



USO DE MATRIZ EM MODELAGEM MATEMÁTICA NA AVALIAÇÃO DE RISCOS EM PROJETOS NA ENGENHARIA

Paulo Reis Júnior¹

Mari Aurora Favero Reis²

Modelagem Matemática

Resumo: Quando apresentado de forma prática e contextualizado com a engenharia, o conteúdo didático pode estar em concordância com as expectativas dos acadêmicos, principalmente quando a atividade simula problemas práticos, que possam ser vivenciadas em sala de aula. O relato de experiência apresentado no artigo tem como objetivo aplicar a modelagem matemática na análise dos riscos para novos projetos, no ensino de programação e controle de obras para o curso de Engenharia, de modo que o conhecimento seja utilizado como ferramenta usual e de forma científica. A modelagem matemática para sistemas complexos, com o uso de matriz, caracterizou maior significância e abrangência sobre o tema, quantificando e qualificando os riscos para execução da obra simulada. A metodologia com uso de abordagem aberta sobre o tema pode ser apropriada como ferramenta matemática para resolução de problemas complexo com multicritério na Engenharia.

Palavras Chaves: Modelagem Matemática. Matriz. Resolução de problemas. Avaliação de Riscos.

INTRODUÇÃO

Estudantes de engenharia são condicionados pelo sistema acadêmico a atuarem num campo lógico, com foco objetivo, com questionamentos pertinentes à prática das competências desenvolvidas em sala. Os acadêmicos do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade estudada também apresentam essa característica. Por conta disso, sugere-se que o conteúdo didático seja apresentado de forma prática, contextualizado com a função do engenheiro em formação, que tem como uma de suas atividades a solicitação ou a aprovação de licenças ambientais para novos empreendimentos. Portanto, o estudo teve como objetivo aplicar a modelagem matemática na análise dos riscos para novos projetos, no ensino de programação e controle de obras para o curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, de modo que o conhecimento seja utilizado como ferramenta usual e de forma científica.

¹ Engenheiro de Produção. Professor na Universidade do Contestado, Campus de Concórdia (SC). Rua Victor Sompela, 3000, Bairro Salete Concórdia - SC - CEP 89700-970. E-mail: sr.reis.paulo@gmail.com

² Mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Doutoranda no PPGECIM. Professora de Física na Universidade do Contestado, Campus de Concórdia (SC). E-mail: mariaaurorafavero@gmail.com

A investigação científica propõem a descrição objetiva do tema, invariante da realidade, apesar de a realidade ser um sistema complexo descrito por um observador (AGRAWALLA, 2015). Para o autor, as observações não são absolutas, mas relativas ao ponto de vista do observador quanto a capacidade de predição dos fatos, causas e resultantes, que apresentam incertezas. Essa afirmação está em acordo com a teoria da complexidade (MORIN; KELLY, 1992). Portanto, a utilização de critérios fechados no aspecto ambiental apresenta soluções corretas para o engenheiro, mas com algumas incertezas na abrangência social.

A mediação da incerteza, utilizando multicritérios, permite a inclusão de formadores de opinião e especialistas de outras áreas, conduzindo a análise para critérios abertos e soluções abrangentes sobre o tema. E, a fim de atender o objetivo proposto, pretende-se responder a seguinte pergunta de pesquisa: *Como o uso de modelagem matemática através de matriz na resolução de problemas com critérios abertos pode auxiliar na tomada de decisão em novos projetos na Engenharia?*

REFERENCIAL TEÓRICO

A investigação científica tem como definição a descrição objetiva de um tema ou de um problema, de modo que a pesquisa deve considerar as possíveis tomadas de decisão para resolvê-lo (AGRAWALLA, 2015). No contexto o autor afirma que as observações dependem em grande parte de como os indivíduos ou grupos descrevem a realidade como sistema complexo.

