

## Aplicação de Lógica *Fuzzy* à avaliação de cursos, em particular dos cursos do sistema Arcu-Sul

Ricardo Rhomberg Martins<sup>1</sup>

**Resumo:** É apresentada uma forma de se conciliarem as notas dadas por 3 pessoas a um curso superior com vistas à avaliação dentro do sistema de intercâmbio de alunos do MERCOSUL. Como forma de considerar a imprecisão que necessariamente acompanha qualquer nota dada em qualquer avaliação é sugerido o uso da Lógica Fuzzy.

**Palavras Chave:** educação, avaliação, Arcu-sur, Lógica Fuzzy.

*Fuzzy logic application to courses evaluations. the Arcu-Sul case*

**Abstract:** A method is presented to combine marks given by three people to university studies within the system of exchange students from MERCOSUL. Fuzzy Logic is suggested to utilize in order to consider the imprecision which necessarily accompanies any mark given in any evaluation.

**Key words:** Lógica Fuzzy. education, evaluation, Arcu-sur, Fuzzy Logic

### Objetivo

Pretende-se mostrar uma sistemática que ajude (sem substituir a discussão entre os 3 avaliadores que é absolutamente necessária) a tornar as avaliações feitas dentro do Sistema Arcu-Sul mais imunes a influências indesejadas e mais rápidas as conclusões dos avaliadores sobre os vários critérios que devem ser analisados.

### Apresentação e explicação da sistemática proposta

As dificuldades inerentes a um processo de avaliação internacional de cursos superiores deixam claro que seria útil algum instrumento que ajudasse a acelerá-las e “despersonalizá-las”, principalmente por causa de pressões que se podem sofrer nas instituições avaliadas.

Agora estamos propondo um sistema baseado na aplicação de Lógica Fuzzy a esta função e tentar ao, mesmo tempo, esclarecer os conceitos desta área da Lógica utilizados neste trabalho e, ainda, mostrar a vantagem dela em relação à lógica binária (algumas vezes chamada de aristotélica ou “crisp” neste contexto).

Vamos lembrar que no sistema ARCU-SUL de avaliação de cursos de países pertencentes ao MERCOSUL mais alguns associados, as instituições proponentes são visitadas por três avaliadores depois de lerem um documento (de auto-avaliação) previamente preparado e enviado a eles. Propomos que cada avaliador dê uma nota a cada item analisado durante a visita. Como uma nota, qualquer nota, contém certa dose de incerteza (normalmente as pessoas admitem que o seu “8” poderia ser um “7” ou um “8,5” sem maiores problemas) propomos o uso da Lógica Fuzzy como um dos instrumentos para ajudar a chegar a uma conclusão conjunta. A discussão item a item entre os avaliadores continuará sendo imprescindível.

Ainda que se possam encontrar ecos da fundamentação da Lógica Fuzzy nos antigos filósofos gregos como Platão e Heráclito [Brule, 1985], foi Zadeh, em 1962, quem de fato deu início ao estudo de uma lógica não bivalente. Esta noção da lógica infinito-valente foi utilizada até 1965, quando Lotfi A. Zadeh [Zadeh, 1965] publicou

---

<sup>1</sup>. Prof. Adjunto da Escola Politécnica da UFRJ fez pós-doutorado na Universidade Politécnica da Catalunha (Espanha) e é avaliador credenciado do sistema Arcu-sur do MERCOSUL tendo participado de algumas avaliações pela América Latina. ricardo@del.ufrj.br.

seu trabalho que descrevia a teoria matemática dos conjuntos Fuzzy, e, por extensão, a Lógica Fuzzy. Esta teoria apresentava a proposta de se fazer uma função de pertinência (ou de valores verdadeiros e falsos ao mesmo tempo) operar dentro do intervalo de números reais [0,1].

Zadeh, reconhecidamente considerado como o “Pai da Lógica Fuzzy”, definiu formalmente os conjuntos Fuzzy, suas propriedades e operações algébricas, e, mais tarde, introduziu o conceito das variáveis linguísticas [Hammell, 1997].

