



Sistema de Inferência *Fuzzy* Aplicado na Avaliação Discente

Andreza Carla Barrantes

Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Licenciatura em Matemática, orientada pela Prof^a. Dr^a. Graziela Marchi Tiago

IFSP
São Paulo
2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barrantes, Andreza Carla.

Avaliação Discente Baseado em Lógica *Fuzzy* / Andreza Carla
Barrantes - São Paulo: IFSP, 2011.
27p.;

Avaliação Discente Baseado em Lógica *Fuzzy* - Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia, São Paulo, 2011.
Orientadora: Graziela Marchi Tiago.

1. Avaliação. 2.Lógica *Fuzzy*. 3. Ensino. 4.Aprendizagem.
I. Avaliação Discente Baseado em Lógica *Fuzzy*.

ANDREZA CARLA BARRANTES

SISTEMA DE INFERÊNCIA FUZZY APLICADO NA AVALIAÇÃO DISCENTE

Monografia apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, em cumprimento ao requisito exigido para a obtenção do grau acadêmico Licenciada em Matemática.

APROVADA EM 28/11/2011

CONCEITO: 9,0



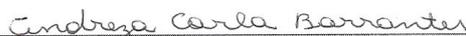
Prof. Dr. Rogério Ferreira da Fonseca
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia
Membro da Banca



Prof. Dr. Paulo Roberto Barbosa
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia
Membro da Banca



Prof. Drª Graziela Marchi Tiago
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia
Orientadora



Aluna: Andreza Carla Barrantes

“Mesmo desacreditado e ignorado por todos, não posso desistir, pois pra mim, vencer é nunca desistir.”

Albert Einstein

*Aos Meus Pais e
À Minha irmã Andréia.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Bolsa Institucional 2011 do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo.

Em especial à professora doutora Graziela Marchi Tiago pelo apoio, confiança, dedicação e orientação para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor doutor Paulo Roberto Barbosa pela contribuição na parte do sistema de inferência *fuzzy*.

Ao professor doutor Rogério Ferreira da Fonseca pela contribuição nas reflexões sobre avaliação e no modelo proposto.

À professora doutora Mariana P.M.A. Baroni pelo incentivo, sugestões e apoio durante as aulas de Trabalho de Conclusão de Curso 2.

À professora doutora Carla Souto pela contribuição e correções durante as aulas de Comunicação e Linguagem 3.

Às professoras Vânia Flose e Gabriela Cotrim de Moraes pela compreensão neste período.

Um agradecimento especial aos meus pais Jair Antonio Barrantes e Creuza Aparecida Barrantes pela educação, incentivo, apoio e compreensão na realização deste trabalho.

À Joyce Salvador, Thais Costa e Seiji Niwa pela convivência e companheirismo no período de elaboração deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de sistema de avaliação do desempenho de estudantes baseado na teoria da Lógica *fuzzy*. Através do software Matlab[®] foi desenvolvido um algoritmo que trabalha com imprecisões permitindo a utilização de variáveis linguísticas tais como bom, ruim e normal. A teoria *fuzzy* fornece subsídios para que as variáveis resultem em números. Este sistema objetiva agrupar o desempenho em avaliações teóricas, contemplando diversas categorias de avaliações, como as avaliações diagnósticas, processuais, formativas, entre outras. Além disso, possibilita considerar diversos tipos de atividades, por exemplo, exercícios em sala de aula, tarefas extra-aula, pesquisas, postura frente ao conhecimento, comportamento dos alunos durante o processo de ensino/aprendizagem. A proposta de acompanhamento dos estudantes viabilizará o uso de diferentes ferramentas para obtenção do desempenho e rendimento dos alunos em cursos presenciais, propiciando avaliar de uma forma mais completa o desenvolvimento de competências e habilidades implícita ou explicitamente relacionadas ao processo de ensino e aprendizagem de disciplinas específicas.

Palavras-chaves: Avaliação, Lógica *Fuzzy*, Ensino, Aprendizagem.

FUZZY INFERENCE SYSTEM APPLIED IN STUDENT EVALUATION

ABSTRACT

This work presents a proposal computational system for evaluating the performance of students based on the theory of fuzzy logic. An algorithm was developed using Matlab[®] software. This type of algorithm works with inaccuracies and allows the use of linguistic variables such as good, bad and normal. The fuzzy theory provides the rationale for turning variables into numbers. The objective of this system is to group the performance in theoretical evaluations, covering several categories of assessments, such as diagnostic evaluations, procedures, and training, among others. It is also possible to consider several types of activities, for example, exercises in the classroom, extra-class works, research, posture in knowledge, behavior of students during the teaching / learning process. The proposed monitoring will enable students to use different tools to obtain performance and achievement in classroom courses, providing a more complete assess for the development of skills and abilities implicitly or explicitly related to the teaching and learning of specific subjects.

Keywords: Evaluation, fuzzy logic, teaching, learning.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 2.1 – Função de pertinência de um conjunto clássico A.	6
Figura 2.2 – Função de pertinência de um conjunto <i>fuzzy</i> A.....	6
Figura 3.1 – Modelo <i>fuzzy</i> desenvolvido no software Matlab.	11
Figura 3.2 – Funções de pertinência para a variável de entrada Avaliação Escrita. .	12
Figura 3.3 – Funções de pertinência para a variável de entrada Atividade Extraclasse.....	13
Figura 3.4 – Funções de pertinência para a variável de entrada Atividade em Classe.	13
Figura 3.5 – Funções de pertinência para a variável de Saída Final.....	14
Figura 3.6 – Mapeamento de entrada-saída nota de avaliação escrita e da atividade extraclasse.	16

LISTA DE TABELAS

Pág.

Tabela 3.1 - Classificação Clássica e <i>Fuzzy</i>	17
--	----

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 SISTEMA DE INFERÊNCIA <i>FUZZY</i>	5
3 MODELO <i>FUZZY</i> PROPOSTO	11
3.1. Discussão dos Resultados	17
4 CONCLUSÕES.....	21
REFERÊNCIAS.....	25
ANEXO A - APRESENTAÇÃO DE TRABALHOS	27

1 INTRODUÇÃO

Para avaliar a aprendizagem dos discentes nas escolas é utilizado o sistema baseado por avaliações escritas que geralmente são aplicadas ao término de cada unidade ou conteúdo. O planejamento da quantidade de provas depende de cada instituição e professor. De uma forma geral, a cada bimestre são duas ou no máximo três provas, cada uma avalia um determinado conteúdo. Após a realização de cada exame o aluno obtém uma nota. No final de um determinado período (bimestre ou semestre) é feita uma média aritmética com todas as notas do aluno. A média final para a aprovação é determinada pela instituição.

