

Um método de avaliação docente utilizando lógica fuzzy

Alexandre L'Erario¹, José Augusto Fabri¹

¹Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis (IMESA)

Fundação Educacional de Município de Assis (FEMA)

Av. Getúlio Vargas, 1200 Assis - SP CEP 19800-000 - Tel: 55 18 3302-1055

{alerario,fabri}@femanet.com.br

Resumo. Avaliar o corpo docente e verificar qual o grau de satisfação dos alunos com relação aos professores sempre é uma tarefa importante. Nesta avaliação são considerados fatores como a assiduidade do professor, frequência, didática entre outros tópicos. Alguns valores (numéricos) atribuídos aos fatores anteriormente citados, não traduzem a realidade do perfil do corpo docente e a satisfação do corpo discente. Com base nesta problemática este artigo apresenta uma forma de avaliação docente onde os conjuntos fuzzy são empregados para qualificar linguisticamente a satisfação discente com relação ao corpo docente da instituição.

Palavras chaves: Avaliação Pedagógica e Avaliação docente, lógica fuzzy

Abstract. Measure the satisfaction degree of students about teachers is a important task. The factors of this evaluation are frequency, didacticism, punctuality, assiduity and others topics. Some values of the factors previously mentioned don't translate the reality of faculty profile and the satisfaction of the students. About this problem this article presents a educational evaluation where the fuzzy sets are used for linguistically qualify to the students satisfaction in relation to teachers.

Keywords: Pedagogic Evaluation and Educational Evaluation

1. Introdução

O processo de evolução qualitativo de uma instituição de ensino é um fator de extrema importância para que estas contribuam para o crescimento sócio-econômico do nosso país. O ato de evoluir qualitativamente, no caso de uma instituição de ensino, está alicerçado na busca de qualificação de profissionais que lidam diretamente com os recursos didático pedagógicos. Encaram-se como recursos didáticos e pedagógicos corpo docente, biblioteca e laboratório. Para uma evolução ocorrer é necessário submeter à instituição a um processo de avaliação, cujo objetivo é verificar quais são as falhas dos recursos didáticos e pedagógicos.

No Brasil, órgãos como INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais [INEP] – preocupam-se em avaliar constantemente as instituições de ensino do país. Para tanto, utiliza o processo de avaliação institucional onde são considerados principalmente três itens: o corpo docente, a organização institucional e as instalações físicas gerais e especiais, como os laboratórios, e bibliotecas. A avaliação institucional é uma das ferramentas do Sistema de Avaliação da Educação Superior no País. Além disso, há também uma preocupação com relação à qualidade do corpo docente. A qualificação do corpo docente é um dos principais itens que identificam a qualidade de um curso superior.

Neste contexto, onde a qualidade do ensino é prioridade, a avaliação docente que é efetuada pelos alunos, tem sua representatividade na medida que seus resultados podem indicar aprimoramentos. Estes aprimoramentos representam mudanças na didática, na interdisciplinaridade, na metodologia de avaliação, na qualificação e outros.

Este artigo apresenta um método para qualificar lingüisticamente (utilizando conjunto *fuzzy*) as respostas fornecidas pelos alunos no processo de avaliação docente. Desta maneira os resultados podem traduzir com mais clareza a realidade numérica presente na avaliação.

De uma maneira recíproca, os valores qualitativos atribuídos pelos alunos são mensurados numericamente, obtém-se como resultado de uma avaliação a opinião do corpo discente sobre os professores e também valores numéricos relacionados aos qualificadores. Isto revela não somente a postura do docente em sala de aula, mas também indica medias sobre a opinião dos alunos.

A seção 2 apresenta uma visão geral de processo de avaliação docente. Na seção 3 será apresentado um modelo de avaliação docente utilizando lógica *fuzzy*, seguido de um exemplo ilustrativo e conclusões.

