ALMANAQUE PARA POPULARIZAÇÃO DE

CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

SÉRIE 2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Volume 12

INTRODUÇÃO À LÓGICA NEBULOSA – PARTE 2

Ricardo Linden
Maria Augusta Silveira Netto Nunes
Jean Carvalho Santos

SBC
Sociedade Brasileira de Computação

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

REITOR
Prof. Dr. Angelo Roberto Antoniolli

VICE-REITOR
Prof. Dra. Iara Campelo

CAPA E EDITORAÇÃO ELETRÔNICA
Jean Carvalho Santos

REVISÃO GERAL
Maria Augusta Silveira Netto Nunes

REVISOR CIENTÍFICO
Silvio César Cazella (UFCSPA-RS)

Os personagens e as situações desta obra são reais apenas no universo da ficção; não se referem a pessoas e fatos concretos, e não emitem opinião sobre eles.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Linden, Ricardo
L744i Introdução à lógica nebulosa : parte 2 [recurso eletrônico] / Ricardo Linden, Maria Augusta Silveira Netto Nunes, Jean Carvalho dos Santos. – Porto Alegre : SBC ; São Cristóvão : UFS, 2017.
20 p. : il. – (Almanaque para popularização de ciência da computação. Série 2, Inteligência Artificial ; v. 12).

ISBN 978-85-7669-367-3

Computação. 2. Lógica difusa. I. Nunes, Maria Augusta Silveira Netto. II. Santos, Jean Carvalho. IV. Título. V. Série.

CDU 004.8(059)

UFS
Cidade Universitária José Aloísio de Campos
CEP - 490100-000 - São Cristóvão - SE