O cálculo matemático utilizado não deixa claro o conhecimento que o aluno realmente adquiriu. Ele pode ter tido uma nota excelente na prova referente ao conteúdo de adição, por exemplo, e uma nota ruim na prova de divisão, mas calculando sua média obteve-se uma nota suficiente para aprovação. Como consequência, o aluno será aprovado por ter bastante conhecimento em adição, mas terá uma dificuldade em divisão.

No exemplo citado, após o resultado da avaliação do aluno não é feita uma retomada dos conteúdos em que os alunos apresentaram maiores problemas. Como o exemplo citado a respeito da dificuldade em divisão. Já que o aluno foi aprovado, a escola, os pais e o próprio aluno não se preocupam se o conhecimento adquirido é satisfatório para prosseguir nas outras séries escolares.

A tradição dos exames escolares foi sistematizada nos séculos XVI e XVII, com as configurações da atividade pedagógica produzidas pelos padres jesuítas e pelo Bispo John Amós Comênio. A avaliação da aprendizagem na prática escolar ainda continua sendo conduzida por semelhante “pedagogia do exame”. (LUCKESI, 2003, apud CHUERI, 2008, p. 53)

Ainda de acordo com o autor, na prática da avaliação educacional, no ato do planejamento de ensino, a maioria dos professores não define com exatidão o padrão de qualidade que se espera do aluno. Assim, existe uma grande possibilidade de arbitrariedade nos julgamentos. Por não haver um padrão

estabelecido, fica a critério de cada professor avaliar o aluno conforme seu humor e satisfação quanto ao comportamento e atitudes em suas aulas.

As provas aplicadas pelos professores são uma “ameaça” para os alunos e não um auxílio para a aprendizagem, o que os leva a estudar é o “medo” e não a preocupação em aprender. A relação professor-aluno está centrada nas notas: os alunos necessitam delas para a sua aprovação, não importando a maneira pela qual são obtidas ou se expressam uma aprendizagem satisfatória. Os professores algumas vezes utilizam as notas como um meio de mostrar autoridade ou uma forma de disciplinar.

Provas mal elaboradas, autoritarismo e uso inadequado dos resultados obtidos podem trazer consequências como repetência e evasão, não contribuindo para a permanência e terminalidade. A avaliação da aprendizagem tem como uma de suas funções possibilitar uma qualificação na aprendizagem do aluno, auxiliando seu avanço e crescimento quanto à apropriação dos conhecimentos e habilidades mínimos necessários. Isso significa que a atual prática de avaliação escolar tem sido aplicada de maneira antidemocrática.

Para Luckesi (2009, p. 60) quando falamos sobre democratização do ensino estamos tratando, em primeiro lugar, da democratização do acesso à educação escolar.

Para viver bem economicamente e profissionalmente na sociedade em que nos encontramos é necessário o mínimo instrumental para se chegar a um patamar de compreensão e ação, o que só é possível através da escolarização.

Existem três fatores que definem a democratização do ensino:

- Acesso universal ao ensino
- Permanência do aluno na escola e a possibilidade de continuar até um nível de terminalidade significativo,
- Qualidade de ensino: todos os alunos devem ter acesso ao conteúdo escolar.

Ainda para esse autor, a avaliação é um juízo de qualidade, precisa ser expressa através de algum símbolo, seja ele verbal ou numérico. Na prática escolar as notas são símbolos numéricos e os conceitos (péssimo, ruim, regular etc.) são símbolos verbais. Perguntamo-nos o porquê da necessidade de transformar conceitos em notas sendo que ambos expressam juízos de qualidade sobre a aprendizagem do aluno: eles são equivalentes quando se trata da qualificação da aprendizagem, mas se diferem na medida em que as notas passam indevidamente de qualidade para quantidade.

A escola precisa dessa transformação de expressões verbais em numéricas por trabalhar com média de notas. Se as escolas trabalhassem com um padrão de conhecimentos mínimos necessários, os conceitos estariam expressando a qualidade da aprendizagem do aluno naquela unidade e não precisaria ser feita uma “média” pela qual os alunos possam ser aprovados sem ter os conhecimentos mínimos necessários em uma ou mais unidades de ensino. A transformação de conceitos em notas impossibilita o professor de analisar a real situação do aluno e replanejar suas aulas em função das dificuldades encontradas pelos alunos.

O atual processo de avaliação da aprendizagem não contribui para melhorias no ensino. O objetivo de estudar para se ter conhecimentos satisfatórios tornou-se estudar para alcançar a média mínima exigida pela instituição. Para que este processo seja utilizado corretamente não se deve estabelecer um padrão mínimo de notas, mas sim de conhecimentos e habilidades que os alunos deverão adquirir. Segundo Luckesi (2009, p. 96) a média mínima é enganosa por não deixar claro o que o aluno realmente adquiriu, pois ela é calculada com uma pequena quantidade de elementos, e uma média em números reduzidos de casos cria uma forte distorção da realidade.

A legislação educacional necessita de uma forma de registro de aprendizagem, por esse motivo, não é possível eliminar as notas e conceitos da vida escolar. Mas algumas dificuldades podem ser sanadas trabalhando-se com um mínimo necessário de aprendizagem e qualidade, o que deve ser feito de modo coletivo entre os educadores para que não ocorra arbitrariedade.

Para Luckesi (2009, p. 99), somente será possível que o processo de avaliação aconteça corretamente se os profissionais da educação estiverem realmente interessados em que o aluno aprenda o que está sendo ensinado e que a prática pedagógica seja conduzida com rigor.

Um dos maiores desafios para um professor é o processo de avaliar. Durante um determinado período ele deverá atribuir notas às atividades feitas pelos alunos. Essa tarefa é importante no desenvolvimento da vida escolar dos estudantes. Ela pode servir de motivação ou desistência e ainda expressa o quanto um aluno aprendeu o conteúdo proposto durante o período determinado.

Segundo este pressuposto, uma forma alternativa de avaliação do desempenho do aluno baseada na Lógica *Fuzzy* para cursos de ensino a distância foi proposta por Faria e outros. O sistema de cálculo das notas dos alunos foi dividido em duas partes que se interagem de forma que ao final resulte em uma única avaliação.

Procurando uma melhoria no processo de avaliação do ensino/aprendizagem, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma metodologia inédita de avaliação para cursos presenciais baseado em Lógica *Fuzzy*. Serão utilizados outros meios além dos tradicionais (provas) para classificar o desempenho e rendimento dos estudantes e para apoiar nas decisões a serem tomadas pelos educadores no processo de ensino e aprendizagem.