2. Processo de avaliação docente

O processo de avaliação é composto por um conjunto de atividades que vão da elaboração das questões até a tomada de decisão para uma mudança. A boa qualidade de um processo de avaliação é determinada quando as perguntas são bem elaboradas e os dados são coletados e analisados corretamente. O fato da avaliação docente ser um processo contínuo, implica que o mesmo processo deve ser aplicado periodicamente (Greater, 1996). A pesquisa educacional e avaliação contínua devem ser consideradas, pois constituem parte fundamental para o avanço educacional (Lechner 2001).

Uma avaliação docente deve ser caracterizada pela sua utilidade, viabilidade, decoro e precisão. A utilidade está relacionada com o quanto a avaliação pode impactar dentro da organização, em especial, na identificação dos elementos envolvidos e possíveis mudanças. A viabilidade é a prudência de uma avaliação docente. A ética e a legalidade da avaliação docente constituem o decoro. A precisão relaciona-se com a qualidade das informações obtidas a partir da análise dos dados (Valdez 2003).

Baseado nestas informações, a figura 1, ilustra um processo de avaliação docente utilizando lógica *fuzzy*.

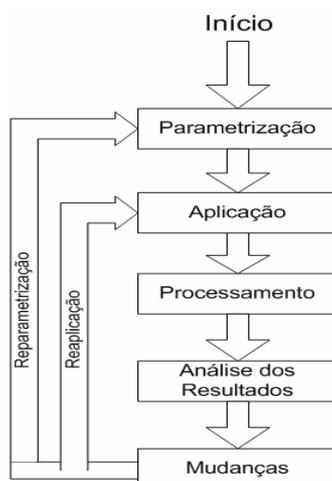


Figura 1 - Processo de avaliação docente utilizando lógica *fuzzy*

Na fase de parametrização, as informações relevantes à avaliação são inseridas no sistema. Tais informações são: alunos, professores, disciplinas, cursos, etc. A fase de aplicação é onde a avaliação docente é aplicada. Nesta fase, os alunos devem responder a uma série de questões para cada docente. Na fase de processamento, o processador *fuzzy* analisa as informações armazenadas em um banco de dados e os resultados. Na fase de análise dos resultados alguns pontos negativos são identificados e enumerados pela avaliação. Como fase final, algumas mudanças podem ser aplicadas na instituição.

Os dois reflexos (reparametrização e reaplicação) indicam que o processo de avaliação contínua. A avaliação pode ser reparametrizada quando as questões são alteradas, por exemplo, novas questões podem ser inseridas dentro do processo. Ou a avaliação pode ser reaplicada quando os parâmetros iniciais não são alterados.

3. Avaliação docente utilizando lógica *Fuzzy*

Esta seção apresenta um método de avaliação docente utilizando lógica *fuzzy*. Será explicada passo a passo a avaliação considerando o processo ilustrado pela figura 1.

3.1 Parametrização

As informações referentes a instituição, cursos, professores, alunos e as questões pertinentes constituem o conjunto de parâmetros do sistema. Nesta etapa, a instituição é responsável em alimentar o sistema com estes dados. A partir destas informações, a avaliação docente será efetuada.

Uma etapa importante da fase de parametrização é informar quais questões constituem a avaliação docente. Neste caso, para cada questão devem ser informados os qualificadores (valores lingüísticos) e uma questão quantificadora. A figura 2 exemplifica como uma questão deve ser inserida no método de avaliação docente utilizando lógica *fuzzy*.

Questão	Parâmetros
<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;"> <p>À pontualidade do professor pode ser considerada:</p> </div>	<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;"> <p style="background-color: #e0ffe0; text-align: center;">Qualificadores (<i>Valores do melhor para o pior</i>)</p> <p style="text-align: center;">[Ótimo] [Bom] [Regular] [Ruim] [Péssimo]</p> <p style="background-color: #e0ffe0; text-align: center;">Questão quantificadora</p> <p style="text-align: center;">Quanto tempo em média o professor costuma chegar atrasado?</p> </div>