ALMANAQUE PARA POPULARIZAÇÃO DE

CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

SÉRIE 2: INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

VOLUME 12

Introdução à lógica nebulosa - Parte 2

Sociedade Brasileira de Computação – SBC

Porto Alegre - RS

AUTORES

Ricardo Linden
Maria Augusta Silveira Netto Nunes
Jean Carvalho Santos

Realização
Universidade Federal de Sergipe

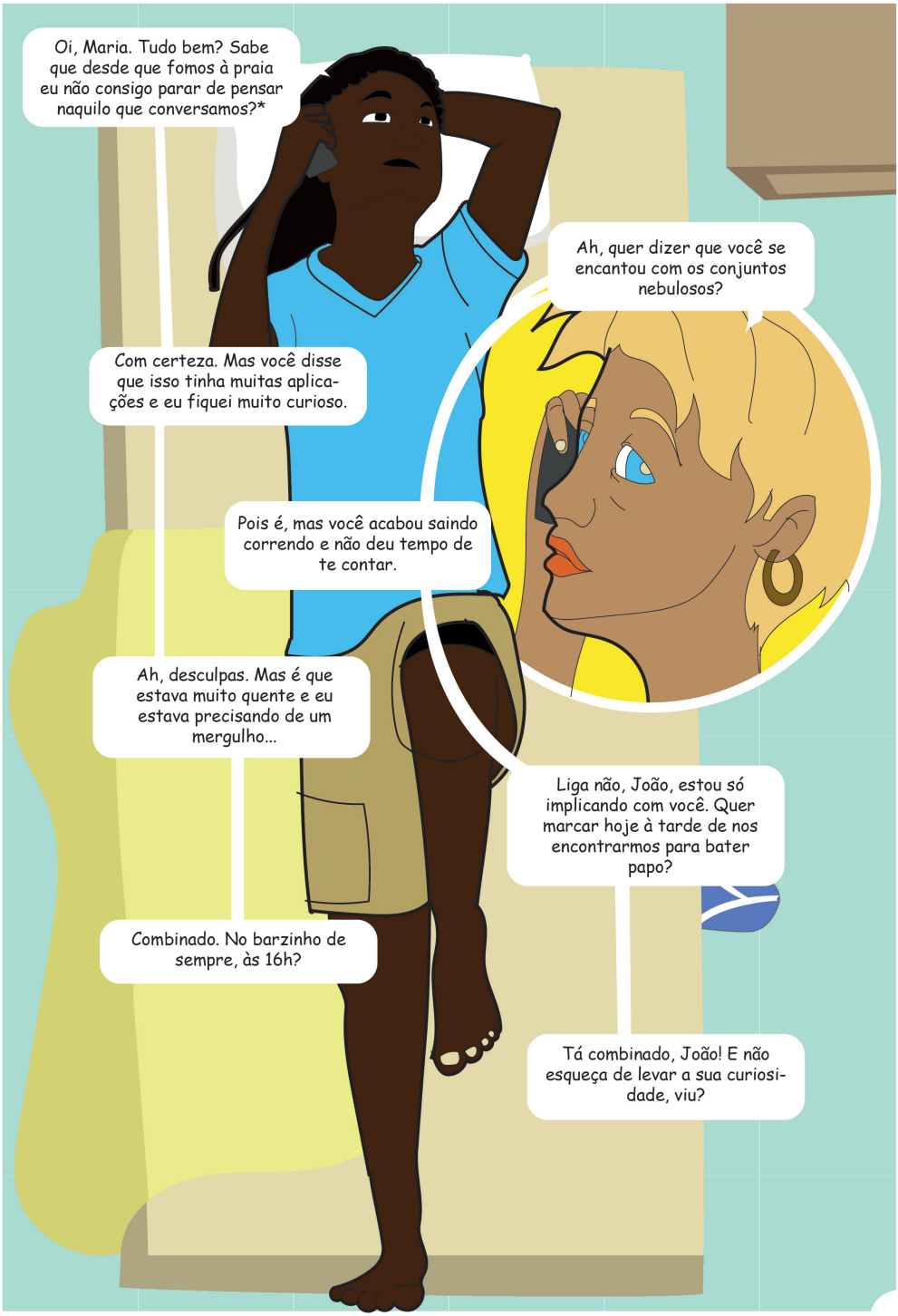
São Cristóvão – Sergipe - 2017

APRESENTAÇÃO

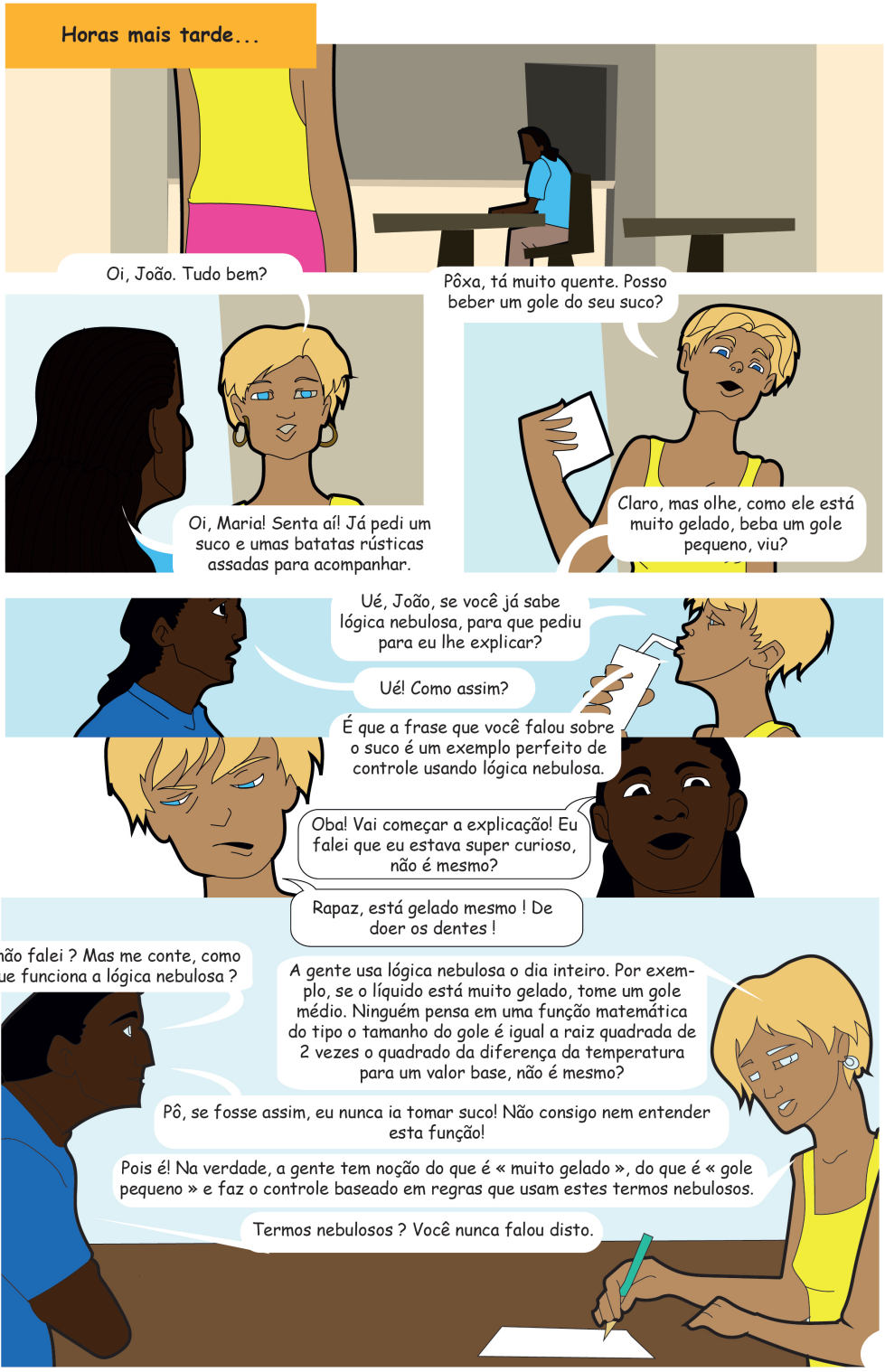
Essa cartilha foi desenvolvida como atividade do projeto de extensão para popularização de Ciência da Computação em Sergipe apoiado pela PROEX-UFS, COPES e CINTTEC e pelo projeto MCTI/CNPq/SPM-n° 420160/2013-2, intitulado "Popularizando e fomentando o ingresso de meninas sergipanas na área de Ciência da Computação, Engenharia da Computação e Sistema de Informação visando a crescente demanda de profissionais no contexto estadual, nacional e internacional da área de TI". É também vinculado ao projeto da Bolsa de Produtividade CNPq–DTII coordenado pela prof. Maria Augusta Silveira Netto Nunes em desenvolvimento no Departamento de Computação/Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação (PROCC) – UFS. O público alvo das cartilhas são jovens pré-vestibulandos e graduandos em anos iniciais. O objetivo é fomentar ao público nacional o interesse pela área de Ciência da Computação.

