

# Seleção de Terrenos para Edificações Comerciais na Cidade do Rio de Janeiro: Aplicação da Lógica *Fuzzy*

Nilson Brandalise<sup>1</sup>, Amanda Sexto Alexandre Pereira<sup>2</sup>, Luiz Carlos Brasil de Brito Mello<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil-Escola de Engenharia-UFF, Rua Passo da Pátria, 156, 3º andar, Sala 365, Bloco D, São Domingos, CEP: 24210-240, Niterói, RJ, Brasil, nilson\_01@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Engenharia de Produção da Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda-UFF, Av. dos Trabalhadores, 420, CEP: 27255-125, Volta Redonda, RJ, Brasil, amanda.sexto@gmail.com

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia de Produção/Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil-Escola de Engenharia-UFF, Rua Passo da Pátria, 156, 3º andar, Sala 365, Bloco D, São Domingos, CEP: 24210-240, Niterói, RJ, Brasil, luiz.brasil@gmail.com

**Resumo:** O objetivo deste artigo é a seleção de terrenos para edificações comerciais na cidade do Rio de Janeiro, por meio do uso de técnicas de múltiplos critérios de tomada de decisão, com base no método: Lógica *Fuzzy*. Este método foi escolhido devido à funcionalidade, flexibilidade e grande aplicação em problemas de engenharia para tomada de decisão envolvendo múltiplos critérios. Sua aplicação foi feita através de uma pesquisa de opinião com especialistas construtores, onde foram selecionados 6 (seis) fatores para avaliação, em 10 (dez) alternativas de terrenos comerciais. Para a operacionalização analítica do método foi utilizado o software MATLAB<sup>®</sup>, apresentando os fatores classificados por ordem de prioridade na seleção de terrenos. E finalmente, os resultados das alternativas foram apresentados de forma hierárquica.

**Palavras-chave:** Tomada de decisão. Lógica *Fuzzy*. Construção Civil. Seleção de Terrenos.

## 1 Introdução

O crescente aumento na demanda por habitação nos grandes centros urbanos provocou uma valorização considerável do metro quadrado nestes locais. Ainda assim, a procura tanto de imóveis quanto de terrenos disponíveis para construção tem sido frequente. Toda essa valorização trouxe à tona a investigação sobre a disponibilidade de terrenos para uma construtora ou um construtor adquirir, visando o aproveitamento da área, para a construção de edificações [1].

Desta forma, a intensa e acelerada urbanização resulta em problemas como a escassez de áreas adequadas para edificações nos grandes centros urbanos. A busca por terrenos disponíveis e apropriados para construção já é um problema comum às construtoras. Os Estudos de Localização do terreno certo englobam o conjunto de

procedimentos que trabalham na escala regional e urbana, chegando-se às condicionantes que determinarão a escolha do terreno que envolve complexas questões físicas e legais [2]. Além da avaliação do valor, dimensões, localização, entre outros fatores, é necessário verificar se o solo e água do local apresentam impactos gerados por atividades anteriores [3]. Os inúmeros atributos dificultam uma escolha rápida e ao mesmo tempo eficaz para as empresas do setor. Com a utilização dos modelos de Tomada de Decisão é possível analisar as inúmeras variáveis presentes no problema e facilitar o processo, tornando a escolha de um terreno mais objetiva e consciente.

A seleção de terrenos para edificações é de grande importância para o setor da construção, com grandes possibilidades de retorno. Haverá sempre um projeto viável, independentemente de o lote ser residencial ou comercial. Desta maneira, o tema surgiu de uma dificuldade enfrentada pelo pesquisador, na leitura de outros trabalhos e da própria teoria [4].

A definição da seleção através de método de Tomada de Decisão influencia positivamente os investidores do setor. O artigo tem como objetivo, analisar a eficácia do método de tomada de decisão avaliado, quando aplicado, na seleção de terrenos para edificações e proposta a utilização de método que auxiliem na tomada de decisão referente à seleção de terrenos para edificações na cidade do Rio de Janeiro, revelando por meio da confrontação de método específico, as melhores possibilidades de investimento no setor. O método aplicado foi a Lógica *Fuzzy*, que é flexível, funcional e de grande aplicação para problemas, de engenharia, que envolvem múltiplos critérios, permitindo uma seleção de terrenos de acordo com as principais necessidades dos investidores. Além disto, permitem realizar um comparativo entre os tipos de terreno e apresentar um *ranking* das alternativas de acordo com o cenário definido.