Vamos começar por um exemplo que demonstra uma das vantagens de se usar este gênero de Lógica em problemas como o nosso, em que não se tem um padrão exato de avaliação (como seria o metro para se medir a largura de uma sala.). Uma nota contém sempre uma “dose de imprecisão” (em inglês, Fuzzy). Se um avaliador desse nota 4 para uma determinada instituição, outro desse 5 e o terceiro desse 6, naturalmente diríamos que a média (crisp) das notas é 5.

No entanto a saída do sistema aqui proposto, que inclui uma série de considerações sobre cada daqueles números, dá 6. Talvez alguém pudesse dar-lhe o nome de “média Fuzzy” dos números citados, mas não seria correto porque os mesmos números, em outro sistema, (cujas considerações fossem diferentes) poderiam dar outro resultado.

Vamos ver de onde sai este “número mágico” 6. As considerações que fizemos sobre as entradas do sistema (notas dos avaliadores) são vistas na figura abaixo feitas com o auxílio do Matlab® [Manual de Lógica Fuzzy do Matlab]

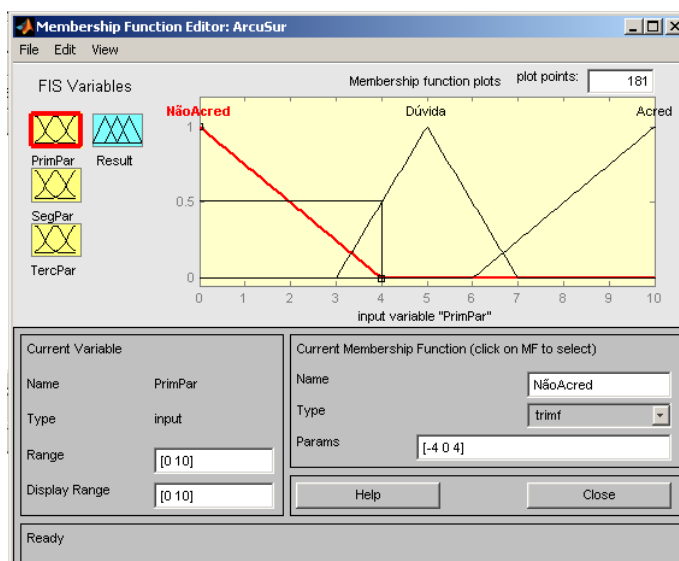


Fig 1 Considerações feitas sobre as notas entradas no sistema

Assim sendo a entrada “4” pertence (com uma pertinência 0,5 como se ve no eixo das ordenadas da figura) ao subconjunto “Dúvida” da entrada. Notar que ela NÃO PERTENCE ao subconjunto “Não Acreditada”. Também NÃO PERTENCE ao subconjunto “Acreditada”. Nem sempre acontece isto. O valor 3,5 pertence ao subconjunto “Não Acreditada”, ao mesmo tempo em que pertence ao subconjunto “Dúvida”, por exemplo.

Talvez esteja na hora de recordar o significado da palavra “pertinência”. Na lógica binária (Aristotélica) com a qual estamos habituados a pensar, um elemento (“a”, “b” ou “c”) PERTENCE ou NÃO PERTENCE a um conjunto “X” como se pode ver na figura abaixo:

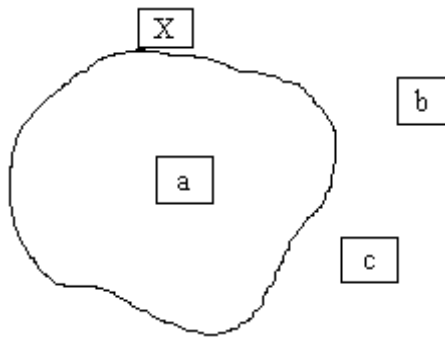


Fig 2 O elemento 'a' pertence ao conjunto "X"  
Os elementos "b" e "c" não pertencem

Na Lógica Fuzzy o elemento pode pertencer mais ou pertencer menos a um determinado conjunto. Este é o caso do elemento "b" na figura abaixo.