As cartilhas da série de Inteligência Artificial discorrem sobre a área da Ciência da Computação que busca simular a inteligência humana através de mecanismos de software. Essa cartilha introduz a lógica fuzzy, sendo continuação da cartilha anterior da mesma Série 4, Volume 11, que introduziu conjuntos fuzzy. A atual cartilha concentra-se nas regras e nos modelos de inferência e controle, mostrando a lógica fuzzy como uma ferramenta importante no estabelecimento de um controle gradual usando regras similares ao raciocínio humano, que é usada por grandes empresas e universidades ao redor do mundo.

(os Autores)



*A conversa dos dois está no gibi anterior desta coleção (Volume 11, Série 2)

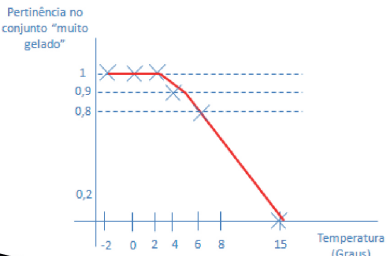

Horas mais tarde...
Oi, João. Tudo bem?
Oi, Maria! Senta aí! Já pedi um suco e umas batatas rústicas assadas para acompanhar.
Pôxa, tá muito quente. Posso beber um gole do seu suco?
Claro, mas olhe, como ele está muito gelado, beba um gole pequeno, viu?
Ué, João, se você já sabe lógica nebulosa, para que pediu para eu lhe explicar?
Ué! Como assim?
É que a frase que você falou sobre o suco é um exemplo perfeito de controle usando lógica nebulosa.
Oba! Vai começar a explicação! Eu falei que eu estava super curioso, não é mesmo?
Rapaz, está gelado mesmo ! De doer os dentes !
Eu não falei ? Mas me conte, como é que funciona a lógica nebulosa ?
A gente usa lógica nebulosa o dia inteiro. Por exemplo, se o líquido está muito gelado, tome um gole médio. Ninguém pensa em uma função matemática do tipo o tamanho do gole é igual a raiz quadrada de 2 vezes o quadrado da diferença da temperatura para um valor base, não é mesmo?
Pô, se fosse assim, eu nunca ia tomar suco! Não consigo nem entender esta função!
Pois é! Na verdade, a gente tem noção do que é « muito gelado », do que é « gole pequeno » e faz o controle baseado em regras que usam estes termos nebulosos.
Termos nebulosos ? Você nunca falou disto.