## **2 Material e Métodos**

### **2.1 Construção civil e Características da cidade do Rio de Janeiro**

A construção civil foi um forte propulsor do crescimento recente no Brasil, com seu Produto Interno Bruto - PIB tendo tido uma evolução acumulada de 47%, no período 2003-2013, contra 46% da economia como um todo. Se a taxa de investimento atual é relativamente baixa, ao redor de 18% do PIB, no período considerado, é importante notar que a construção foi responsável por aproximadamente 40% desse investimento [5]. Entretanto, no período atual o setor passa por redução das oportunidades devido ao momento econômico nacional [6].

A Indústria da Construção é um dos setores mais importantes para a economia de qualquer país. As empresas do setor da construção civil, por fazerem parte de um ambiente muito complexo, exigem de seus gestores uma abordagem mais específica. Este setor necessita ter uma extrema capacidade de mudança para se adaptar aos novos tempos, por meio da melhoria de seus processos e padrões administrativos, buscando uma maior competitividade no mercado [7].

Construir é tarefa que envolve estudo detalhado da estrutura, análise de cálculos, tomada de decisões, entre outros fatores para a conclusão satisfatória do projeto. São muitos os aspectos na caracterização para a avaliação de um terreno, [8], cita entre os principais: o enquadramento legal, as acessibilidades, e outros.

Na definição da capacidade construtiva de um terreno é necessário conhecer claramente o seu estado jurídico-administrativo. Deverão ser consultados os documentos legais, planos diretores municipais, planos de pormenor e os próprios serviços municipais para verificação de eventuais restrições que possam condicionar a capacidade construtiva do terreno [8].

É fundamental confirmar se o terreno tem acessibilidade direta. As larguras disponíveis e declives dos acessos podem condicionar a circulação de viaturas prioritárias, carros de bombeiros e ambulâncias [8]. Os terrenos irregulares têm um menor aproveitamento, portanto são menos valorizados. A posição em relação ao nível da rua. São muitos os critérios a serem considerados para edificação de um determinado projeto.

A cidade do Rio de Janeiro está situada a 22°54'23" de latitude sul e 43°10'21" de longitude oeste, sendo a capital do Estado do Rio de Janeiro, ao Norte, limita-se com vários municípios do Estado do Rio de Janeiro. A cidade é banhada pelo oceano Atlântico ao sul, pela Baía de Guanabara a leste e pela Baía de Sepetiba a oeste. Suas divisas marítimas são mais extensas que as terrestres [9].

A área do município do Rio de Janeiro é de 1.255,3 km<sup>2</sup>, incluindo as ilhas e as águas continentais. Mede de leste a oeste 70 km e de norte a sul 44 km. O município está dividido em 32 Regiões Administrativas com 159 bairros e possui 6.453.682 habitantes [10].

Ainda segundo [9], o relevo carioca está filiado ao sistema da serra do Mar, recoberto pela floresta da Mata Atlântica. É caracterizado por contrastes marcantes, montanhas e mar, florestas e praias, paredões rochosos subindo abruptamente de baixadas extensas. Apresenta três importantes grupos montanhosos, mais alguns conjuntos de serras menores e morros isolados em meio a planícies circundadas por esses maciços principais. É a cidade com o segundo maior PIB no Brasil, detém também o 30º maior PIB do planeta, equivalente a 5,4% do total nacional.

## **2.2 Tomada de decisão e Lógica *Fuzzy***

A tomada de decisão é o processo de identificar um problema ou uma oportunidade e selecionar uma linha de ação para resolvê-lo. Um problema ocorre quando o estado atual de uma situação é diferente do estado desejado. Uma oportunidade ocorre quando as circunstâncias oferecem a chance de o indivíduo/organização ultrapassar seus objetivos e/ou metas [11].

O apoio multicritério à decisão tem papel crucial, de natureza eminentemente técnica, na tomada de decisão concernente a complexos processos decisórios. Ilumina a tentativa da boa solução do problema, por meio da estruturação ampla do problema, do enfoque analítico e da aplicação de método. Diversas vantagens podem ser citadas quando o decisor utiliza um processo de modelagem para tomada de decisão: a) Os modelos forçam os decisores a tornarem explícitos seus objetivos; b) Os modelos forçam a identificação e o armazenamento das diferentes

decisões que influenciam os objetivos; c) Os modelos forçam a identificação das variáveis a serem incluídas e em que termos elas serão quantificáveis, e d) Os modelos forçam o reconhecimento das limitações [11].

Entre os principais métodos de tomada de decisão pode-se destacar o método Lógica *Fuzzy* ou Lógica difusa foi primeiramente proposta por Zadeh [12]. O uso da Lógica difusa em análises multicriteriais permite simular a forma humana de raciocínio a partir da coleta de dados reais e da implementação do conhecimento do operador (especialista) aplicada a formulação linguística do sistema *fuzzy* [13]. Que compreende situações ambíguas, não passíveis de processamento através da lógica computacional fundamentada na lógica booleana [14].