A realidade observada por o indivíduo deriva em obviedades, que têm a desvantagem de atrativos para o senso comum, distanciando da análise criteriosa científica (FOERSTER, 1971). O autor questiona de onde vem a percepção e conduz a reflexão sobre os critérios de avaliação simplista das obviedades, onde experimentos demonstram que a percepção quantitativa é acentuada em função da qualitativa. Também, em sistemas complexos os elementos estão em dinâmicos relacionamentos, entretanto se não podemos perceber esses relacionamentos, não podemos estimar os futuros resultados e, portanto, não entendemos como agir no presente de forma apropriada.

Na modelagem matemática de algo observado nos sistemas complexos, onde volumes de dados independentes são geralmente pouco relacionáveis, o desenvolvimento estrutural dos dados em matriz pode ser alternativa para facilitar a

utilização dos dados em ambientes incertos (JONES; JONES; DECKRO, 1994). Os autores afirmam, também, que as interações relacionam os componentes tecnológicos e humanos com a finalidade de assegurar que os objetivos apropriados sejam implementados em função do ambiente incerto.

Para que ocorra interação sobre as partes, as relações entre as variáveis devem ocorrer e, conseqüentemente o entendimento do que está sendo pesquisado, entretanto a correção de correlação em matriz é uma necessidade comum em sistemas complexos (FIFE; HUNTER; MENDOZA, 2016). Segundo os autores isso ocorre geralmente quando o pesquisador tem dados independentes e não tem informação pertinente nas saídas das matrizes.

Essa situação ocorre de forma recursiva na matriz de comparação dos critérios, onde são utilizadas para calcular prioridades relativas ou informações pertinentes, que geralmente são ferramentas de tomada de decisão (JALAO; WU; SHUNK, 2014). Na versão dos autores, a preferência por uso de matriz tem relação com o limitado entendimento cognitivo dos tomadores de decisão de sistemas complexos, onde ocorre o uso indiscriminado de matrizes, entretanto o uso de multicritérios contribui no entendimento dos sistemas complexos.

No ambiente externo dos laboratórios, salas de aula, empresa, onde novos desafios ocorrem recorrentemente, a deficiência na compreensão sobre o sistema complexo, expõem a capacidade de competir dos indivíduos e organizações (LANZIERI et al., 2003). Os autores apontam que a seleção de certo tipo de estruturas e modelos é fundamental para a mediação do conhecimento com um sistema complexo. Relatam, também, que quando for utilizado um modelo relevante para a solução do problema, os critérios individuais e outros devem ter suas fundamentações e resultados, reunidos em uma matriz que apresente melhora na cognição ou que possa ser utilizado para direcionar futura estratégia de melhoria na cognição.

A utilização de multicritérios em matriz se apresenta como método na análise de decisão da incerteza, melhorando o entendimento do processo na tomada de decisão em sistema complexo (XU; YANG; WANG, 2006), como é o caso da avaliação de risco em projetos na Engenharia. E, para Le Moigne (1995), quando os indicadores estão enraizados na cultura da organização (ou do projeto) acabam sendo defendidos, por especialistas, mesmo quando equivocados.

Conforme Human (2016), o entendimento relevante para um sistema complexo passa por a natureza de suas interações e de forma alguma pela quantidade de partes interagindo, de modo que as interações em sistema complexo não sejam lineares. Em outras palavras, a não linearidade descrita por Human tem aspectos perceptíveis ao observador, cuja ocorrência pode ser não proporcional a sua participação quantitativa, mas significativa na relação qualitativa para que haja a harmonia do sistema.

A auto-organização é uma função do *feedback*, a reação negativa (*autopoiese*) é o mecanismo pelo qual um sistema resiste à mudança e mantém a estrutura vigente (COX; WEBSTER; HAMMOND, 2009). Os autores sugerem, também, o acoplamento como fenômeno comum para sistemas dinâmicos complexos, referente ao método pelo qual os sistemas não relacionados tornam-se unidos (acoplado) em um todo maior (sistema complexo). Como os limites desse acoplamento encontra-se nos vínculos dos componentes de cada sistema, sendo quanto maior a interação maior será o fluxo de informação. Conforme os autores, eventos como esse emerge em sentido oposto a filosofia proposta, a partir da construção do conhecimento explícito ou capital intelectual vivenciado na prática.