Falei sim, só que de outro jeito. Termo nebuloso é só um nome para um conjunto nebuloso, quando ele é usado em uma regra. Por exemplo, existe o conjunto nebuloso "muito gelado", baseado na temperatura, igual a gente definiu da outra vez que conversamos. Lembra?

Claro! É um conjunto que tem uma pertinência entre zero e um para cada valor da temperatura, não é mesmo?

Exatamente ! Pôxa, João, você é um ótimo aluno, viu ?

Obrigado ! Deixa eu ver o desenho. Ah, tá. Você definiu o conjunto muito gelado com temperaturas indo de -2 graus à 15 graus porque estas são as temperaturas em que o suco é servido geralmente. Legal !!!!



Poxa, João! Você já é quase um especialista em lógica nebulosa,

Valeu, Maria. É que o assunto é muito legal. Mas como é que este conjunto se encaixa na regra que você falou?agora!

Pois, então, nós temos uma regra do tipo SE-ENTÃO e dois conjuntos nebulosos. Um na parte SE da regra, que nós chamamos de antecedente e outro na parte ENTÃO da regra, que chamamos de consequente.

Você usou termos difíceis de novo! E aí o "consequente" é que eu não entendi...

São só nomes, João. Olha aquela regra que você falou:

"Se o suco está muito gelado, então tome um gole pequeno".

"O suco está muito gelado" está ligado ao SE, não é mesmo? Então ele é o antecedente.

"Tome um gole pequeno" está ligado ao ENTÃO. Logo, ele é o consequente.

Entendi. A gente chama de consequente por que a segunda frase é consequência da primeira.

Perfeito, João. Em termos técnicos, a gente diz que existe uma relação de implicação !

Pois, olhe, se você ficar usando palavras difíceis assim, eu é que vou

HAHAHAHAHAHAH...

Tá certo. Mas como a gente faz isto?

A ideia é simples: vou medir a temperatura do suco e aí vou conseguir, usando nossa regra, definir o tamanho do gole que vou tomar.

Interessante. Mas por que medir a temperatura do suco?

Ué, João, a decisão precisa se basear em um dado real, não é mesmo?

Ah, claro ! Nosso conjunto antecedente é função da temperatura, não é mesmo?

Aí, João ! Agora é você quem está usando nossas palavras difíceis, hein?

Pensando bem, elas não são tão difíceis assim...

Não liga não, João. Estou só brincando. É normal ter dificuldade com os termos no começo. Depois você se acostuma e vira uma fera em lógica nebulosa!

Tá bom. Obrigado! E depois de medir a temperatura, o que a gente faz?

A gente vê qual é a pertinência dela no conjunto "Muito Gelado". Isto é chamado de fuzzyficação.

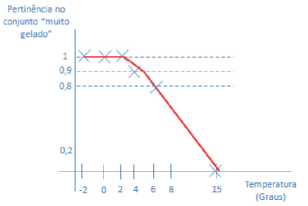
Mas por que o nome difícil, Maria? Que mania!

O nome é difícil, mas é claro, João: estou transformando um valor de temperatura em uma variável nebulosa.

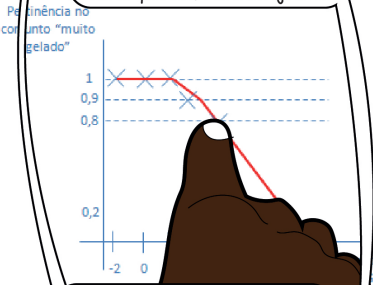
MUITO GELADO

Como assim? Não entendi!

É mais fácil com um exemplo. Olhe aqui o gráfico. Se a temperatura do suco é 6°, então a pertinência no conjunto "Muito Gelado" é...



0,8!!!! Isto é fácil! É só botar o dedo em cima do 6° no eixo X e subir até encontrar a linha que define o conjunto!



Isto, João. Você definiu muito bem como encontrar um valor de uma função.

Até aí é fácil. Mas o que a fuzzyficação tem a ver com isto?

É simples. Você acabou de transformar um valor de uma variável em uma pertinência fuzzy.

Eu fiz isto?

Claro que fez. Você acabou de transformar 6° de temperatura em 0,8 de pertinência no conjunto fuzzy "Muito Gelado". Ou seja, você fuzzyficou a variável!

Se fuzzyficação é transformar de valor para fuzzy, então defuzzyficação é o contrário, certo ?

Perfeito, João !

Mas o que vou defuzzyficar?