Para a apresentação do trabalho, com relação ao objetivo proposto, este foi dividido em:

- Capítulo 2: dissertamos sobre o sistema de inferência *fuzzy*.
- Capítulo 3: apresentamos o modelo proposto *fuzzy* e discussão dos resultados.
- Capítulo 4: conclusões e perspectivas futuras.

2 SISTEMA DE INFERÊNCIA FUZZY

Lógica é o estudo de métodos e princípios de raciocínio em todas as suas possíveis formas. A lógica clássica trabalha com proposições exatas, verdadeiras ou falsas. Porém, para modelar fenômenos no mundo real precisa-se lidar com as incertezas e a lógica *fuzzy* possui ferramentas para se trabalhar com as subjetividades (CASTANHO; PEIXOTO, 2010).

Uma das principais características da lógica *fuzzy*, conhecida também como lógica difusa, é a possível associação parcial de um elemento a um conjunto (BARBOSA, 2005). A lógica *fuzzy* relaciona uma coleção de objetos, de variáveis ou parâmetros, a outros objetos, conectivos ou operadores. De acordo com o conectivo utilizado, podem existir dois grupos de modelos distintos: matemáticos e lógicos. Nos modelos matemáticos são utilizadas as operações aritméticas, enquanto nos modelos lógicos os conectivos são do tipo E, OU e SE – ENTÃO (NAGAMINE, 2001, *apud* BARBOSA, 2005, p. 43).

A diferença dos modelos matemáticos para os da lógica *fuzzy* pode ser observada quando fazemos transações entre um membro e um não-membro. Nos modelos matemáticos, as únicas possibilidades para um elemento são pertencer ou não pertencer a um conjunto. No caso do modelo *fuzzy*, existe uma transição gradual (YAGER e FILEV, 1994, *apud* BARBOSA, 2005, p. 43).

Na teoria dos conjuntos clássicos, considere-se um conjunto universo X e A contido em X , a função característica desse modelo se dá por:

$$\mu_A : X \rightarrow \{0,1\} \quad (2.1)$$

Esta função apresenta a ideia de que qualquer elemento pertencente ao conjunto A recebe o valor de 1 e qualquer elemento não pertencente ao conjunto A recebe o valor de 0 (ver Fig. 1.1).

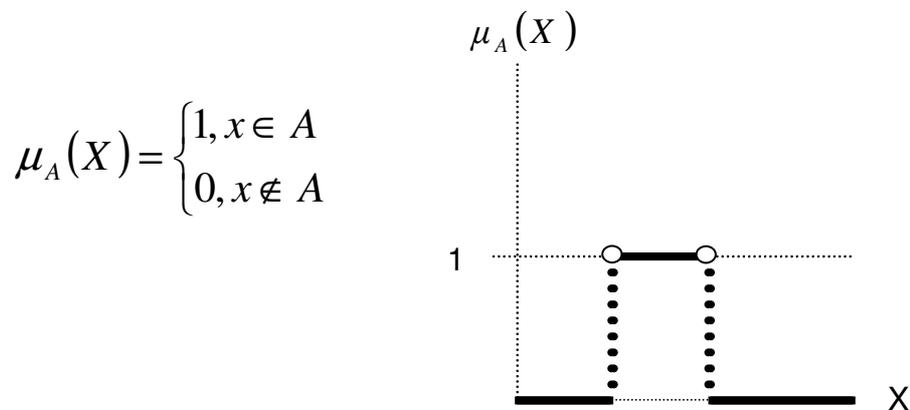


Figura 2.1 – Função de pertinência de um conjunto clássico A.

Sendo X o conjunto universo e A contido em X , a função característica no modelo *fuzzy* é apresentada por:

$$\mu_A : X \rightarrow [0,1] \quad (2.2)$$

Os valores indicados aos elementos do conjunto universo X pertencem ao intervalo de 0 a 1, tais valores indicam o grau de pertinência dos elementos do conjunto X em relação ao conjunto A , isto é, quanto é possível para um elemento X pertencer ao conjunto A .

Nesse caso, a função pode ter outras formas, como no exemplo:

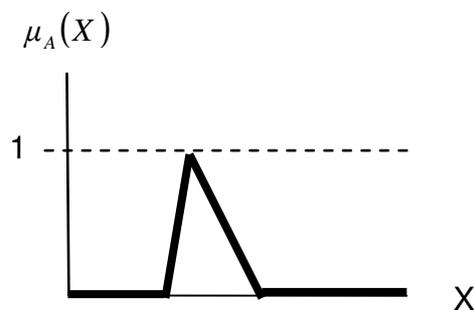


Figura 2.2 – Função de pertinência de um conjunto *fuzzy* A.

A teoria dos conjuntos *fuzzy* fornece ferramentas para expressar numericamente valores imprecisos tais como bom, ruim, excelente e normal. Estabelece uma relação entre a precisão da matemática clássica e a imprecisão do mundo real, tornando possível implementar um algoritmo computacional.

Um conjunto *fuzzy* permite representar conceitos vagos em linguagem natural, a representação não depende apenas do conceito, mas também, do contexto em que está inserido. Vários conjuntos *fuzzy* representando conceitos linguísticos como alto, médio ou baixo são frequentemente empregados para definir o estado de uma variável, tal variável é denominada variável linguística ou variável *fuzzy* (CASTANHO; PEIXOTO, 2010). A variável linguística expressa valores que não são numéricos, e sim, palavras ou sentenças de uma linguagem natural ou artificial. Segundo Faria o conjunto de valores assumidos pela variável linguística é denominado Conjunto de Termos, no qual cada valor assumido pela variável linguística é representado por um conjunto *fuzzy* definido pela função de pertinência correspondente.

Não existem regras definitivas para a escolha das funções de pertinência, é necessário o conhecimento de um especialista no assunto ou informações extraídas de um banco de dados. As funções possuem algumas características quanto ao formato, obtenção e normalização.

As funções de pertinência podem ter várias formas: triangular, trapezoidal, gaussiana, sinoidal, entre outras; a forma escolhida é determinada de acordo com o contexto da aplicação. A obtenção dessas funções pode ser escolhida pelos usuários com base em suas experiências ou através de um processo de otimização a partir de dados experimentais e/ou obtidos por simulação. Quanto à normalização, as funções de pertinência são definidas no intervalo $[0,1]$.

A estrutura de um sistema baseado em lógica *fuzzy* possui quatro etapas: fuzzificação, base de regras, inferência e defuzzificação. A fuzzificação é o processo no qual são definidas as variáveis de entrada e saída, para as quais são atribuídos termos linguísticos que descrevem seu estado. É nessa etapa do processo que são construídas as funções de pertinência. Semelhantes termos são traduzidos pela

função a um subconjunto *fuzzy* num domínio apropriado (CASTANHO; PEIXOTO, 2010).