Figura 2 - Exemplo de parametrização

Por meio da figura 2 é possível verificar que a instituição está inserindo a questão “A pontualidade do professor pode ser considerada:”. Inserida a questão a instituição deve informar os qualificadores da mesma (este exemplo os qualificadores são: *Ótimo, Bom, Regular, Ruim, Péssimo*). Após a inserção da questão e dos qualificadores é necessário inserir a questão quantificadora (“*Quanto tempo em média o professor costuma chegar atrasado?*”). Este quantificador irá mapear um valor numérico para o qualificador previamente informado pelo aluno. Por exemplo: O aluno A opta pelo qualificador *bom* em relação a pontualidade e 5 minutos para a questão quantificadora. O valor do quantificador 5 será associado ao qualificador *bom* para determinar o conjunto *fuzzy* utilizado pelo processador *fuzzy*. Um exemplo ilustrativo do processador *fuzzy* será apresentado nas próximas seções.

3.2 Aplicação

Nesta fase, o discente após autenticação no sistema recebe uma série de questões para serem respondidas. A figura 3 apresenta a interface onde o aluno responde as questões.

Questão		Resposta
1	A pontualidade do professor pode ser considerada: Quanto tempo em média o professor costuma chegar atrasado (minutos): <input type="text" value="5"/>	<input type="radio"/> Ótimo <input checked="" type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Ruim <input type="radio"/> Péssimo
2	A frequência do professor pode ser considerada: Quantas vezes o professor faltou? <input type="text" value="1"/>	<input checked="" type="radio"/> Ótimo <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Ruim <input type="radio"/> Péssimo

Figura 3. Questionário enviado para o aluno

Por meio da figura 3 verifica-se que para cada docente o aluno responde uma série de questões previamente cadastradas pela instituição. O resultado do questionário é armazenado em um banco de dados.

3.3 Processamento

Na fase de processamento, o processador *Fuzzy* é o componente responsável em buscar informações no banco de dados e gerar os resultados.

Assumindo que x alunos responderam a questão y e para cada resposta é informado um qualificador e um quantificador. O processador *fuzzy* calcula a média aritmética da quantidade de quantificadores separados por qualificadores (Equação 1).

$$M_Q = \frac{\sum_{i=1}^n q_{Q_i}}{n} \quad \text{Equação 1}$$

onde M representa a média aritmética, Q o qualificador (podendo assumir os valores *ótimo*, *bom*, *regular*, *ruim*, *péssimo*, por exemplo), q é utilizado para representar numericamente o quantificador dos quantificadores (Q) e n é o total de respostas para cada qualificador Q .

Os qualificadores (ou valores lingüísticos) são representados por conjuntos *fuzzy*. E M_Q constitui a normalização (pelo menos um grau de pertinência, dos elementos do conjunto, possui valor igual a 1 (Klir 1995)) dos conjuntos *fuzzy*. Sendo assim tem-se M_Q com valor de pertinência igual a 1.

De posse de M_Q e do valor normalizado (grau de pertinência 1) será necessário encontrar as funções de pertinência para cada qualificador (*fuzzyficar* o valor M_Q). Os qualificadores são classificados em qualificador de melhor caso (utilizando a figura 2 como exemplo tem-se o qualificador *ótimo*), qualificador de pior caso (utilizando a figura 2 como exemplo tem-se o qualificador *péssimo*) e qualificadores de caso intermediários (utilizando a figura 2 como exemplo tem-se os qualificadores *bom*, *regular* e *ruim*)

Utilizando a função pertinência triangular (vide Equações 2,3 e 4) no processador *fuzzy*, tem-se:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & \text{se } x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{se } x \in [b, c] \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Equação 2

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{se } x \in [a, b] \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{se } x \in [b, c] \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Equação 3

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{se } x \in [a, b] \\ 1 & \text{se } x \geq b \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Equação 4

onde a , b e c são parâmetros da função.

A Equação 3 mapeia a função de pertinência para os valores lingüísticos dos casos intermediários.