A saída, João! Você quer saber quantos mililitros tomar, e não que tem que tomar um gole de pertinência 0,8 no conjunto de "Goles pequenos".

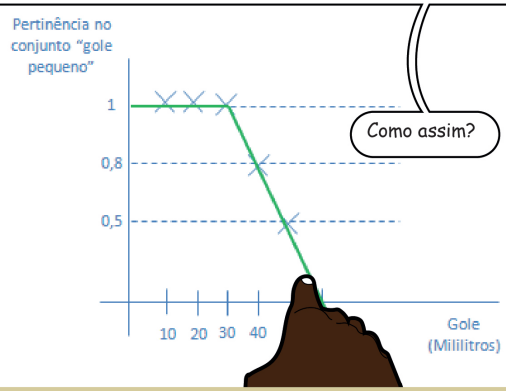
Que maneiro ! Então eu posso controlar o gole que vou tomar pela temperatura.

Esta sempre foi a ideia, né, João ? A gente está fazendo o que se chama « controle nebuloso », que é o controle de algo baseado em lógica nebulosa.

É verdade. Agora está claro para mim. Mas como eu faço a defuzzyficação?

Neste caso, é muito simples. Veja qual valor tem pertinência 0,8 na função goles pequenos e ele é o resultado.

Isto é fácil ! O valor é 40ml. Então este é o tamanho do gole que vou tomar ?



Como assim?

Exatamente. Claro que com pessoas não é tão preciso, né ?

O controle nebuloso é feito para que máquinas «pensem» como a gente. Para uma máquina é fácil agora pegar 40ml, né ? Mas você vai apenas tomar um gole pequeno sem pensar muito em quantos mililitros tem...

Poxa, mas esta lógica nebulosa é super simples, né ? Eu tinha ficado com medo das palavras difíceis, mas adorei. Que beleza !

É simples mesmo, João, mas ainda não acabou.

Ih! O que é que falta, então Maria? Poxa, bem que falam que alegria de pobre dura pouco!

Falta a gente colocar mais regras no nosso sistema de controle.

E para que mais regras ? Eu tô tão feliz com uma só...

Ô, João, mas na vida real você não usa uma regra só !

Não?

Não, João. Pensa em como você controla um freio:

"Se estou rápido e o próximo carro está perto, piso muito forte".

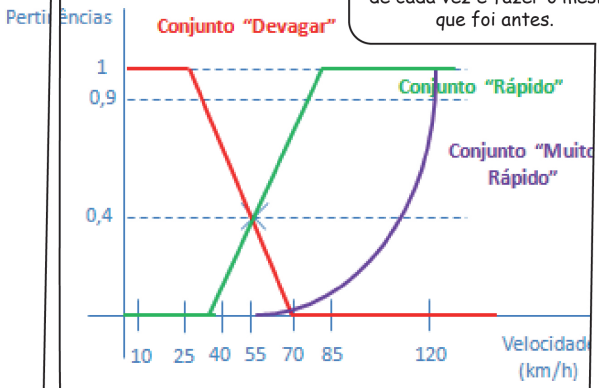
"Se estou devagar e o próximo carro está a média distância, piso fraco".

"Se estou muito rápido, piso muito forte" e assim por diante.

É verdade. Não tinha pensado nisto, mas é assim mesmo. E

Ih, complicou ! Tem muita linha neste desenho, Maria.

Mas, João, não mudou nada. É só você olhar para um gráfico de cada vez e fazer o mesmo que foi antes.



Ah, tá. É só ir até a velocidade e fazer uma linha para cima e na hora que cruzar com o gráfico, esta é a pertinência naquele conjunto, certo?

Perfeito, João!

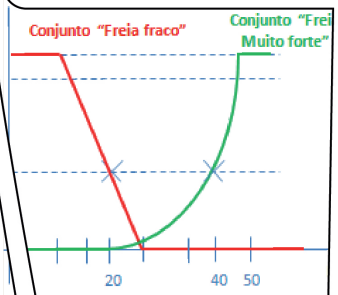
Mas olha esta linha que eu desenhei para a velocidade de 55 km/h. Parece que ela pertence 0,4 ao conjunto dos "devagar", 0,4 ao conjunto dos "rápidos" e 0 ao conjunto dos "Muito rápidos".

Ué, use o valor do antecedente para calcular o consequente.

"Mas qual consequente?

Todos que estão nas regras. Olha aqui o desenho que eu fiz..

Está vendo? Eu já marquei aqueles que têm pertinência 0,4 em cada conjunto, pois foi aqueles que calculamos.