A base de regras é caracterizada pela base de conhecimento, todos os conjuntos *fuzzy* que representam as variáveis relacionadas por funções de pertinência formam a base de conhecimento. O algoritmo processa as funções de pertinência de cada um dos conjuntos *fuzzy*, a combinação dos resultados através de instruções gera a base de regras (BARBOSA, 2005.). A representação da base de regras pode variar de acordo com o modelo utilizado. Os dois tipos mais comuns de modelo *fuzzy* são: Modelo de Mamdani e o Modelo de Takagi-Sugeno-Kang.

O modelo de Mamdani é baseado em proposições linguísticas SE-ENTÃO com vagos predicados e o modelo de Takagi-Sugeno-Kang é formado por regras lógicas que têm uma combinação de modelos difusos e exatos. A saída no método de inferência Sugeno é um número real exato, o conjunto consequente de inferência será um conjunto difuso discreto com um número finito de pontos e as regras consequentes são funções exatas (BARBOSA, 2005).

O método mais utilizado para criar a base de regras funciona através de expressões do tipo SE (premissa) ENTÃO (conclusão). Esse método supõe que conhecido um fato (premissa) é possível concluir outro fato (conclusão). A maioria dos sistemas envolve mais de uma regra, a consequência do processo global, a partir de cada regra individual, é conhecida como conjuntivos ou disjuntivos (ROSS, 1995, *apud*, BARBOSA, 2005, p. 48).

Nos sistemas de regras conjuntivos são utilizados os conectivos “E”, neste caso, a conclusão é encontrada por meio de intersecção de todas as regras individuais. Nos sistemas de regras disjuntivos são empregados os conectivos “OU” e a conclusão final é obtida através da união das contribuições individuais (BARBOSA,2005.).

Após definidas as regras, os operadores de união e intersecção e o método utilizado, ocorre a inferência. Na defuzzificação é necessário um processo de tradução do conjunto *fuzzy* resultante do método de inferência para um número real (CASTANHO; PEIXOTO, 2010).

No método de raciocínio de Takagi-Sugeno-Kang a saída é um número real exato, o conjunto consequente de inferência será um conjunto difuso discreto com um número finito de pontos e as regras consequentes serão funções exatas. O método para inferência utilizado nesse trabalho é o método de implicação Mamdani, no qual a saída agregada é:

$$\mu_{B_n^k}(\alpha(i), \alpha(j)) = \max[\min[\mu_{A_{n1}^k}(\alpha(i)), \mu_{A_{n2}^k}(\alpha(j))]], \quad \text{for } k = 1, \dots, r \quad (2.3)$$

em que A_{n1}^k e A_{n2}^k representam conjuntos *fuzzy* antecedentes, μ representam funções de pertinência, B_n^k representa o conjunto *fuzzy* para as entradas consequentes $\alpha(i)$ e $\alpha(j)$ (BARRANTES; TIAGO; FONSECA, 2011, p. 4).

Muitas vezes, a saída do processo deve ser uma quantidade escalar e não conjuntos *fuzzy*. Um valor *crisp* (físico) para a saída do sistema é obtido pela defuzzificação do conjunto de saída *fuzzy*.

Na literatura existem alguns métodos de defuzzificação: princípio da máxima associação também conhecido como método da altura, método da média ponderada, média de associação máxima, centro das somas e método dos centróides ou centro de área ou gravidade. Talvez o método de defuzzificação mais popular seja o cálculo do centróide, que retorna o centro da área sob a curva. Neste método o valor *crisp* é obtido pelo centro da área dada pela atribuição das funções de pertinência de saída como:

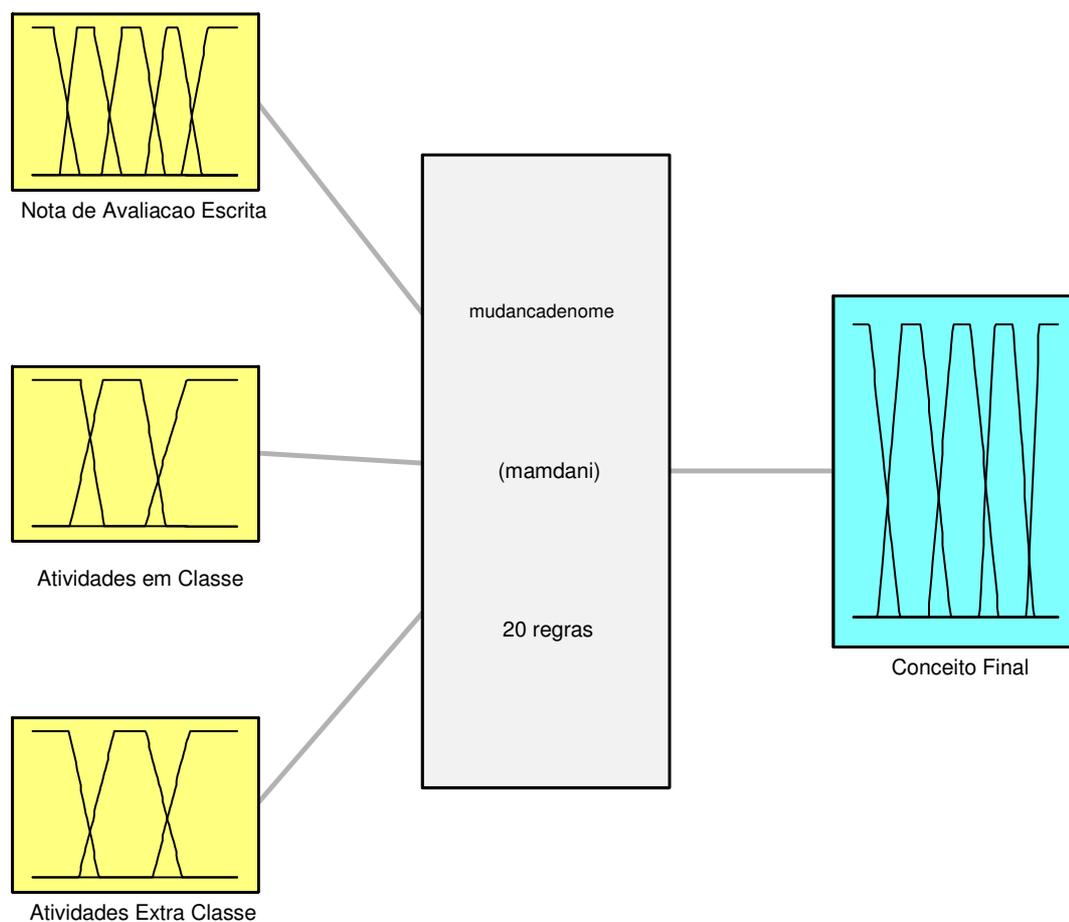
$$y^* = \frac{\int \mu_{B_n^k}(y) y dy}{\int \mu_{B_n^k}(y) dy} \quad (2.4)$$

sendo y^* o valor obtido pela defuzzificação e B_n^k consequentes conjuntos *fuzzy*. (BARRANTES; TIAGO; FONSECA, 2011, p. 4).