A seleção de conceitos ocorre conforme demanda da necessidade objetiva, são geralmente diferentes dos indicadores “tácitos”, que habitualmente são ignorados (IVÁN TARRIDE; OSORIO-VEGA, 2013). E, na versão dos autores, projetos organizados por indivíduos primam por melhoria continuada nos métodos e processos, de modo que ignoram aspectos mais desestruturado e desordenado de conhecimento. A metodologia multicritério expande a perspectiva para a análise do problema.

Os autores referenciados nesta fundamentação teórica utilizam-se da teoria da complexidade, a fim de associar o pensamento de sistemas complexos, com variáveis multicritérios. Na teoria proposta por Morin, o pensar recursivo na utilização de multicritérios, capaz de estabelecer um ciclo dinâmico e generativo entre termos ou conceitos de forma complementar, no domínio do entendimento científico para a teoria da complexidade (MORIN; KELLY, 1992). Na visão dos autores, devemos encontrar ideias de sistema não totalitárias e não hierárquicas, mais particularmente, sugerem um conceito complexo de unidades multicritérios como meio de acessar a poli totalidades. Por fim, os autores definem essa situação como o conjunto de interações que constitui a organização do sistema, ou seja, o conceito de coerência

construtiva, de ordem, de regulação, de estrutura, na qual o efeito perceptível é a realidade e não as partes isoladamente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme relatado no início, esta pesquisa teve origem em sala de aula, a partir do ensino do componente curricular Análise de Riscos em Projetos, na disciplina de Programação e Controle de obras, no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária de uma Universidade particular de Santa Catarina. A fim de dinamizar acesso às informações para o leitor, as atividades designadas aos estudantes e desenvolvidas em sala de aula serão apresentadas em quadros.

Atividade 1: Como avaliar critérios quantitativos e qualitativos?

Quanto às competências e habilidades a serem exploradas, para este componente curricular, requer o uso de recursos lógicos matemáticos, científicos e práticos, proporcionando o uso de análise multicritérios em situações complexas. Por conta disso, antes de iniciar a atividade foi solicitado aos estudantes a definição de critério na análise de risco, contextualizada pelos acadêmicos como “a capacidade de definir a razão ou um padrão a ser analisado para identificar os relacionamentos de algo” (risco). Da premissa que o conceito do critério de análise de risco foi apresentado a partir de fundamentação cotidiana dos acadêmicos, com a finalidade de demonstrar a diferença de critério quantitativo e qualitativo, foi proposta uma atividade com as matrizes (Quadro 1).

Quadro 1: Questão proposta para contextualizar critérios qualitativos e quantitativos.

ATIVIDADE 1: SITUAÇÃO PRÉ-ANÁLISE:
Analise as matrizes abaixo e responda, a partir dos critérios abaixo.

	A			B	
	1			5	
	2			2	
	3			9	
	4			8	
	5			4	
	6			6	
	7			7	
	8			3	
	9			1	

a) Apenas a matriz A está ordenada
b) Apenas a matriz B está ordenada
c) As duas matrizes estão ordenadas
d) As duas matrizes estão desordenadas.

Fundamente sua resposta:

Fonte: Questão desenvolvida pelos Autores (2017).

A atividade foi adaptada a partir de resultados obtidos em pesquisa anterior (FOERSTER, 1971), onde foi constatado que o observador tende a ser direcionado cognitivamente ao habitual, sendo um desafio ao uso de critério qualitativo. Comumente, engenheiros estão acostumados a analisar matrizes quantitativamente e relacionar as mesmas aritmeticamente. Entretanto, sistemas complexos são melhor organizados por multicritérios, essa função está associada a cognição do agente que o faz.

Atividade 2: Simulação de análise de risco de uma situação de contexto.

Quadro 2: Aplicação de uma situação contexto na análise de risco.