A Equação 2 pode mapear o melhor caso. Exemplo: Assumindo que um aluno esteja respondendo a questão apresentada na Figura 3 (*a pontualidade do professor pode ser considerada:*). A resposta deste aluno é *ótima* para o qualificador e 0 (zero) para o quantificador. De posse destes valores *ótimo* e zero, o processador *fuzzy* utiliza a Equação 2 (onde o gráfico desta equação traduzirá o grau de pertinência 1 para o entrada zero) como melhor caso (conjunto *fuzzy ótimo*).

A Equação 2 também pode representar o pior caso quando o processador *fuzzy* estiver tratando uma questão como: *Atribua uma nota para o professor*. Caso o aluno atribuir 10 para o quantificador e *ótimo* para o qualificador será utilizada a Equação 4 para o melhor caso, pois o gráfico gerado por esta equação traduzirá graus de pertinências maiores para os valores maiores no eixo x .

A Figura 4 apresenta os gráficos das funções de pertinência (Equação 2, Equação 3 e Equação 4). A Equação 4 possui as mesmas características da Equação 2.

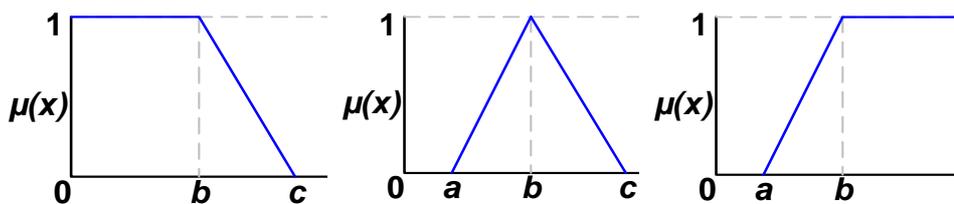


Gráfico da Equação 2

Gráfico da Equação 3

Gráfico da Equação 4

Figura 4 - Gráfico das funções de Pertinência

Nota-se que apenas o parâmetro b da função triangular foi obtido. Sabendo que b é igual a M_Q , torna-se necessário obter os parâmetros a e c . Para obter estes parâmetros aplica-se a equação da reta:

$$(y_b - y_a) = \alpha \cdot (x_b - x_a) \quad \text{Equação 5}$$

Para calcular o parâmetro a : $x_b = M_Q$ e $y_b = 1$, x_a será o parâmetro a , y_a será igual a zero pois o y_a é o ponto que toca a reta x (grau de pertinência igual a zero).

Para calcular o parâmetro c : $x_a = M_Q$ e $y_a = 1$, x_b será o parâmetro c , y_b será igual a zero pois o y_b é o ponto que toca a reta x (grau de pertinência igual a zero).

A inclinação da reta (α) pode ser qualquer valor maior que 0. Quanto menor o valor escolhido para α , maior será a base do triângulo, portanto quanto maior é o grau de pertinência para todos os qualificadores

4. Exemplo ilustrativo

Supondo que a instituição efetuou todas as parametrizações, os alunos podem acessar o sistema (fase de avaliação). O discente recebe um conjunto de questões para cada professor (figura 3).

Supondo que 20 alunos responderam a questão 1 da figura 3 a respeito de um professor. Sendo que 6 alunos qualificaram o professor como *ótimo* em relação a questão, 4 alunos qualificaram como *bom*, 4 como *regular*, 3 como *ruim* e 3 como *péssimo* (vide Tabela 1).

Utilizando a Equação 1 pode-se calcular a média de cada qualificador. Exemplo:

$$M_{\text{ótimo}} = \frac{\sum_{i=1}^6 q_{\text{ótimo}_i}}{6} = \frac{1+1+1+1+2+2}{6} = 1,33$$

Por meio do cálculo acima é possível perceber que os quantificadores para o qualificador *ótimo* foram (1, 1, 1, 1, 2, 2). Mostrando assim que para 4 alunos o atraso apenas de 1 minuto é considerado ótimo e para 2 alunos o atraso de 2 minutos também é considerado ótimo. Este mesmo cálculo é aplicado aos qualificadores *bom*, *regular*, *ruim* e *péssimo*.