Utilizando o sistema de inferência *fuzzy* descrito, a seguir apresentamos o modelo *fuzzy* proposto.

3 MODELO *FUZZY* PROPOSTO

Esta seção descreve o modelo *fuzzy* desenvolvido no software Matlab (Fig. 2.1) para avaliação dos discentes em cursos presenciais.



Sistema mudancadenome: 3 entradas, 1 saída, 20 regras

Figura 3.1 – Modelo *fuzzy* desenvolvido no software Matlab.

Foram escolhidas três variáveis de entrada: nota de avaliação escrita (AV), atividades em classe (ATV-C) e atividades extraclasse (ATV-EC). Como nosso intuito é considerar a contribuição das três notas para avaliação, o conceito final é a variável de saída do nosso sistema.

O formato das funções de pertinência, tanto nas variáveis de entrada como na de saída, foi o trapezoidal. As funções de pertinência contruídas foram:

- para a variável de entrada avaliação escrita (Fig. 2.2): Insuficiente (I), Regular (R), Bom (B), Muito Bom (MB) e Excelente (EX).
- para a variável de entrada atividades em classe (Fig. 2.4): Insuficiente (I), Satisfatório (S), Excelente (EX).
- para a variável de entrada atividades extraclasse (Fig. 2.3): Insuficiente (I), Satisfatório (S), Excelente (EX).
- para a variável de saída conceito final (Fig. 2.5): Insuficiente (I), Regular (R), Bom (B), Muito Bom (MB) e Excelente (EX).

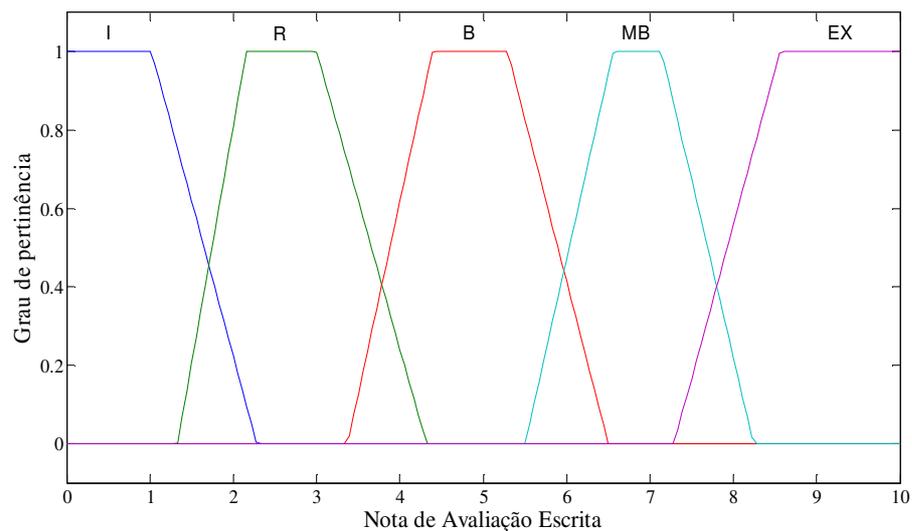


Figura 3.2 – Funções de pertinência para a variável de entrada Avaliação Escrita.

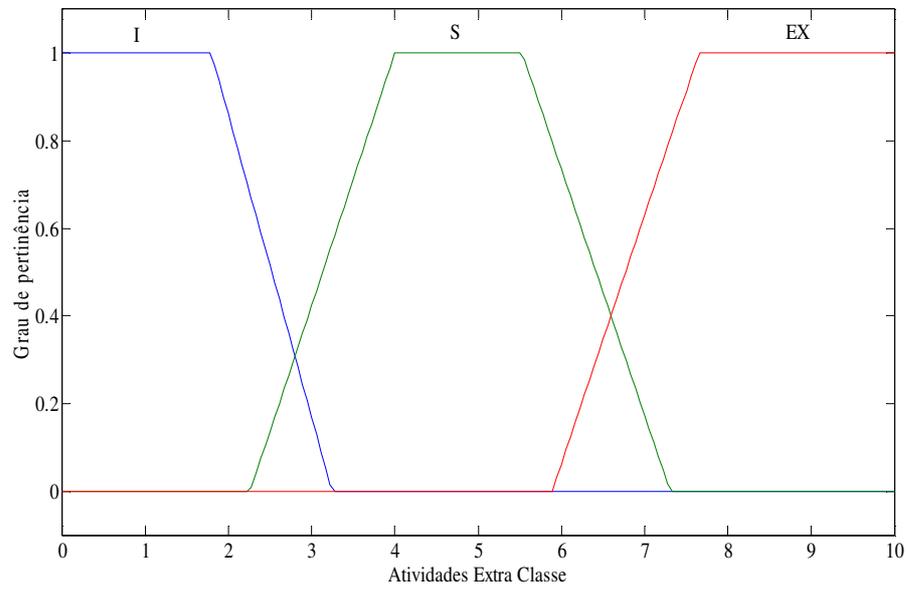


Figura 3.3 – Funções de pertinência para a variável de entrada Atividade Extraclasse.

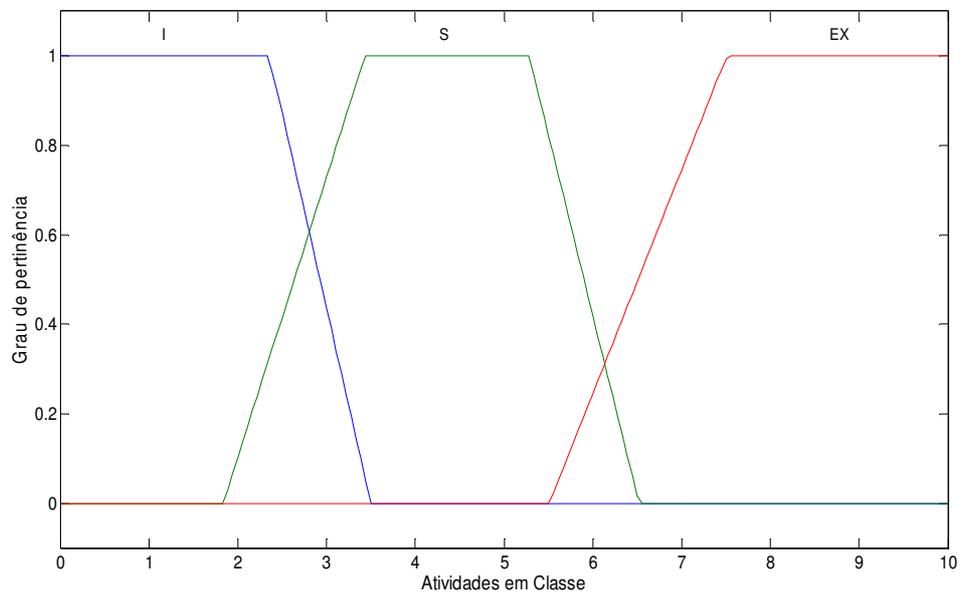


Figura 3.4 – Funções de pertinência para a variável de entrada Atividade em Classe.