ATIVIDADE 2: SITUAÇÃO PROBLEMA (SIMULAÇÃO):

Você acaba de adquirir o título de Engenheiro Ambiental Sanitarista e aprovado no concurso público para a função de engenheiro na secretaria de Meio Ambiente em seu município. Como primeira tarefa, a secretaria de obras públicas solicita a secretaria ambiental laudo ambiental e sanitário sobre os riscos para a execução da obra de um parque ambiental em uma área que ocorre problemas relacionados a enchentes de propriedade da prefeitura, a qual apresenta recorrentes reclamações de munícipes. A secretaria de obras propõe a construção de um parque ambiental concebido de duas formas um econômico e outro completo. O projeto proposto como econômico tem valor de 50% do projeto ideal e contempla apenas a construção de um lago para contenção das enchentes. O projeto completo contempla o lago, a recuperação das vias existentes na área, a construção de divisas para o parque, iluminação artificial, centro de convivência para educação ambiental, praça de alimentação, churrasqueiras e mesas para comunidade, banheiros, trilhas ecológicas.

A modelagem matemática dessa situação requer pesquisa qualitativa para avaliar a opinião de diferentes especialistas. O Laudo de análise de risco ambiental e sanitário propõem critério aberto, uma vez que atinge a sociedade e, por isso, foi encaminhado cópia do projeto, guia de resposta e fundamentação aos agentes formadores de opinião sobre os riscos.

As propostas para coleta de opinião:

Projeto A – Manter a área com está e procurar alternativa para as enchentes, definindo qual o nível de risco envolvido?

Projeto B – No caso em que o projeto do parque ambiental econômico ser aprovado, qual o nível de risco envolvido?

Projeto C – No caso do projeto do parque ambiental completo ser aprovado, qual o nível de risco envolvidos?

Os pesquisados devem apresentar de forma dissertativa sintética os riscos nas seguintes classificações:

Individual (o risco é proporcional a apenas um indivíduo):

Coletivo (o risco é proporcional para mais que um indivíduo):

Coletivo e Socioambiental (o risco é proporcional para mais que um indivíduo e o meio ambiente):

Fonte: Questão desenvolvida pelos Autores (2017).

Considerando que toda a atividade ocorreu em um único encontro, de quatro horas/aula, foram proporcionados os fundamentos dos agentes entrevistados sobre os riscos pertinentes a cada projeto proposto na simulação.

Atividade 3: Modelagem matemática dos critérios qualitativos.

Na posse dos relatórios dos entrevistados, são classificadas as respostas atribuindo valores para cada critério. Inicialmente, como exemplo, o mediador (professor) executa com uso de planilha eletrônica e projetor multimídia, a atribuição dos valores para um dos critérios a serem avaliados. Este servirá de exemplo para a realização dos demais critérios³ pelos acadêmicos.

³ Para os riscos individuais foi estabelecido o valor de 1 e para os demais o valor foi 2.

Atividade 4: Edição de matrizes e atribuição de resultados na análise de risco.

Quadro 3: Exemplo utilizado na atribuição de valor para o critério vigilância sanitária, para avaliação dos riscos nos projetos A, B e C.

Vigilância sanitária		
Projeto A		
Individual	Contaminação ao caminhar em água da enchente	1
Coletivo	Proliferação de mosquitos da dengue nos resíduos urbanos)	2
	Contaminação das residencias com lama e detritos silvestres	2
Coletivo Socioambiental	Proliferação de roedores no descarte resíduo domestico	2
	Contaminação do meio ambiente por fezes dos roedores	2
	Proliferação de predadores peçonhentos devido os roedores	2
		11
Vigilância sanitária		
Projeto B		
Individual		
Coletivo	Proliferação de mosquitos da dengue nos resíduos urbanos)	2
Coletivo Socioambiental	Proliferação de roedores no descarte resíduo domestico	2
	Contaminação do meio ambiente por fezes dos roedores	2
	Proliferação de predadores peçonhentos devido os roedores	2
		8
Vigilância sanitária		
Projeto C		
Individual		
Coletivo	Proliferação de mosquitos da dengue nos resíduos urbanos)	2
Coletivo Socioambiental	Proliferação de roedores no descarte resíduo domestico	2
	Contaminação do meio ambiente por fezes dos roedores	2
	Proliferação de predadores peçonhentos devido os roedores	2
		8

Fonte: Autores (2017).