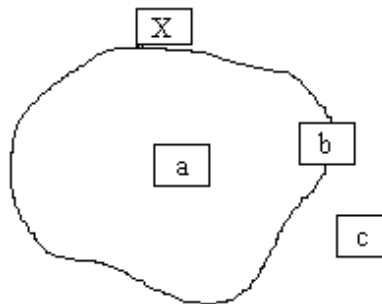


Fig. 3 O elemento "a" pertence ao conjunto "X" e o elemento "c" não pertence. O elemento "b" pertence "mais ou menos"

Agora somos capazes de dizer que o número 4 (de pertinência 0,5 citada acima) está 50% dentro e 50% fora do conjunto "Dúvida".

De acordo com o que acabamos de ver o número "5" pertence integralmente ao mesmo conjunto, como se vê a seguir:

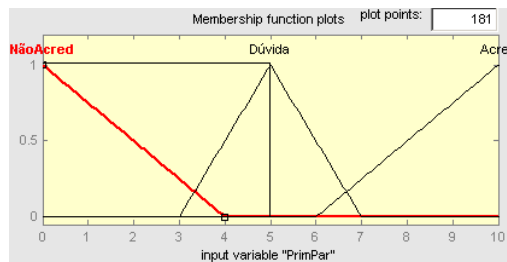


Fig. 4 O número 5 tem pertinência integral (1) ao conjunto "Dúvida"

O número "6" tem a mesma pertinência que o "4" ao mesmo subconjunto:

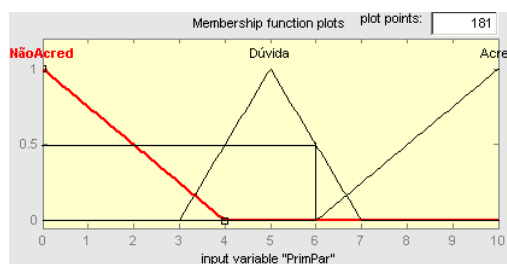


Fig. 5 O número 6 também tem pertinência 0,5

Se os três pertencem ao subconjunto “Dúvida”, não deveria a saída do sistema ser 5, elemento que “mais pertence” a este subconjunto? Não. Vamos ver por que:

Na criação do sistema, além de fazermos considerações sobre as entradas e as saídas, estipulamos uma série de regras (num total de 27) conectando-as (as entradas entre si e o resultado disto com a saída) com “ANDs” e o “THEN”.

No momento a regra que está sendo “atuada” é a de número 14:

14. If (PrimPar is Dúvida) and (SegPar is Dúvida) and (TercPar is Dúvida) then (Result is MeioForte).

Lembre-se: fomos nós que criamos esta regra. A intenção do autor era clara: em caso dos três avaliadores ficarem em dúvida em relação a algum quesito, “dar uma chance” ao curso ou pelo menos prejudicá-lo o menos possível.

Por causa do conseqüente (parte que fica depois do “then” = “então”) da regra 14, o único subconjunto que será atuado na saída é o “meio forte”. Isto não é genérico. Dependendo das regras utilizadas, mais de um subconjunto da saída poderia “entrar em ação”.

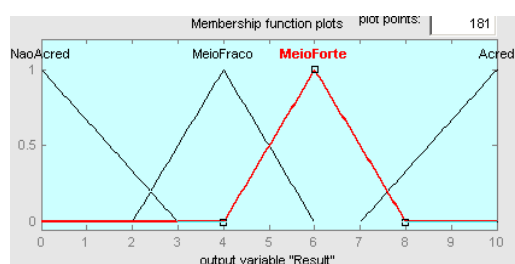


Fig. 6 Subconjunto “meio forte” destacado Entre os da saída

De um modo geral o antecedente (parte da regra que fica antes do “THEN”) é composto por várias condições. No nosso exemplo: If (PrimPar is Dúvida) [1ª.condição] and (SegPar is Dúvida) [2ª.condição] and (TercPar is Dúvida) [3ª.condição] then (Result is MeioForte). Existem várias maneiras de unificá-las de modo a chegar a uma conclusão. No nosso caso, como elas são conectadas por “AND’s”, usaremos a menor das pertinências (0,5) entre as várias condições. Se elas fossem conectadas por “OR’s” usaríamos a maior delas. O conseqüente (parte da regra que fica depois do “THEN”) geralmente é único.