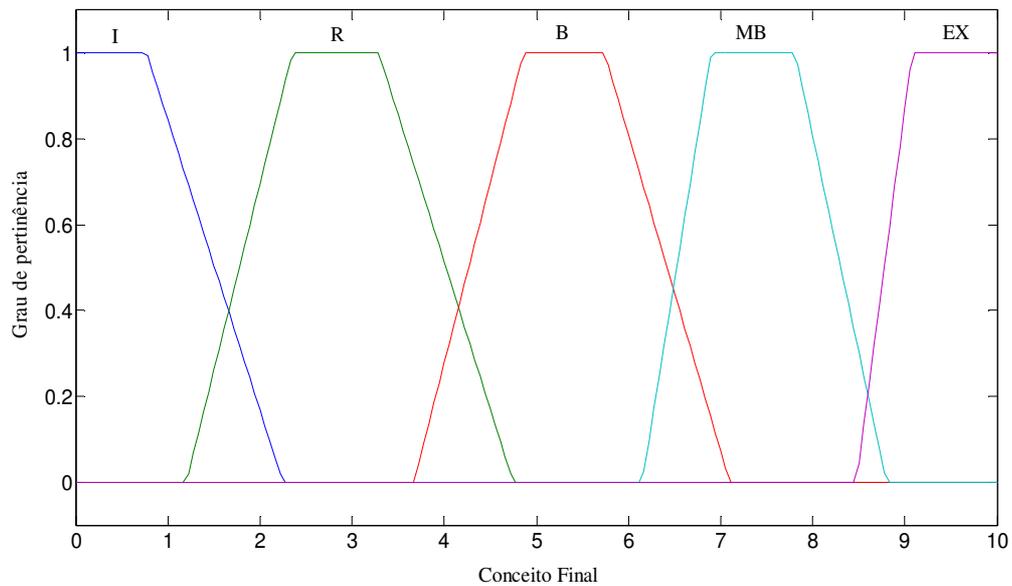


Figura 3.5 – Funções de pertinência para a variável de Saída Conceito Final.

A base de dados foi escolhida aleatoriamente tentando contemplar a maior quantidade possível de situações para avaliar o desempenho dos alunos. O sistema foi composto por 20 regras, todas modeladas com o mesmo peso e de decisões simples, como por exemplo: se todas as variáveis de entrada foram consideradas insuficientes, então o conceito final do estudante deve ser classificado como insuficiente.

Seguem as 20 regras utilizadas em nosso sistema:

- 1- Se avaliação escrita é insuficiente e atividade em classe é insuficiente e atividade extraclasse é insuficiente então conceito final é insuficiente.
- 2- Se avaliação escrita é insuficiente e atividade em classe é insuficiente e atividade extraclasse é não insuficiente então conceito final é regular.
- 3- Se avaliação escrita é insuficiente e atividade em classe é não insuficiente e atividade extraclasse é insuficiente então conceito final é regular.

- 4- Se avaliação escrita é insuficiente e atividade em classe é não insuficiente e atividade extraclasse é não insuficiente então conceito final é regular.
- 5- Se avaliação escrita é regular e atividade em classe é insuficiente e atividade extraclasse é insuficiente então conceito final é insuficiente.
- 6- Se avaliação escrita é regular e atividade em classe é não insuficiente e atividade extraclasse é insuficiente então conceito final é regular.
- 7- Se avaliação escrita é regular e atividade em classe é insuficiente e atividade extraclasse é não insuficiente então conceito final é bom.
- 8- Se avaliação escrita é regular e atividade em classe é não insuficiente e atividade extraclasse é não insuficiente então conceito final é bom.
- 9- Se avaliação escrita é bom e atividade em classe é insuficiente e atividade extraclasse é insuficiente então conceito final é regular.
- 10- Se avaliação escrita é bom e atividade em classe é insuficiente e atividade extraclasse é não insuficiente então conceito final é bom.
- 11- Se avaliação escrita é bom e atividade em classe é não insuficiente e participação extraclasse é insuficiente então conceito final é bom.
- 12- Se avaliação escrita é bom e atividade em classe é não insuficiente e atividade extraclasse é não insuficiente então conceito final é muito bom.
- 13- Se avaliação escrita é muito bom e atividade em classe é insuficiente e atividade extraclasse é insuficiente então conceito final é bom.
- 14- Se avaliação escrita é muito bom e atividade em classe é não insuficiente e atividade extraclasse é insuficiente então conceito final é bom.
- 15- Se avaliação escrita é muito bom e atividade em classe é insuficiente e atividade extraclasse é não insuficiente então conceito final é bom.

16-Se avaliação escrita é muito bom e atividade em classe é não insuficiente e atividade extraclasse é não insuficiente então conceito final é muito bom.

17-Se avaliação escrita é excelente e atividade em classe é insuficiente e atividade extraclasse é insuficiente então conceito final é muito bom.

18-Se avaliação escrita é excelente e atividade em classe é não insuficiente e atividade extraclasse é não insuficiente então conceito final é excelente.

19-Se avaliação escrita é excelente e atividade em classe é não insuficiente e atividade extraclasse é insuficiente então conceito final é muito bom.

20-Se avaliação escrita é excelente e atividade em classe é insuficiente e atividade extraclasse é não insuficiente então conceito final é muito bom.

O método utilizado neste sistema proposto foi o modelo tipo Mamdani que desenvolveu o cálculo utilizando como método de defuzzificação centróide.

A influência da nota de avaliação escrita e da atividade extraclasse pode ser observada na figura 2.6 através da superfície de mapeamento de entrada-saída.