A lógica difusa (ou Lógica *Fuzzy*) é um ramo da matemática que lida com incertezas ao simular o processo de raciocínio humano. O fundamento em que se baseia esse método é o fato de a tomada de decisão nem sempre ser uma questão de preto e branco, verdadeiro e falso. Ela normalmente envolve áreas intermediárias em que o termo “talvez” seja mais apropriado [15].

Existem três principais passos para que um conjunto de variáveis possa ser transformado em algo distinguível dentro da técnica da Lógica Fuzzy. O primeiro passo é o detalhamento (*fuzzification*) de cada variável. Este é um estágio no qual os antecedentes das regras “SE-ENTÃO” e as próprias regras, são detalhadas, isto é, as variáveis juntamente com suas regras são transformadas em variáveis linguísticas para trazerem embutidos os graus de pertinência de um objeto dentro do conjunto fuzzy correspondente [14].

A pertinência de um elemento num conjunto *fuzzy* não é uma questão de afirmação ou negação, mas uma questão de grau. Este representa um nível de compatibilidade do elemento sobre o conjunto, na qual o valor zero significa não participação, o valor um significa participação plena e demais valores entre zero e um significam participação parcial. O número prático de funções de pertinência é algo entre 2 e 7 para cada conjunto *fuzzy* (que representa cada um dos parâmetros em questão). Quanto maior o número de funções, maior é a precisão. No entanto, um número maior de funções de pertinência ocasiona um número maior de regras, exigindo uma demanda computacional bem mais significativa [15].

Deste modo, segundo [16], sendo  $\mu_A(x)$  a função de pertinência do elemento  $x$  no conjunto  $A$ , cujo domínio é  $X$  e o contradomínio, o intervalo  $[0; 1]$ , um conjunto nebuloso  $A$  em  $X$  é um conjunto de pares ordenados, em que:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\} \quad (1)$$

Os tipos de sistemas de fuzzificação, também denominados de controladores *fuzzy*, mais conhecidos são Mamdani e Takagi-Sugeno. A principal diferença entre estes dois sistemas é a forma da saída de dados – geração dos resultados finais [17].

O segundo passo é a inferência (*fuzzy inference*). Esta etapa consiste em determinar a força que cada regra tem, tendo como base a variável, para a fixação do algoritmo de cálculo. A recomendação que deriva desta inferência fixa o grau de pertinência ou, a força de um conjunto de variáveis, para produzir um valor entre 0 e 1 [18].

Segundo [18], uma inferência *fuzzy*, considere os conjuntos *fuzzy*  $A_1, A_2, B_1, B_2, C_1$  e  $C_2$ , as variáveis de entrada  $x$  e  $y$  e de saída  $z$ . Uma possível base de regras seria:

$$\begin{aligned} SE\ x \in A_1 \wedge y \in B_1\ ENTÃO\ z \in C_1 \\ SE\ x \in A_2 \wedge y \in B_2\ ENTÃO\ z \in C_2 \end{aligned} \quad (2)$$

Sendo que  $x \in A$  resulta no grau de pertinência do elemento  $x$  em relação ao conjunto *fuzzy*  $A$  e os operadores lógicos “E” e “OU” são definidos mais comumente, respectivamente, pelo mínimo e pelo máximo entre os graus de pertinência, ou seja:

$$\begin{aligned} \text{conectivo e: } x \in A \wedge y \in B &= \min\{\mu_A(x), \mu_B(y)\} \\ \text{conectivo ou: } x \in A \vee y \in B &= \max\{\mu_A(x), \mu_B(y)\} \end{aligned} \quad (3)$$

Os resultados obtidos com a aplicação das diversas regras são agregados por meio do conectivo OU, ou seja, são considerados os valores máximos para os graus de pertinência da variável de saída em relação a um determinado conjunto *fuzzy*.

O último passo é o estabelecimento das recomendações (*defuzzification*). A defuzzificação consiste na formalização de um dado número abrupto (não *fuzzy*) representativo do conjunto *fuzzy* resultante da aplicação da base de regras, sendo mais comumente utilizado o COG (*center of gravity*), que fornece o baricentro do gráfico do conjunto *fuzzy* obtido pela agregação.

### 2.3 Método

Para o presente artigo, a análise multicritério é feita pelo método *Lógica Fuzzy*. O método possui um referencial teórico amplo e de fácil acesso, permitindo um detalhamento da aplicação e um elevado grau de confiabilidade dos resultados finais, que serão comparados para o cenário definido.