Tabela 1 - Exemplo da aplicação da ferramenta (resposta de uma questão)

Qualificador	Ótim	Bom	Regul	Ruin	Péssim	
Quantificad (q)	1	3	6	5	7	8
	1	3	6	6	7	
	1	4	6	7	9	
	1	2	5			
	2					
	2					
$\sum_{i=1}^n q_{Q_i} = (1$	8	12	23	18	23	8
N	6	4	4	3	3	2
M_Q	1,33	3	5,75	6	7,67	4

Conforme definido na seção 3.3 aplica-se a Equação 5 para determinar os parâmetros a e c . A título de exemplo será calculado os parâmetros a e c são calculados para o qualificador (ou conjunto fuzzy) *bom*. Neste exemplo (tabela 2) a inclinação da reta é de 0.5:

Tabela 2 - Definição dos Parâmetros da Função de Pertinência para o qualificador *bom*

Calculo do Parâmetro	Calculo do Parâmetro
$(1 - 0) = 0.5.(M_Q - a)$	$(0 - 1) = 0.5.(c - M_Q)$
$1 = 0.5.(3 - a)$	$-1 = 0.5.(c - 3)$
$a = 1$	$c = 5$

Sabendo que $a = 1$, $b = 3$ e $c = 5$ a função de pertinência para o qualificador (ou conjunto fuzzy) *bom* pode ser definida por meio da aplicação destes parâmetros na Equação 3.

Baseado nos cálculos apresentados na Tabela 2, será apresentado na Tabela 3 os demais parâmetros das funções de pertinências dos qualificadores *ótimo*, *bom*, *regular*, *ruim* e *péssimo*.

Tabela 3 - Definição dos Parâmetros das Funções de Pertinência para os qualificadores *ótimo*, *bom*, *regular*, *ruim* e *péssimo*.

Qualificadores	Parâmetros			Função para aplicação d parâmetros
	A	b	C	
<i>Ótimo</i>	0	1,33	3.33	Equação 2
<i>Bom</i>	1	3	5	Equação 3
<i>Regular</i>	3.75	5,75	7.75	Equação 3
<i>Ruim</i>	4	6	8	Equação 3
<i>Péssimo</i>	5.67	7,67	9.67	Equação 4

Por meio da Tabela 3 é possível comprovar que a Equação 2 caracteriza o melhor caso (valor lingüístico igual a *ótimo*). Pois quanto menor o atraso do professor melhor qualificado será o resultado.

Para utilizar as funções de pertinência obtidas na Tabela 3 é necessário calcular a média global (Equação 6) (última linha da coluna *TOTAL* da Tabela 1).

$$s = \frac{\sum_{i=1}^u D_i}{\sum_{i=1}^u n_i} \quad \text{Equação 6}$$

onde u é a quantidade de valores lingüísticos (qualificadores) neste exemplo u será igual a 5, D está representado na primeira coluna da Tabela 1. Aplicando a Equação 6 é encontrado o seguinte resultado: $s = 84 / 20$; $s = 4,2$.

O valor encontrado em s será aplicado nas equações definidas na Tabela 3 (exemplo na figura 2), os resultados podem ser visualizados na Tabela 4. Para o qualificador bom, tem-se:

$$a = 1, b = 3, c = 5 \quad \frac{c - x}{c - b} = \frac{5 - 4,2}{5 - 3} = 0,4$$

$$S \in [b, c) \therefore$$

Tabela 4 - Grau de pertinência para s

Qualificadores				
<i>Ótim</i>	<i>Bo</i>	<i>Regul</i>	<i>Ruim</i>	<i>Péssim</i>
0	0,	0.225	0,	0

Analise dos resultados:

Será aplicado uma operação de máximo nos resultados da Tabela 4:

$$\text{máximo}(0, 0.4, 0.225, 0.1, 0) = 0.4$$

por meio deste resultado pode-se concluir que o professor recebeu o qualificador *bom* em relação a sua pontualidade.