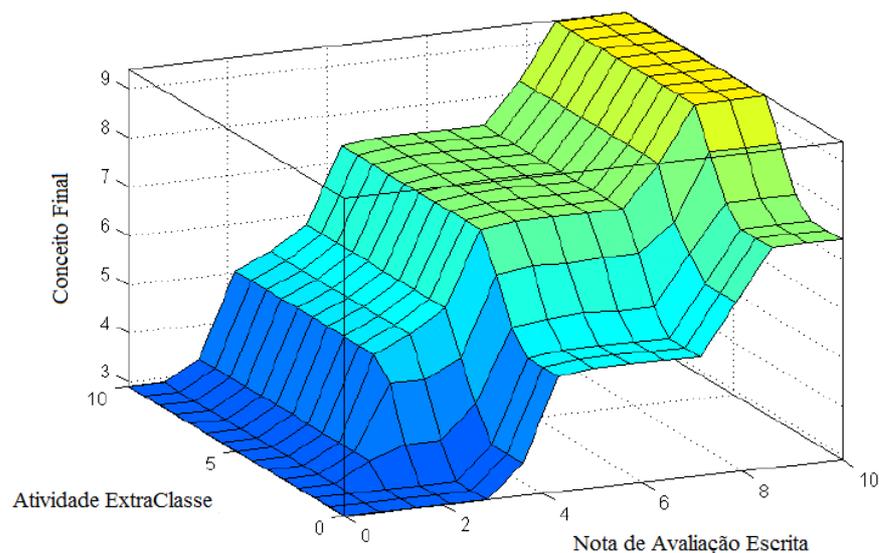


Figura 3.6 – Mapeamento de entrada-saída nota de avaliação escrita e da atividade extraclasse.

3.1. Discussão dos Resultados

Tentando abranger o maior número de situações as simulações foram realizadas escolhendo aleatoriamente as possíveis notas de avaliação, atividades em classe e atividades extra-classe. Escolhidas as notas foram calculadas as médias utilizando o modelo clássico (média aritmética) e o modelo *fuzzy*, assim obtivemos as seguintes classificações: Insuficiente(I), Regular(R), Bom(B), Muito Bom(MB) e Excelente(EX).

A classificação utilizando a média aritmética foi realizada da seguinte forma:

- Notas de [0, 2[classificação Insuficiente,
- Notas de [2, 4[classificação Regular,
- Notas de [4, 6[classificação Bom,
- Notas de [6, 8[classificação Muito Bom,
- Notas de [8, 10[classificação Excelente.

A tabela a seguir mostra alguns resultados simulados:

Tabela 3.1 - Classificação Clássica e *Fuzzy*

Alunos	AV	ATV-C	ATV-EC	Índice Clássico	Classificação Clássica	Índice <i>Fuzzy</i>	Classificação <i>Fuzzy</i>
1	2,00	1,00	2,00	1,667	I	2,065	R
2	1,50	6,00	1,00	2,833	R	2,933	R
3	4,00	5,00	7,50	5,500	B	6,692	MB
4	5,50	2,00	8,00	5,167	B	5,3547	B
5	6,80	7,00	1,50	5,100	B	5,350	B
6	7,00	1,50	3,00	3,833	R	5,354	B
7	7,50	5,20	3,00	5,233	B	7,153	MB
8	5,00	2,00	2,50	3,167	R	4,094	B
9	8,50	1,00	2,00	3,833	R	7,427	MB
10	8,10	9,00	4,00	7,033	MB	8,851	EX
11	3,00	1,50	1,70	2,067	R	0,789	I
12	10,00	3,90	1,00	4,967	B	7,422	MB
13	2,00	2,00	7,00	3,667	R	4,736	B
14	1,00	5,00	1,00	2,333	R	2,914	R
15	2,10	4,00	2,50	2,867	R	4,094	B

Alunos	AV	ATV-C	ATV-EC	Índice Clássico	Classificação Clássica	Índice Fuzzy	Classificação Fuzzy
16	3,50	1,50	8,00	4,333	R	5,360	B
17	6,10	5,00	7,00	6,033	B	7,441	MB
18	6,30	2,40	3,90	4,200	R	5,449	B
19	7,80	4,00	3,50	5,100	B	8,167	MB
20	7,80	2,50	4,00	4,767	B	6,516	MB
21	5,50	8,00	7,00	6,833	MB	7,429	MB
22	3,00	9,80	8,50	7,100	MB	5,351	B
23	2,60	7,50	5,00	5,033	B	5,351	B
24	3,20	8,70	4,50	5,467	B	5,354	B
25	7,75	4,50	9,20	7,150	MB	8,081	EX
26	5,70	3,30	9,00	6,000	B	6,858	MB
27	2,00	9,50	10,00	7,167	MB	4,736	B
28	8,00	2,00	5,00	5,000	B	6,701	MB
29	1,80	9,75	7,00	6,183	MB	4,331	B
30	7,00	2,00	8,40	5,800	B	5,351	B
31	8,70	4,50	2,00	5,067	B	7,625	MB
32	9,20	6,00	6,00	7,067	MB	9,400	EX
33	8,10	1,00	5,00	4,700	B	6,969	MB
34	7,60	4,30	8,50	6,800	MB	7,847	MB
35	3,30	3,90	8,50	5,233	B	5,351	B
36	2,50	7,00	6,00	5,167	B	5,351	B
37	1,50	8,00	1,00	3,500	R	2,933	R
38	6,60	1,50	3,00	3,700	R	5,354	B
39	6,20	5,00	2,00	4,400	B	5,667	B
40	7,40	2,00	6,00	5,133	B	5,545	B

Podemos observar que as notas obtidas com o modelo clássico difere do modelo *fuzzy* e em alguns casos obteve alteração na classificação. No modelo clássico uma nota baixa em alguma das etapas de avaliação, diminui a média consideravelmente mesmo que o aluno tenha ido muito bem em uma das atividades. No caso do modelo *fuzzy*, as notas baixas em uma das etapas diminui a nota final do aluno, mas não tanto como no modelo clássico. O cálculo realizado com o modelo *fuzzy* é um valor característico que corresponde a todas as atividades realizadas pelo aluno.

Existem casos, como por exemplo o aluno 21 da tabela, que o aluno obtem boas notas nas atividades em classe e extra classe porém obteve uma nota mais baixa na avaliação, o modelo clássico obtem uma média um pouco mais baixa do que o modelo *fuzzy*. Isto acontece porque no modelo clássico a nota da avaliação está

tendo uma influência maior no cálculo da média, enquanto no modelo *fuzzy* as notas altas obtidas em atividades contribui para que a média final seja mais justa.

Em alguns resultados simulados, a classificação utilizando o modelo clássico foi diferente da classificação utilizando o modelo *fuzzy*. Por exemplo, o aluno 10 da tabela obteve uma nota alta em atividades em classe e na avaliação, mas sua nota em atividades extra-classe foi baixa. A classificação utilizando o método clássico foi Muito Bom (MB) enquanto com o modelo *fuzzy* Excelente (EX). Podemos perceber que o aluno “não ter ido muito bem” em apenas uma etapa foi suficiente para mudar sua classificação de Excelente para Muito Bom mesmo tendo notas altas nas outras etapas.