Os dados foram coletados através de portal imobiliário, canal do imóvel (<http://www.canaldoimovel.com.br/>), com buscas efetuadas para toda cidade do Rio de Janeiro, no mês de maio de 2015. Foi elaborado um banco de dados com 73 terrenos para edificações e comerciais, para o presente estudo apenas os terrenos comerciais foram selecionados, resultando em dez alternativas.

A escolha e a relevância dos critérios para avaliar as alternativas de terrenos foram definidas, por meio de consulta a especialistas construtores, dois profissionais construtores do setor de edificações, na forma de entrevista, através de questionário aberto, contendo as seguintes questões levantadas:

1- Quais são os principais fatores para escolha de um terreno para edificações?

2- Qual a priorização desses fatores (ordem de importância) para edificações comerciais? Qual a justificativa dessa priorização?

As entrevistas foram respondidas do ponto de vista de um investidor no processo de aquisição/investimento em terrenos para edificações comerciais.

A análise do método foi baseada na *Lógica Fuzzy* implementado no software MATLAB®, versão 6.5, como suplemento, pelo método Mamdani, cujo o antecedente e o conseqüente são valores de variáveis lingüísticas, expressos por meio de conjuntos *fuzzy*, onde avaliaram as alternativas utilizando os critérios.

### 3 Resultados e Discussão

#### 3.1 Levantamento de dados

As entrevistas para seleção e priorização dos critérios foram realizadas separadamente, tendo as seguintes características dos profissionais entrevistados: Especialista 1: sexo masculino, 45 anos, investidor do setor de edificações, e Especialista 2: sexo masculino, 29 anos, arquiteto, atua no setor de edificações.

A seleção dos fatores foi a mesma para os dois entrevistados, resultando em: localização, preço, dimensões, entorno, forma e documentação. As opiniões foram diferentes na priorização dos fatores. Enquanto o especialista 1 considerou o preço como um dos critérios mais importantes, o especialista 2 definiu o preço como fator variável, passível de negociação, dando então prioridade aos fatores fixos: localização, dimensões e entorno, conforme quadro 1.

**Quadro 1:** Quadro de priorização dos critérios pelos entrevistados

Prioridade	Especialista 1	Especialista 2
1	Localização (Zoneamento)	Localização (Zoneamento)
2	Preço (R\$)	Dimensões (m <sup>2</sup> ); Entorno
3	Dimensões (m <sup>2</sup> )	Preço (R\$)
4	Entorno	Forma
5	Forma	Documentação
6	Documentação	-

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2015).

O critério preço é determinante, porém está diretamente relacionado à localização. Considerando a grande variabilidade do preço no sentido de compra/venda e o quanto é possível ofertar/barganhar, a avaliação e aplicação do método será baseada no cenário do Especialista 2, onde os fatores mais exatos são priorizados em relação ao fator preço.

A seguir é feita a descrição de cada critério, justificando a ordem de prioridade para o cenário descrito pelo Especialista 2 e a forma de avaliação definida:

Localização (Zoneamento): Para a seleção é verificar se é possível construir na zona em que ele está localizado. Após, segue como o fator prioritário, no sentido do terreno selecionado estar em uma zona valorizada e importante comercialmente.

Dimensões (m<sup>2</sup>): influenciam diretamente no porte da edificação. Desta forma, as maiores áreas são consideradas as mais valorizadas.

Entorno: A medida definida para avaliar o entorno é o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) na localidade.

Preço (R\$): é retirado com base nos fatores anteriores. Entra nessa posição por ser negociável, contrapondo com uma maior exatidão dos outros fatores.

Forma: contempla o formato geométrico do terreno e sua inclinação.

Documentação: complexa e variável dependendo do local. Pode ser um impeditivo na edificação.

Localização, dimensões e entorno são critérios para maximização. Assim, quanto maior o número de zonas comerciais, maiores as dimensões do terreno, e maior o IDH da localidade, melhor. Para o critério preço busca-se minimizar os valores das alternativas.

Para os critérios forma e documentação é necessária a criação de uma escala para melhor avaliação dos terrenos. Para forma, a variação ocorre entre: a) Irregular; b) Parcialmente regular; c) Regular; d) Inclinado; e) Levemente inclinado e f) Plano. A melhor avaliação para o critério forma resulta da combinação dos fatores regular e plano. Já para a documentação os itens variam entre: a) Irregular; b) Com restrições e c) Regular. A opção regular é priorizada.