Como resultado de tudo que se diz no parágrafo anterior, faremos um corte na altura de 0,5 do subconjunto “Meio Forte”... e só nele porque ele foi o único atingido pela regra 14:

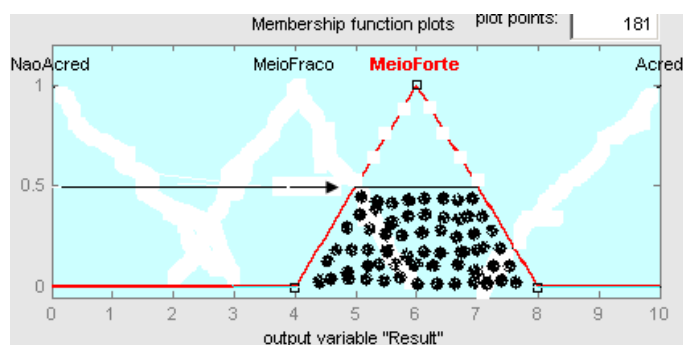


Fig. 7 Corte feito no subconjunto atingido pela regra. Na altura da menor das pertinências da entrada (por causa das conexões feitas com “AND’s”)

A figura 8 apresenta algumas das regras do sistema. Caso alguma das entradas pertença a dois conjuntos simultaneamente, duas regras serão atuadas. O “3,5” citado acima pertence ao conjunto dúvida (com uma pertinência 0,25) atuando, portanto, a regra 14 como no caso anterior, com a diferença de que agora esta é a menor pertinência entre as da entrada obrigando um corte semelhante ao da figura 7 a ser feito na altura de 0,25 e não mais na altura de 0,5. O resultado também será uma figura simétrica em torno do valor 6 só que com uma altura menor.

O “3,5” também pertence ao conjunto NãoAcred (com uma pertinência 0,2) o que fará com que também seja atuada a regra de no. 5 [If (PrimPar is NãoAcred) and (segPar is Duvida) and (TercPar is Duvida) then (Result is Meio Forte)] se as outras entradas forem mantidas em 5 e 6: Desta vez o menor valor de pertinência entre as várias condições do antecedente é justamente o 0,2. O resultado será, mais uma vez, semelhante ao da figura 7 só que cortado na altura 0,2 implicando, mais uma vez, numa figura simétrica em relação ao 6 mas de menor altura.

A união dos resultados das duas regras é feita pelo conjunto união das duas figuras das saídas (pode-se dizer que é natural que seja assim). No caso atual, como um dos conjuntos está contido no outro, o conjunto união é o maior deles (o da fig. 7). No caso de uma entrada que atuasse duas regras que tivessem consequentes diferentes o conjunto união tão somente deixaria de ser simétrico.