Desta forma, o modelo *fuzzy* obtém uma classificação mais realista e completa, uma vez que observa a contribuição de todas as notas em conjunto, não levando em consideração se ele fez apenas uma ou outra etapa. Também classifica melhor o aluno que mesmo “tendo ido mal” em uma das etapas de avaliação e melhor em outras, tem um conceito mais relacionado ao seu desempenho real.

4 CONCLUSÕES

Sabemos que a função da avaliação é auxiliar o processo de ensino/aprendizagem dos alunos, porém a maneira que está sendo aplicada não está surtindo os resultados esperados. Para obter o conceito final do desempenho do aluno, após a realização de todas as provas de um determinado período, é calculada a média aritmética com todas as notas obtidas.

A média aritmética usada para o cálculo da nota final do aluno não analisa todas as notas em conjunto. Um aluno conseguiu boas notas na primeira e na segunda prova, porém na terceira prova ele obteve uma nota inferior. Ao calcular a média esta diminui consideravelmente por causa da nota baixa da terceira prova.

No caso de uma nota mais baixa ao fazer o cálculo da média o aluno pode ser prejudicado mesmo tendo notas boas em outras provas. Uma média insatisfatória transparece que o aluno não aprendeu. Ele pode ter aprendido muito bem o conteúdo da primeira e segunda prova, porém ele ficou com uma deficiência no conteúdo da terceira prova. A média aritmética não mostra essa realidade.

As provas aplicadas e o cálculo matemático utilizado estão sendo insuficientes para avaliar o aprendizado dos alunos, portanto um modelo *fuzzy* foi desenvolvido neste trabalho utilizando o software Matlab visando a avaliação para cursos presenciais.

A lógica *fuzzy* é uma abordagem intuitiva e tolerante com dados imprecisos. Pode ser construída através de experiência de especialistas e sobre as estruturas da descrição qualitativa utilizada na linguagem cotidiana.

Em nosso modelo utilizamos valores aleatórios como entrada para o sistema *fuzzy*, tentando contemplar a maior quantidade possível de situações para avaliar o desempenho dos alunos. Estes valores utilizados são: nota de avaliação escrita, atividade em classe e atividade extra classe. O principal objetivo era usar todos os tipos de avaliações para estimar um novo índice para o conceito final dos alunos e

comparar os resultados obtidos com o modelo clássico (cálculo matemático – média aritmética).

O sistema *fuzzy* tem algumas vantagens quando comparado com o modelo clássico. Possui muitos recursos para aperfeiçoar a modelagem e adquirir melhores resultados, por exemplo o formato das funções de pertinência, o modelo de inferência que pode ser o Mamdani ou o Sugeno além de permitir trabalhar com variáveis quantitativas e qualitativas.

Para a modelagem desse sistema foi construída uma base de regras através de variáveis linguísticas que pode ser modificada até adquirir os resultados esperados. O modelo desenvolvido possui 20 regras para estimar o índice e sua implementação e interpretação são fáceis para o usuário.

O mais importante é que este sistema considera a contribuição de todas as etapas de avaliação do aluno para gerar o índice para o conceito final. Esta importante contribuição não ocorreu com os modelos clássicos, porque eles prejudicam o conceito final do aluno que não foi muito bem em umas das etapas de avaliação.

Dentre os testes que podem ser feitos no modelo *fuzzy* como proposta de trabalhos futuros são:

- Dar pesos diferentes para uma determinada regra;
- Ao invés de utilizar o método de implicação Mamdani pode ser usado o modelo de Takagi-Sugeno-Kang;
- Além da trapezoidal pode utilizar outras formas de funções de pertinência como a triangular, gaussiana, sinoidal;
- Diminuir as regras para obter melhores resultados.

Assim, a metodologia proposta sugere um novo índice de cálculo que foi capaz de melhorar os resultados do sistema de classificação clássico na maioria das situações

simuladas e tem uma grande flexibilidade. Estes elementos ampliam significativamente a sensibilidade do modelo para a classificação do conceito final do estudante, e faz da metodologia uma proposta muito adaptável a qualquer nova norma.

REFERÊNCIAS

- BARRANTES, A. C; FONSECA, R. F; TIAGO, G. M. (2011). **Sistema de Inferência Fuzzy Aplicado na Avaliação Discente**. Consistec 2011, 7p, out. 2011.
- BARBOSA, P. R. **Controle difuso em transportadores pneumáticos de sólidos: Redução do consumo de potência**. 2005. 113f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2005.
- CASTANHO, M. J.; PEIXOTO, M. **Teoria dos conjuntos: Fuzzy no Matlab**, 1º Congresso Brasileiro de Sistema *Fuzzy*, v. único, p. 44, 2010.
- CHUEIRI, M. S. Concepções sobre a Avaliação Escolar. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 19, n. 39, jan./abr.2008, p. 49-60. Disponível em <<http://www.fcc.org.br/pesquisa/publicacoes/eae/arquivos/1418/1418.pdf>> Acesso em 30 jun. 2011.
- FARIA, M. N.; MALVA, GABRIEL, R. OLIVEIRA; DORÇA, FABIANO A. et al. **Um Sistema de Avaliação em EAD Baseado em Lógica Fuzzy**. Disponível em <<http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/viewFile/3971/2957>> Acesso em 24 maio 2011.
- LUCKESI, C. **Avaliação da aprendizagem escolar**. 20. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

ANEXO A - APRESENTAÇÃO DE TRABALHOS

Este trabalho foi apresentado no 2º Congresso Científico da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia do IFSP (CONSISTEC 2011) no campus de Bragança Paulista no dia 21 de outubro de 2011 às 19h40.



17 a 21 de outubro de 2011

Campus Bragança Paulista

2º Congresso
Científico da
Semana Nacional
de Ciência e
Tecnologia no IFSP

Certificamos

Andreza Carla Barrantes; Rogério Ferreira da Fonseca; Graziela

Marchi Tiago

pela publicação do artigo SISTEMA DE INFERÊNCIA FUZZY APLICADO NA AVALIAÇÃO DISCENTE, no 2º Congresso Científico da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia no IFSP, realizado no Campus Bragança Paulista do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo entre os dias 17 e 21 de outubro de 2011.

Bragança Paulista, 21 de outubro de 2011.


Écio Naves Duarte
Presidente da Comissão Organizadora


João Sinohara da Silva Sousa
Diretor de Pesquisa e Inovação