Ao término da atribuição dos valores, os estudantes serão orientados a realizar uma soma dos valores atribuídos aos critérios de cada projeto. Após a quantificação dos riscos pelos estudantes, eles deverão relacionar a somatória da pontuação atribuída aos critérios de cada projeto a partir de critérios de ocorrência dos riscos, conforme o quadro a seguir (Quadro 4).

ATIVIDADE 4: Produção das matrizes para obtenção dois resultados na avaliação dos riscos.

A modelagem matemática de sistemas complexos é a representação heurística da realidade. Por conta disso, a modelagem matemática dos riscos do parque ambiental têm a certeza da existência do risco ou ausência do mesmo suprimida do critério. Deste modo, a provável ocorrência de algo foi estipulada em 1 (10% de incerteza) e a difícil ocorrência de algo, foi estipulada em 9 (90% de certeza), bem como a média de certeza e incerteza, foi estipulada em 5 (50% de certeza). Os demais valores seguiram a mesma metodologia. Essa metodologia oportunizou que os acadêmicos conseguissem agrupar os valores referentes ao risco apurado para cada projeto em uma matriz, conforme a classificação da probabilidade de ocorrência.

Quadro 4: Atividade final na avaliação de ocorrência de risco.

ATIVIDADE 4: Para as somatórias realizadas na questão anterior, construa uma matriz para o projeto A, para o projeto B e para o projeto C, atribuindo os respectivos valores.

1 – Provável ou evidente ocorrência. Os riscos ultrapassam 7 pontos no critério de fundamentação.

3 – Alta ocorrência. Os riscos não ultrapassam 7 pontos e estão acima de 5 pontos na fundamentação.

5 – Média ocorrência. Os riscos não ultrapassam 5 pontos e estão acima de 3 pontos na fundamentação.

7 – Baixa ocorrência. Os riscos não ultrapassam 3 pontos e estão acima de 0 pontos na fundamentação.

9 – Nulo ou de difícil ocorrência. Quando não há nenhum risco descrito na fundamentação.

Fonte: Autores (2017).

RESULTADOS DAS ATIVIDADES REALIZADAS

Através da análise das respostas dos acadêmicos, na realização das atividades, foi possível constatar o envolvimento dos mesmos nos processos de ensino e aprendizagem. Para fins legais de ética, nos resultados aqui apresentados não serão apresentados resultados ou depoimentos dos estudantes nas atividades, mas de modo coletivo os resultados na avaliação dos riscos através da situação problema, para o contexto simulado.

Na análise da primeira atividade, a matriz “A” foi descrita pelos acadêmicos como ordenada e fundamentada de forma aritmética crescente. E a matriz “B” foi descrita como desordenada e fundamentada sem relação aparente entre as variáveis. Após a realização da mesma, os estudantes são informados que os nomes das variáveis identificam a variável.

Neste momento, o mediador relata que a matriz apresentada poderia, por exemplo, representar o número de matrícula dos acadêmicos que os identificarão por todo o período deste na academia. Mas a lista de chamada fornecida aos professores os nomes se encontram com o critério de ordem não aritmética e, portanto, a informação foi organizada de forma qualitativa. Sistemas complexos podem ser organizados em função do critério adotado de quem o faz. Após esse relato, os estudantes são solicitados que analisem as mesmas matrizes e, a maioria dos acadêmicos apresentam as duas matrizes como ordenadas, a matriz “A” como quantitativamente em ordem aritmética crescente e a matriz “B” como qualitativamente em ordem alfabética.

Na posse dos documentos da atividade 2, os estudantes iniciaram a atividade 3, onde os mesmos atribuíam os valores aos dados qualitativos e realizavam as somas com facilidade, conforme demonstrado no exemplo. O mesmo ocorreu com a atividade 4, onde os estudantes realizaram o relacionamento das somas com a ocorrência dos riscos para cada critério, construindo a matriz “Riscos Apurados” (Quadro 5).