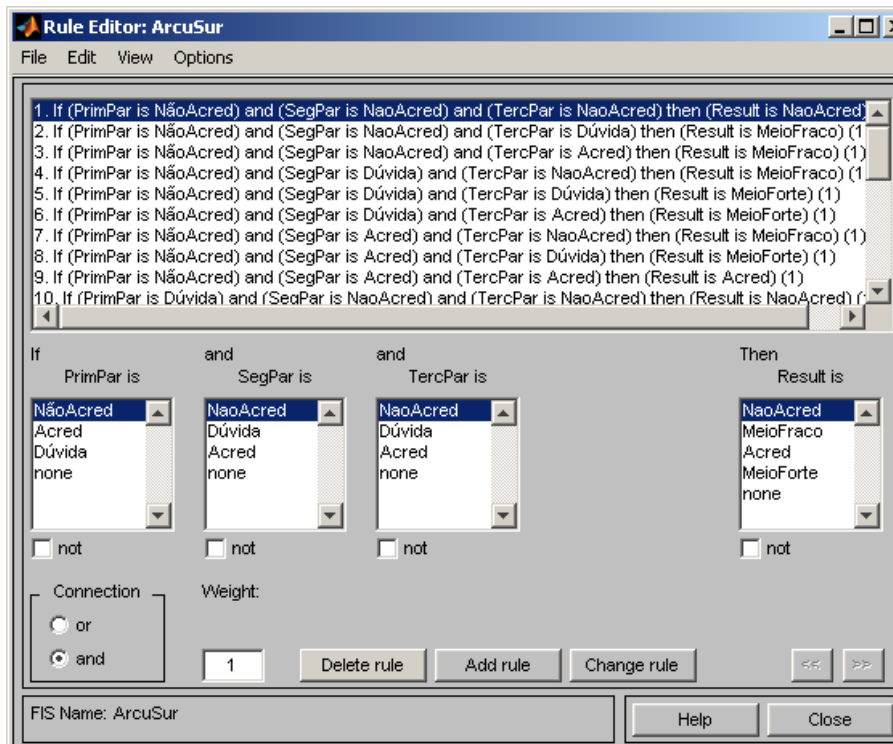


Fig. 8 As dez primeiras regras do sistema

É necessário, ainda, “defuzzificar” o resultado, isto é buscar um número “crisp” que melhor represente o conjunto cuja altura foi limitada na saída. Este será o resultado da Lógica.

Existem várias maneiras de fazê-lo. A que mais frequentemente é usada (inclusive neste trabalho) é o cálculo do centróide da figura destacada acima. Como ela acabou resultando num quadrilátero simétrico, (tanto no caso da entrada 4 como no

da entrada 3,5) é claro que o centróide estará acima da abcissa 6... e fica explicado o mistério (porque a “média Fuzzy” não coincide com a média matemática).

Experimente “dar uma forcinha” para o curso em avaliação usando a média aritmética e você compreenderá parte do imenso potencial da Lógica que estamos usando.

O trabalho dos avaliadores ainda não terminou. Chega sempre o momento de “dar o veredito”. A instituição pode ser credenciada ou não? E aí não há lógica que ajude. São eles que devem chegar a uma conclusão, assinar a papelada e enviar o resultado para a RANA (ao conjunto das agências Nacionais de Acreditação dá-se este nome - Rede Nacional de Avaliadores)... que o comunicará à instituição responsável pelas avaliações no país em questão que o comunicará ao curso visitado.

O resultado da defuzzificação é mais um dado a abalizar a decisão (ao lado de tudo que tiver sido visto e conversado ao longo da visita) mas não é impositivo. Resta ainda uma decisão a adotar: qual será o menor valor de saída do sistema que permitirá credenciar uma instituição? (que não pode ser “meio credenciada”). Note que isto tem pouco a ver com tudo que fica dito acima. Eu escolheria “5”. Se quisermos “endurecer” a avaliação podemos usar o valor 5,5. Se quisermos facilitar as coisas nada nos impede de usar o limite 4,5 para o número crisp resultante da defuzzificação que torna credenciada a instituição...

Para que não se pense em outra solução resta dizer que todo o processamento Fuzzy é feito “off line” gerando uma matriz que conecta os diferentes trios de entrada com as respectivas saídas. Ela é que vai ser usada no processamento “on line” ou via web.

### **Conclusão**

Cada avaliador deve analisar cerca de 200 quesitos durante a visita. A conciliação das notas dos avaliadores deve ser feita à base de discussão de item por item. O sistema proposto, que pode ser encontrado, inclusive para testes, em [www.del.ufrj.br/~ricardo](http://www.del.ufrj.br/~ricardo), pode ser uma ferramenta auxiliar de grande potencial. Basta que se dêem notas a cada item e com elas se alimente o sistema via web ou nos computadores dos próprios avaliadores. Além desta aplicação imediata estar-se-ia gerando uma série de bancos de dados que poderiam ser muito úteis no futuro. Até mesmo na comparação entre instituições.

### **Bibliografia:**

Brule, J.F., 1985 Fuzzy Systems - A Tutorial, texto retirado da Internet: [www.icccgcc.decnab.com](http://www.icccgcc.decnab.com), USA

Hammell II, R.J., 1990, Fuzzy Logic, Texto extraído da Internet - [www.art.mil](http://www.art.mil). Army Research Laboratory, USA

Manual de Lógica Fuzzy do Matlab

Martins, 1999, Tese de Doutorado, Aplicação de Lógica Fuzzy no Controle de Sistemas Híbridos Solar-Diesel, COPPE, UFRJ, 1999

Zadeh, L.A., 1965, The Role of Fuzzy Logic in the Management of Uncertainty in Expert Systems. Fuzzy Sets and Systems, vol 11, pp 199-227.