Neste exemplo, embora a maioria dos alunos qualificou o professor como *ótimo* (6 dos 20 alunos), as qualificações dos demais alunos também foram consideradas, resultando no qualificador *bom*. Desta maneira há duas vantagens neste processo. A primeira é que o professor foi qualificado por toda a turma e não somente pela maioria, a segunda é que um qualificador lingüístico é obtido como resultado da avaliação. Com estes dados os professores avaliados, os coordenadores de curso e os diretores das instituições de ensino conseguem mapear o conceito de *ótimo*, *bom*, *regular*, *ruim* e *péssimo* para cada turma. Para realizar este mapeamento basta relacionar o resultado encontrado em *s* (4.2 minutos) com o valor lingüístico *bom* mapeado pela operação de *máximo*. Conclui-se então que a turma que avaliou este professor tolera um atraso aproximadamente de 4.2 minutos no início da aula.

O fato do conceito lingüístico ser associado a um atributo numérico, permite a instituição avaliar o corpo discente. Com a relação de valores lingüísticos e numéricos, a instituição pode identificar anomalias no comportamento de uma determinada turma. Por exemplo, uma turma pode considerar pontual um professor que chega demasiadamente atrasado.

Neste exemplo ilustrativo, somente um professor foi avaliado. Os graus de pertinência podem ser obtidos por turma, curso, e até mesmo de todo o corpo docente.

5. Conclusões

Este trabalho apresentou um método de avaliação docente utilizando a lógica *Fuzzy*. Após a formalização foi elaborado um exemplo ilustrativo para o um melhor entendimento do mesmo.

A avaliação docente é um instrumento capaz de indicar quais alterações devem ser realizadas para aumentar o grau de qualidade do ponto de vista didático e pedagógico, além de identificar quais fatores devem ser aperfeiçoados para aumentar a satisfação do corpo discente. Para tanto, este método mensura conceitos de qualidade que até então eram abstratos (como *bom*, *ruim*, *péssimo*, etc.), conceituando lingüisticamente o docente.

O método apresentado neste artigo apenas indica qualificadores, cabe a cada instituição, julgar os resultados e tomar a iniciativa para que os aperfeiçoamentos ocorram. Este método provê a qualificação dos professores por toda a turma e não somente pela maioria dos alunos. Um outro ponto forte é que pode ser considerado como um instrumento de avaliação não só docente, o usuário pode realizar qualquer tipo de avaliação, pois a fase de parametrização permite a personalização das questões.

Atualmente está sendo desenvolvida na FEMA em Assis uma ferramenta batizada de i3F (Ferramenta *Fuzzy Freeware*) que implementa as fases de parametrização, aplicação e processamento (figura 1). A i3F é uma ferramenta *freeware* que poderá ser utilizada por qualquer instituição ensino.

Atualmente esta ferramenta está em fase de desenvolvimento. A linguagem de programação utilizada é Java, tendo como tecnologia para construção de páginas web com conteúdo dinâmico JSP (Java Server Pages). A ferramenta é capaz de acessar qualquer banco de dados que tem acesso

através de JDBC. A primeira versão estará disponível em breve para uso no endereço www.fema.edu.br/i3f.

Referências

www.inep.gov.br - último acesso 20 de fevereiro de 2003

Klir, J. G.; Yuan, B. “Fuzzy Sets and Fuzzy Logic -- Theory and Applications”. P. Hall, 1995

Lechner Sybille K, et al. (2004) “Evaluation of Teaching and Learning Strategies”, <http://www.med-ed-online.org>, Março

Greater Kalamazoo Evaluation Project (GKEP). (1996). “Evaluation for Learning: A Basic Guide to Program Evaluations for Arts, Culture and Health and Human Services Organizations” Kalamazoo County.

Valdez, Gilbert. “Evaluation Standards and Criteria for Technology Implementation” (2004) <http://www.ncrel.org>, Fevereiro