Entendi, mas eu tenho duas forças para aplicar. Pode ser 20N ou 40N. Qual delas eu uso?

Ótima pergunta, João. A verdade é que agora a gente tem que usar as duas, fazendo a média ponderada.

Média ponderada? Você e suas expressões complicadas...

O nome é difícil, mas a ideia é fácil. É só pegar cada um destes valores e multiplicar pela pertinência deles. Depois a gente soma todos os resultados da multiplicação e divide pela soma de todas as pertinências.

Tá. Então eu pego o 20N, multiplico por 0,4 e dá 8. Depois eu pego o 40N, multiplico por 0,4 e dá 16. Somando os dois, dá 24 e somando todas as pertinências, eu obtenho 0,8. Mas o que eu faço com isto?

Simples. Divide o 24 por 0,8.

Fazendo a divisão, eu obtenho 30N. Esta é a força que tenho que aplicar?

Exatamente, João! Você acaba de realizar um controle nebuloso!!! Parabéns!

Que maneiro ! Adorei, Maria.

Pois é, João. Só tem uma coisa que você não percebeu...

Ih, lá vem você. Não pode me ver feliz. Quando eu acho que aprendi, você complica tudo!

Não é isto, João. Olhe para as regras que fizemos e repare que os antecedentes delas têm duas variáveis diferentes*. A gente só usou a velocidade, mas tem a distância para o outro carro também.

Mas não é só fazer os gráficos de distância e calcular a pertinência fuzzy, igualzinho fizemos com a velocidade.

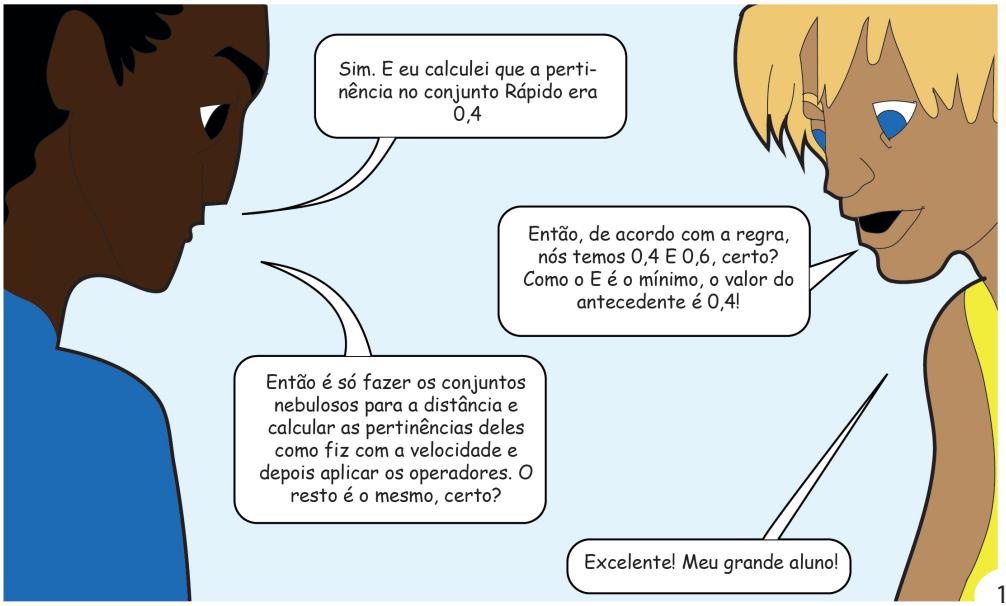
Sim, João. Mas aí vamos ter duas pertinências no antecedente, não é mesmo ?

OK, mas é só fazer o E que liga os antecedentes, não é mesmo?

Pôxa, João! Genial!!!

*Página 11

Valeu, Maria. Só não entendo uma coisa – eu aprendi em lógica a fazer E com verdadeiro e falso. Como é que faz com números?
Na lógica nebulosa os operadores são um pouquinho diferentes daqueles que você já conhece. No caso do E, a gente calcula o mínimo entre os valores.
Como assim?
Imagina que a gente calculasse que naquele momento a pertinência no conjunto "Perto" fosse 0,6. A regra não era "Se estou rápido e o próximo carro está perto, piso muito forte"?


Sim. E eu calculei que a pertinência no conjunto Rápido era 0,4
Então, de acordo com a regra, nós temos 0,4 E 0,6, certo? Como o E é o mínimo, o valor do antecedente é 0,4!
Então é só fazer os conjuntos nebulosos para a distância e calcular as pertinências deles como fiz com a velocidade e depois aplicar os operadores. O resto é o mesmo, certo?
Excelente! Meu grande aluno!