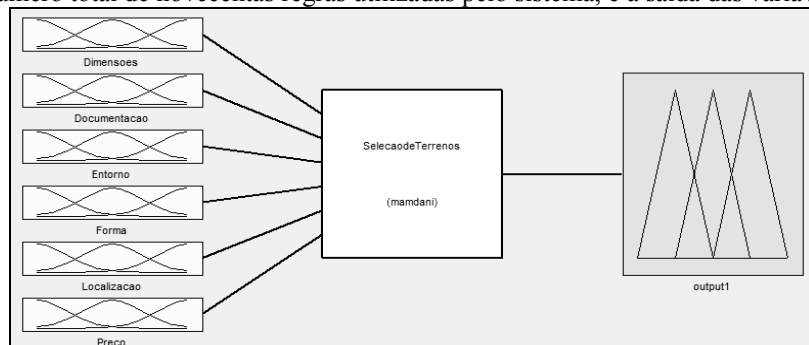
Os terrenos foram selecionados a partir do Canal do Imóvel (<http://www.canaldoimovel.com.br/>), no período de 11 a 22 de maio de 2015. O acesso aos dados em uma única fonte de pesquisa busca minimizar fontes potenciais de erros de desvios.

Foram encontrados 73 terrenos (63 residenciais e 10 comerciais). Para uma maior confiabilidade dos resultados e uma efetiva comparação, o método foi aplicado somente para os terrenos comerciais.

### 3.2 Aplicação e análise dos dados

O primeiro passo na aplicação da Lógica Fuzzy é o detalhamento das variáveis. Os critérios e suas regras são transformados em termos linguísticos para criação dos graus de pertinência das alternativas dentro do conjunto fuzzy correspondente.

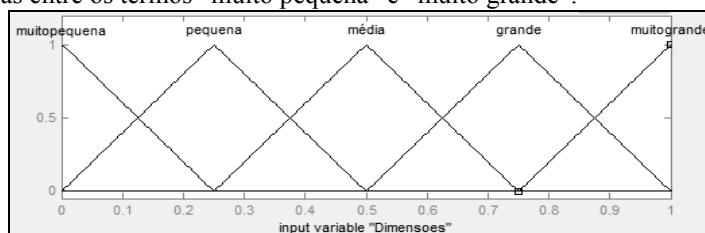
A forma triangular foi escolhida para representar as funções de pertinência. Para os quatro critérios mais importantes foram criadas cinco funções que permitem uma maior precisão e análise dos resultados. Os dois critérios menos priorizados foram representados por três funções de pertinência. Para alguns critérios torna-se necessária a criação de uma escala para melhor avaliação no gráfico representativo das funções. Assim, em cada faixa estabelecida da escala as notas pré-definidas são projetadas linearmente para melhor confiabilidade dos valores atribuídos às alternativas. A visão geral do controlador *fuzzy* utilizado é representada na Figura 1, com a entrada dos seis critérios, as regras para controlador Mamdani, em um número total de novecentas regras utilizadas pelo sistema, e a saída das variáveis.



**Fig. 1** - Visão geral do controlador Fuzzy  
Fonte: Elaborado pelos autores (MATLAB<sup>®</sup>), 2015.

No critério dimensões as alternativas variam entre 300 e 15.000 m<sup>2</sup>. Uma escala foi criada para uma melhor avaliação devido à grande variação dos valores. Desta forma, as alternativas foram adequadas a Figura 2, que representa as funções de pertinência.

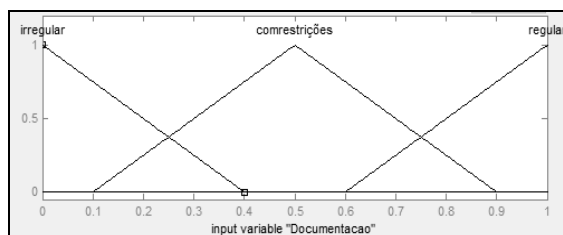
As funções de pertinência relacionadas ao critério dimensões variam as alternativas entre os termos “muito pequena” e “muito grande”.



**Fig. 2 -** Variáveis Fuzzy para o critério Dimensões

**Fonte:** Elaborado pelos autores (MATLAB<sup>®</sup>), 2015.

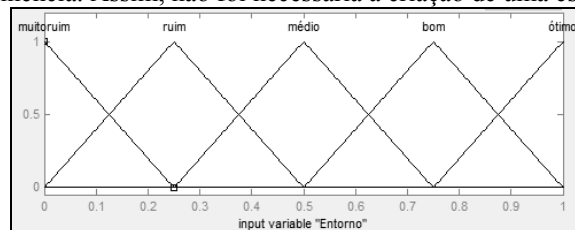
Para o critério documentação as alternativas e as funções de pertinência variam entre os termos “irregular” e “regular”. Uma escala foi criada para uma melhor avaliação devido às inúmeras interpretações que os termos podem gerar. Desta forma, as alternativas foram adequadas a Figura 3, que representa as funções de pertinência.