Quadro 5: Matrizes geradas pelos acadêmicos durante as atividades

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Defesa Civil</td><td>1</td><td>7</td><td>9</td></tr> <tr><td>Bombeiros</td><td>1</td><td>7</td><td>9</td></tr> <tr><td>S.M.A.</td><td>1</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>Vig. Sanitária</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>Sec. Obras</td><td>5</td><td>9</td><td>9</td></tr> <tr><td>Polícia</td><td>1</td><td>1</td><td>9</td></tr> </table>	Defesa Civil	1	7	9	Bombeiros	1	7	9	S.M.A.	1	1	5	Vig. Sanitária	1	1	1	Sec. Obras	5	9	9	Polícia	1	1	9	/	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>17</td></tr> <tr><td>17</td></tr> <tr><td>7</td></tr> <tr><td>3</td></tr> <tr><td>23</td></tr> <tr><td>11</td></tr> </table>	17	17	7	3	23	11	=	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Defesa Civil</td><td>0,06</td><td>0,41</td><td>0,53</td></tr> <tr><td>Bombeiros</td><td>0,06</td><td>0,41</td><td>0,53</td></tr> <tr><td>S.M.A.</td><td>0,14</td><td>0,14</td><td>0,71</td></tr> <tr><td>Vig. Sanitária</td><td>0,33</td><td>0,33</td><td>0,33</td></tr> <tr><td>Sec. Obras</td><td>0,22</td><td>0,39</td><td>0,39</td></tr> <tr><td>Polícia</td><td>0,09</td><td>0,09</td><td>0,82</td></tr> </table>	Defesa Civil	0,06	0,41	0,53	Bombeiros	0,06	0,41	0,53	S.M.A.	0,14	0,14	0,71	Vig. Sanitária	0,33	0,33	0,33	Sec. Obras	0,22	0,39	0,39	Polícia	0,09	0,09	0,82	=	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>0,902</td><td>1,782</td><td>3,316</td></tr> <tr><td>15,04%</td><td>29,70%</td><td>55,27%</td></tr> </table>	0,902	1,782	3,316	15,04%	29,70%	55,27%
Defesa Civil	1	7	9																																																																
Bombeiros	1	7	9																																																																
S.M.A.	1	1	5																																																																
Vig. Sanitária	1	1	1																																																																
Sec. Obras	5	9	9																																																																
Polícia	1	1	9																																																																
17																																																																			
17																																																																			
7																																																																			
3																																																																			
23																																																																			
11																																																																			
Defesa Civil	0,06	0,41	0,53																																																																
Bombeiros	0,06	0,41	0,53																																																																
S.M.A.	0,14	0,14	0,71																																																																
Vig. Sanitária	0,33	0,33	0,33																																																																
Sec. Obras	0,22	0,39	0,39																																																																
Polícia	0,09	0,09	0,82																																																																
0,902	1,782	3,316																																																																	
15,04%	29,70%	55,27%																																																																	

Fonte: Autores a partir dos dados apresentados pelos estudantes (2017).

A matriz “Risco Apurados” apesar de representar a modelagem da fundamentação dos multicritérios, demonstra ser insuficiente para conclusões evidentes, devido ao mediador ter limitado o valor a ser atribuído para cada projeto, conforme a proporção do risco atribuído. Dessa forma, foi necessário transformar a matriz “Risco Apurados” para valores com proporção quantitativa dos riscos apurados, gerado a Matriz “Somatória Riscos”. A mesma foi caracterizada pela soma de todos os riscos referidos por critério (soma por linha). Posteriormente, através da divisão matriz “Risco Apurados” pôr a matriz “Somatória Riscos”, produziu-se a matriz “Valores de risco por projeto”.

A matriz “Valores de risco por projeto” retrata os riscos de 0 a 1, representando a porcentagem de ausência de risco que cada critério fundamentou

qualitativamente, sendo 0 provável ocorrência de risco e 1 a provável ausência de risco. A evidencia de qual projeto apresenta melhor aspecto quanto a ausência de risco ainda está dissociada nos multicritérios e, portanto, foi necessário a soma de todos os valores de cada projeto para concluir o risco multicritério relativo.