Taí. Gostei desta lógica nebulosa.

É claro que tem muito mais, né, João? Tem outros métodos de defuzzyficação, outros operadores, e um monte de coisas mais difíceis.

Eu imagino. Isto é só o começo, né? Você bem que podia me emprestar uns livros para eu entender mais.

Com certeza*! Fico feliz que você gostou. Eu vou te dar uma lista de livros legais. Agora, vamos pedir alguma outra coisa para comer ?

Com certeza! Ciência da Computação me dá uma fome!!!

HAHAHAHAHAHA...

*Ver bibliografia

FIM.

Caça Palavras

Procure e marque no diagrama de letras, as palavras em destaque no texto.

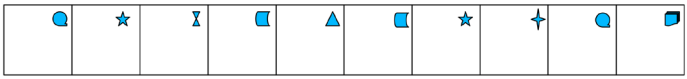
A LÓGICA NEBULOSA transforma valores NUMÉRICOS em PERTINÊNCIAS a vários CONJUNTOS, aplica REGRAS de INFERÊNCIA e, a partir dos valores dos CONSEQUENTES, calcula o valor da variável que desejamos CONTROLAR.

A X C O N T O L A R P R F U Z I N E B U L A Z A V E N D E R
P R O M T R E O G C O N T R O R U Z Z Y R E R E G R A S U N
F E N D A M E N T O R D E L I N D E N Q U E N T E S C C U D
V G J N E B U L O S A S I N E R E N C I A S E N T A I O A O
T C O N S E Q U E N T E S A C O N S E Q U E N R N Z G N O Y
V C O N T T O L A R N T O P E R T I N E N C I A S R O J E R
F S T Z Y N E B U L O Z A A V Y Z Z A F E R O R B P L U T E
N U I N F E R E N C I A E N A A M I G A L E G A L S U N I A
Z E S O I R E P R R G R R S N T A C O O C O V T L R B T E S
E T V C O N T R O L A R S R T I F G I O V E S T O G E O T E
P E R T R O L A R E A A V I A O M E S O C I R E M U N S O P
R E G T R A S Z E R O P C O N S E E Q U E M C O N T R O L R
R I C A R D O A R E A G E L E I A E D E C P I E M A R S O P

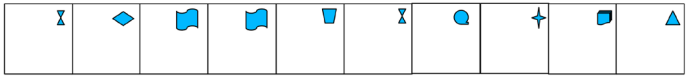
Criptograma

Encontre a resposta para cada definição. Cada símbolo representa uma letra. Depois, usando as letras correspondentes aos símbolos encontrados, descubra quais são as outras palavras ligadas aos conjuntos fuzzy que representamos abaixo.

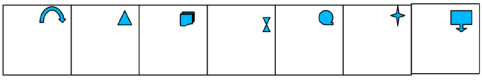
Usamos as regras para poder fazê-la

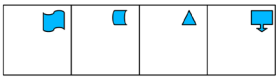


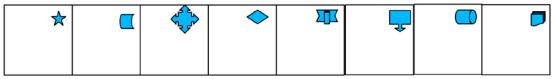
Transformar de valor numérico em pertinência



Outros termos importantes...

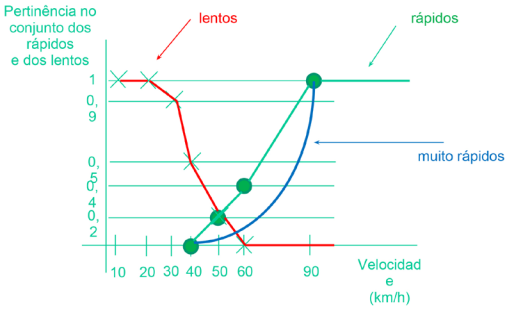






Memorex

Olhe a cena por alguns instantes, vire a página de cabeça para baixo, tape o desenho e responda às perguntas.



1) Sou um pouco rápida e muito rápida e acabei de deixar de ser lenta.

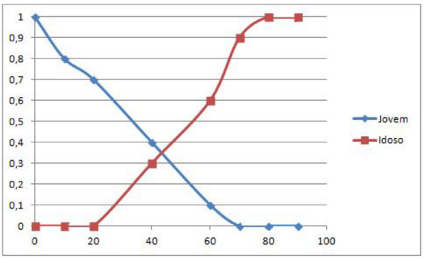
2) Sou a primeira velocidade que é mais rápida do que lenta.