**Fig. 3 -** Variáveis Fuzzy para o critério Documentação

**Fonte:** Elaborado pelos autores (MATLAB<sup>®</sup>), 2015.

Para o critério entorno as alternativas variam, segundo o IDH do local, de 0,746 a 0,959. As funções de pertinência variam entre os termos “muito ruim” e “ótimo”. Os valores do IDH são avaliados diretamente na Figura 4, que representa as funções de pertinência. Assim, não foi necessária a criação de uma escala.



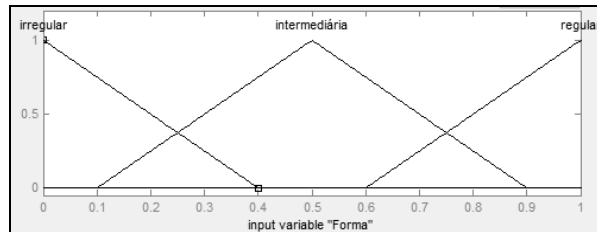
**Fig. 4 -** Variáveis Fuzzy para o critério Entorno

**Fonte:** Elaborado pelos autores (MATLAB<sup>®</sup>), 2015.

Para o critério forma que é dividido em duas partes: formato geométrico (forma 1) e inclinação do terreno (forma 2), as notas finais resultam da média dos dois fatores correspondentes à alternativa. Verifica-se na Figura 5 as funções de pertinência relacionadas à forma, que variam as alternativas entre os termos



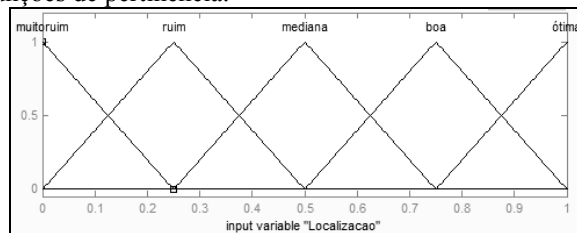
“irregular” e “regular”. Uma escala foi criada para uma melhor avaliação das alternativas devido às inúmeras interpretações que os termos linguísticos podem gerar.



**Fig. 5 -** Variáveis Fuzzy para o critério Forma

**Fonte:** Elaborado pelos autores (MATLAB®), 2015.

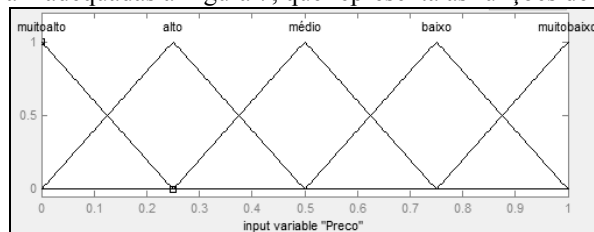
Para o critério localização as alternativas variam segundo o número de zonas comerciais, de 0 a 13 zonas. As funções de pertinência relacionadas à localização variam as alternativas entre os termos “muito ruim” e “ótima”. Uma escala 5 foi criada para uma melhor avaliação devido à grande diferença entre o número de zonas comerciais. Desta forma, as alternativas foram adequadas a Figura 6, que representa as funções de pertinência.



**Fig. 6 -** Variáveis Fuzzy para o critério Localização

**Fonte:** Elaborado pelos autores (MATLAB®), 2015.

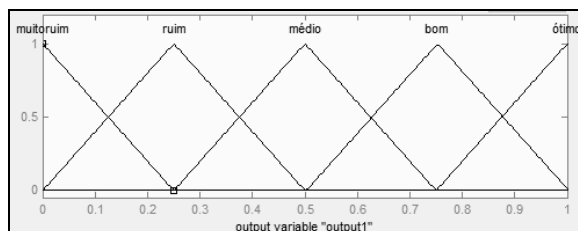
Para o critério preço as alternativas variam de R\$ 850.000,00 a R\$ 17.965.000,00. As funções de pertinência relacionadas ao critério preço variam as alternativas entre os termos “muito alto” e “muito baixo”. Uma escala foi criada para uma melhor avaliação devido à grande variação dos valores. Desta forma, as alternativas foram adequadas a Figura 7, que representa as funções de pertinência.



**Fig. 7 -** Variáveis Fuzzy para o critério Preço

**Fonte:** Elaborado pelos autores (MATLAB®), 2015.

Os valores de saída para o controlador *fuzzy* são classificados entre os termos linguísticos “muito ruim” e “ótimo”. A Figura 8 representa todos os valores de saída para as alternativas avaliadas.