A matriz “Índice de ausência de risco” foi descrita com valores absolutos das somas de cada projeto (soma por coluna) e apresentada em porcentagem relativa, ou seja, a soma de todos os riscos relatados na matriz “valores dos riscos por projetos” divide o valor encontrado por cada projeto na matriz “Índice de ausência de risco”. Portanto, a análise dos riscos mono critério (Sec. Obras) apresenta os projetos B e C como ideais, com ausência de risco, mas quando analisamos os projetos nos aspectos multicritérios o projeto “B” apresenta apenas índice estatístico de 29,7% de ausência de risco e o projeto “C” de 55,27%.

CONCLUSÃO

Conforme relatado no início desse estudo, a pergunta a ser investigada era: *Como o uso de modelagem matemática através de matriz na resolução de problemas com critérios abertos pode auxiliar na tomada de decisão em novos projetos na Engenharia?* O uso da estratégia utilizada, através da modelagem matemática de dados qualitativos na análise de risco em projetos, na disciplina de Programação e Controle de Obras, na Engenharia Ambiental e Sanitária, demonstrou ser de grande valia no ensino e aprendizagem do tema. As atividades dinamizaram o conhecimento e contribuíram para que os estudantes associassem os conceitos construídos na aula com a prática profissional do engenheiro.

Quanto ao uso das matrizes na avaliação dos riscos, o problema proposto apresenta de alguma forma incerteza intrínseca tácita. Neste contexto, a metodologia com uso da modelagem matemática para sistemas complexos apresentou maior abrangência sobre o tema, quantificando e qualificando o laudo ambiental e sanitário sobre os riscos para execução da obra simulada. Este tipo de abordagem aberta sobre o tema pode ser apropriado como ferramenta matemática para o ensino de modelagem de problemas complexo multicritério.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRAWALLA, R. K. When Newton meets Heinz Von Foerster, complexity vanishes and simplicity reveals. **Kybernetes**, v. 44, n. 8/9, p. 1193–1206, 7 set. 2015.

COX, J. C.; WEBSTER, R. L.; HAMMOND, K. L. Schools Of Business: Can A Dynamical Systems Viewpoint. **American Journal of Business Education**, v. 2, n. 7, p. 73–82, 2009.

FIFE, D. A.; HUNTER, M. D.; MENDOZA, J. L. Estimating Unattenuated Correlations With Limited Information About Selection Variables: Alternatives to Case IV. **Organizational Research Methods**, v. 19, n. 4, p. 593–615, 1 out. 2016.

FOERSTER, H. VON. Perception of the future and the future of perception. **Instructional Science**, p. 31–43, 1971.

HUMAN, O. Complexity: E-Special Introduction. **Theory, Culture & Society**, v. 33, n. 7–8, p. 421–440, 1 dez. 2016.

IVÁN TARRIDE, M.; OSORIO- VEGA, P. Complexity and intellectual capital in organisations. **Kybernetes**, v. 42, n. 4, p. 544–553, 19 abr. 2013.

JALAO, E. R.; WU, T.; SHUNK, D. An intelligent decomposition of pairwise comparison matrices for large-scale decisions. **European Journal of Operational Research**, v. 238, n. 1, p. 270–280, out. 2014.

JONES, R. E.; JONES, K. M.; DECKRO, R. F. Strategic decision processes in matrix organizations. **European Journal of Operational Research**, v. 78, n. 2, p. 192–203, out. 1994.

LANZIERI, M. et al. Primary angioplasty of an anomalous left main coronary artery: Diagnostic and technical considerations. **Catheterization and Cardiovascular Interventions**, v. 58, n. 2, p. 185–188, fev. 2003.

LE MOIGNE, J.-L. On theorizing the complexity of economic systems. **The Journal of Socio-Economics**, v. 24, n. 3, p. 477–499, set. 1995.

MORIN, E.; KELLY, S. From the Concept of System to the Paradigm of Complexity. **Journal of Social and Evolutionary Systems**, v. 15, n. 4, p. 371–385, 1992.

XU, D.-L.; YANG, J.-B.; WANG, Y.-M. The evidential reasoning approach for multi-attribute decision analysis under interval uncertainty. **European Journal of Operational Research**, v. 174, n. 3, p. 1914–1943, nov. 2006.