtual de Aprendizagem na Formação de Professores para EAD. Trabalho da Disciplina Inteligência Artificial Construtivista. UFRGS, (2002).
- [16]. Sadiq, S.; Orłowska, M.; Sadiq, W. and Lin, J. SQLator—an online SQL learning workbench. In *Proceedings of ITiCSE'04*. Leeds, UK, (June, 2004), pp. 223–227.
- [17]. Silva, A.S.; Brito, S.R.; Favero, E.L.; Hernandes, D.; Tavares, O.L. e Frances, C.R.L. Uma arquitetura para desenvolvimento de ambientes interativos de aprendizagem baseado em agentes, componentes e framework. *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. 14. Rio de Janeiro, RJ, Brasil (2003).
- [18]. Souza, C.P.; Depresbiteris, L.; Franco, M.L.P. e Souza, S.Z.L. *Avaliação do rendimento escolar*. 6ª ed. Campinas: Papirus. 1997.
- [19]. Turban, E. e Aronson, J.E. *Decision Support Systems and Intelligent Systems*. 6th edition, New Jersey: Prentice – Hall. 2001.
- [20]. Wang, L.X. *A course in Fuzzy Systems and Control*. New Jersey: Prentice-Hall Internacional., Inc. 1997.