**Fig. 8** - Variáveis Fuzzy para os valores de saída

**Fonte:** Elaborado pelos autores (MATLAB<sup>®</sup>), 2015.

As regras de pertinência foram criadas a partir das possíveis combinações entre os fatores e com a prioridade estabelecida pelo entrevistado 2, gerando valores de saída adequados baseados na importância de cada critério. Foram geradas duas regras para o conectivo lógico “ou”, descritas a seguir:

Regra 1: Se a documentação é irregular *ou* o entorno *ou* a localização é muito ruim então o valor de saída é muito ruim.

Regra 2: Se a documentação é com restrições *ou* entorno é ruim então o valor de saída é ruim.

Com a criação das regras para o conectivo lógico “ou”, as alternativas com as piores avaliações nos critérios mais importantes foram relacionadas à valores de saída baixos. Desta forma, o número de combinações lógicas para as alternativas diminuiu consideravelmente.

As demais regras, para o conectivo “e”, para as Dimensões, Entorno, Localização, Preço e Saída a variação é de 1 a 5, de acordo com os termos lingüísticos e para Entorno e Forma a variação é de 1 a 3.

Em seguida a criação das regras de pertinência é possível avaliar os resultados da combinação de fatores para cada alternativa e priorizar os melhores valores de saída. Na Tabela 1 as alternativas são relacionadas com suas respectivas notas finais, chega-se no resultado final com os valores de saída mostrados na mesma tabela

**Tabela 1** – Notas para avaliação das alternativas na saída Fuzzy

Terrenos	Critérios						Valores de Saída
	Dimensões	Documentação	Entorno	Forma	Localização	Preço	
T1	0,12	1,0	0,952	0,88	0,80	0,62	0,682
T2	0,65	1,0	0,959	1,00	1,00	0,20	0,753
T3	1,00	1,0	0,959	1,00	1,00	0,20	0,841
T4	0,32	1,0	0,831	0,75	0,70	0,64	0,655
T5	0,22	1,0	0,901	0,75	0,60	0,53	0,627
T6	0,78	1,0	0,769	0,88	0,00	0,33	0,080
T7	1,00	0,0	0,746	0,63	0,00	0,41	0,080
T8	0,17	1,0	0,769	0,75	0,00	0,83	0,080
T9	0,12	0,5	0,952	0,63	0,80	0,47	0,250
T10	0,39	1,0	0,857	0,75	0,00	0,59	0,080

**Fonte:** Elaborado pelos autores, 2015.

## Conclusão

Este trabalho avaliou e classificou terrenos para edificações comerciais a partir da criação de um banco de dados com alternativas localizadas na cidade do Rio de Janeiro, tendo como referência a utilização de método de Tomada de Decisão, após o levantamento das características das alternativas selecionadas, da aplicação da metodologia e da análise dos resultados, foi possível concluir-se que:

Uma solução válida pode ser encontrada para decisão de investimentos em terrenos para edificações comerciais, sobre a ótica de um comprador, através da aplicação da Lógica Fuzzy com a utilização do software MATLAB®.

O método Lógica Fuzzy revelou uma hierarquização das alternativas selecionadas, permitindo a classificação dos resultados de forma otimizada.

Os principais resultados, de classificação, que as alternativas priorizadas possuem características consideradas de extrema importância para os especialistas entrevistados, como uma boa localização e entorno, critérios que influenciam diretamente na valorização das edificações. As duas alternativas com melhor avaliação, T3 e T2, estão localizadas no bairro Barra da Tijuca, que apresenta o maior IDH (0,959) e o maior número de zonas comerciais (13) entre as alternativas.

Verificou-se também que o critério preço é representado por altos valores no grupo das alternativas melhores avaliadas. Isto é justificado com a escolha do cenário que segue a priorização dos fatores para o Especialista 2, onde o preço não é priorizado e fatores imutáveis como “Dimensões” e “Entorno” são considerados mais importantes.

As alternativas com as piores avaliações são caracterizadas pelos menores valores do IDH e possuem poucas ou nenhuma zona comercial no entorno de suas localizações. Além disso, algumas destas alternativas apresentam fatores impeditivos para construção como documentação irregular ou com restrições. O resultado final para o método aplicado é satisfatório e tende a incorporar com clareza todas as preferências dos agentes de decisão. Isso pode ser observado na análise dos terrenos priorizados, onde todos possuem características essenciais levantadas pelos especialistas.

As metodologias de Tomada de Decisão aplicadas são genéricas e podem ser aplicadas na avaliação de quaisquer terrenos, desde que todos os aspectos necessários para o processo de decisão sejam incorporados para atingir o objetivo final.