3) Antes de mim, ninguém estava nem um pouquinho rápido.

4) Sou mais rápida do que lenta e a partir de mim, todas são igualmente rápidas e muito rápidas.

Inferindo...

Olhe para o desenho dos gráficos abaixo:



Se a minha base de regras é:
SE JOVEM, COMA MUITO
SE IDOSO, COMA POUCO

E o máximo do conjunto COMA MUITO é 700g e o máximo do conjunto COMA POUCO é 200g, quanto vai comer uma pessoa de 40 anos?

Respostas dos passatempos em
http://meninasnacomputacao.com.br/publicacoes

BIBLIOGRAFIA

Campo, M. M. de; "Sistemas Inteligentes em Controle de Automação de Processos", Editora Ciência Moderna, Rio de Janeiro, 2004

Cavalcanti, J. H. F., Cavalcanti, M. T. et al.; "Lógica Fuzzy Aplicada às Engenharias", Disponível em http://www.logicafuzzy.com.br/wp-content/uploads/2013/04/logica_fuzzy_aplicada_as_engenharias.pdf

Lanzillotti, R. S., Lanzillotti, H. S.; "Lógica fuzzy – Uma abordagem para reconhecimento de padrão", Paco Editorial, Jundiaí, 2014

Simões, M. G.; Shaw, I. S., "Controle e modelagem Fuzzy", 2ª edição, Editora Blücher, São Paulo, 2007

Portik, T., Pokorádi, L.; "The Summarized Weighted Mean of Maxima Defuzzification and Its Application at the End of the Risk Assessment Process", ActaPolytecnicaHungaria, Vol. 11, no. 3, Disponívelem https://uni-obuda.hu/journal/Portik_Pokoradi_49.pdf.

OUTRAS CARTILHAS DE COMPUTAÇÃO EM:

http://meninasnacomputacao.ufs.br/

SOBRE OS AUTORES

RICARDO LINDEN

Professor Doutor do curso de Engenharia de Computação da Faculdade Salesiana Maria Auxiliadora e Pesquisador III do Centro de Pesquisas em Energia Elétrica (CEPEL – Eletrobras). Concluiu seu doutorado em 2005 no curso de Engenharia Elétrica da COPPE-UFRJ com uma tese sobre técnicas inteligentes híbridas (algoritmos evolutivos mais lógica nebulosa). Escreveu o livro "Algoritmos Genéticos", que já está em sua terceira edição. É editor da Revista de Sistemas de Informação da FSMA e revisor de periódico da Information Sciences, International Journal of Control, Automation and Systems e da IEEE Transactions on Fuzzy Systems, além de ser Revisor de projeto de fomento da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco.

Lattes: http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4790268D6

MARIA AUGUSTA SILVEIRA NETTO NUNES

Bolsista de Produtividade Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora do CNPq

Professor Adjunto IV do Departamento de Computação da Universidade Federal de Sergipe. Membro do Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação (PROCC) na UFS. Pós-doutora em Propriedade Intelectual no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). Doutora em "Informatique pela Université de Montpellier II - LIRMM em Montpellier, França (2008). Realizou estágio doutoral (doc-sanduíche) no INESC-ID-IST Lisboa- Portugal (ago 2007-fev 2008).É mestre em Ciência da Computação

pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1998) e possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade de Passo Fundo (1995). Possui experiência acadêmico-tecnológica na área de Ciência da Computação e Inovação Tecnológica/ Propriedade Intelectual. Atualmente, suas pesquisas estão voltadas, principalmente na área de inovação Tecnológica usando Computação Afetiva na tomada de decisão Computacional. Atua também em Inovação Tecnológica, Propriedade Intelectual capacitando empresários na área de TI e fornecendo consultoria em Registro de Software e patente.

Lattes: http://lattes.cnpq.br/9923270028346687

JEAN CARVALHO SANTOS

Bolsista CNPq

Graduando em Design Gráfico Pela Universidade federal de Sergipe. Possui experiência nas áreas de design de interfaces digitais, design editorial e ilustração com foco na criação de personagens, storyboards e ilustração publicitária.

Lattes: http://lattes.cnpq.br/4054041404473563

AGRADECIMENTOS

Ao SBC, DCOMP, PROCC, CNPq, CAPES e FAPITEC.

APOIO:

ISBN 978-857669367-3