Para a continuidade do estudo proposto neste trabalho é sugerida a aplicação de outros métodos de tomada de decisão. Desta forma, o número de critérios poderá ser ampliado permitindo uma avaliação mais específica. Outra sugestão é a realização do trabalho de avaliação sem utilizar o fator preço, que pode resultar em uma nova perspectiva de resultados. Além disto, o presente trabalho demonstrou como a aplicação do método utilizando pode tornar mais eficaz a tomada de decisões na área de Engenharia Civil, sendo assim muito importante que as Escolas de Engenharia considerem a inclusão do ensino desta técnica em seus currículos.

## Referencias

1. DIÁRIO DO NORDESTE. Reportagem: “Imóveis se valorizaram, mas tributos não acompanharam”, postada em 10 de set. 2012 disponível em: <http://www.buildings.com.br/noticias/1869-imoveis-se-valorizaram-mas-tributos-nao-acompanharam> Acesso em: 26 out. 2012.
2. CARVALHO, Antonio Pedro Alves de; BARRETO, Frederico Flósculo Pinheiro. Programação Arquitetônica em Edificações de Funções Complexas. PROJETA 2005 – II Seminário sobre Ensino e Pesquisa em Projeto de Arquitetura. 2005.
3. AREND, Clarissa de Oliveira; OLIVEIRA, Joseane Machado de; ÁVILA, Luciano. Passivos ambientais. SENAI – RS. ago, 2011. Disponível em : [http://wwwapp.sistemafierns.org.br/portal/page/portal/sfierns\\_senai\\_uos/senairs\\_uo697/proximos\\_cursos/Passivos%20ambientais.pdf](http://wwwapp.sistemafierns.org.br/portal/page/portal/sfierns_senai_uos/senairs_uo697/proximos_cursos/Passivos%20ambientais.pdf). Acesso em: 01 jul. 2015.
4. PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
5. REVISTA CONJUNTURA DA CONSTRUÇÃO Produtos e Serviços -Publicações Ano XII – n. 3 e 4 – outubro e dezembro de 2014. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/> Acesso em: 10 abr. 2015.
6. SISTEMA FIRJAN Publicações e Pesquisas – Construção Civil: Boletim de mercado de trabalho. Ago, 2015. Disponível em: <http://www.firjan.org.br/> Acesso em: 05 ago. 2015.
7. XAVIER, Carlos Magno da Silva; XAVIER, Luiz Fernando da Silva; MELO, Maury. Gerenciamento de Projetos de Construção Civil: uma adaptação da metodologia *Basic Methodware*. 1. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2014.
8. CAMPOSINHOS, Rui de Sousa. Avaliação de Terrenos. Instituto para o Desenvolvimento Tecnológico (IDT), 2006. Disponível em: <https://ipp.academia.edu/-/RUICAMPOSINHOS> Acesso em: 15 mar. 2015.
9. RIO GUIA OFICIAL Dados Gerais - Características Geográficas. 2013. Disponível em: <http://www.rioguiasoficial.com.br/> Acesso em: 20 mai. 2015.
10. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Dados do Rio de Janeiro. 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/> Acesso em: 10 mar. 2015.
11. LACHTERMACHER, Gerson Pesquisa operacional na tomada de decisões: modelagem em Excel. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
12. ZADEH, Lotfali Askar. *Fuzzy sets. Information and control*, vol 8, p. 338-353, 1965.
13. MENDEL, Jerry M. *Fuzzy Logic Systems for Engineerings: A Tutorial, IEEE*. 1995. p.345-377.
14. MARQUES, Isaac R.; BARBOSA, Sayonara de Fátima et al. Guia de Apoio à Decisão em Enfermagem Obstétrica: aplicação da técnica da Lógica Fuzzy. *Revista brasileira de enfermagem. [online]*, v. 58, n. 3, p. 349-354, 2005.
15. BARIN, Alexandre; MAGNAGO, Karine et al. Seleção de fontes alternativas de geração distribuída utilizando uma análise multicriterial baseada no método AHP e na Lógica Fuzzy. *Revista Controle & Automação*, v. 21, n. 5, p. 477-486, set-out. 2010.
16. RAINER JR, R. Kelly; CEGIELSKI, Cassey G. Introdução a Sistemas de Informação. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
17. BARIN, Alexandre. Seleção de sistemas de geração de energia elétrica a partir de resíduos sólidos urbanos: uma abordagem com a lógica difusa. Tese em Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Santa Maria, 2012.
18. GARCIA, Katia Cristina; TEIXEIRA, Marcello Goulart et al. Concepção de um modelo matemático de avaliação de projetos de responsabilidade social empresarial (RSE). *Gest. Prod. [online]*, v.14, n.3, p.535-544, 2007.